

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# БИОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие  
для лабораторных занятий для студентов  
по специальности  
36.05.01 «Ветеринария» и направлению подготовки  
– 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза»

Владикавказ, 2021

Составители:

**Булацева С.В., Цогоева Ф.Н., Босиева О.И., Плиева Е.А.**

Рецензент – *С.А. Гревцова*, ФГБОУ ВО Горский ГАУ,  
доцент кафедры биологической и химической технологии,  
кандидат биологических наук.

**Булацева С.В., Цогоева Ф.Н., Босиева О.И., Плиева Е.А.** Биология /Учебно-методическое пособие для лабораторных занятий / С.В. Булацева, Ф.Н. Цогоева, О.И. Босиева, Е.А. Плиева. – Владикавказ: Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2021, – 208с.

Рассматриваются вопросы строения, функционирования животной клетки. Представленные темы касаются вопросов общей биологии, размножения, основы медицинской паразитологии, генетики, эволюции органического мира. Обозначенные в учебно-методическом пособии установки позволяют систематизировать знания по биологии. Каждая тема снабжена заданиями для самоподготовки, тестовые задания, ситуационные задачи.

Представленный теоретический и практический материал может быть использован для аудиторной и самостоятельной работы студентов специалистов и бакалавриата. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности - 36.05.01 «Ветеринария». По направлению подготовки – 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», его можно рекомендовать и специалистам, самостоятельно изучающим вопросы общей биологии. Данное издание подготовлено по дисциплине «Биология» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации ветврачи - от 22.09.2017 г. № 974 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12.10.2017 г. № 48529). ВСЭ – от 19.09.2017 г. № 939 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 11.10.2017 г. № 48500).

*Рекомендовано Центральным учебно-методическим советом  
ФГБОУ ВО Горский ГАУ в качестве учебно-методического пособия  
для лабораторных занятий  
от 28 мая 2021 г. протокол №9.*

© Булацева С.В., Цогоева Ф.Н., Босиева О.И., Плиева Е.А., 2021  
© Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для использования во время лабораторно-практических занятий, а также для самостоятельной работы студентов. Оно построено в соответствии с современными педагогическими и методологическими требованиями.

Студенты ознакомятся со строением микроскопа и техникой микроскопирования; строением, функционированием и делением клетки, размножением организмов и онтогенезом; основными закономерностями наследования признаков на организменном, клеточном и молекулярном уровнях; основами протозоологии, концепциями происхождения и развития живой природы; характеристиками критериев видов и популяций.

В каждой из тем отдельно выделены цели занятий, их мотивационные характеристики, подробно описаны содержание, оборудование и последовательность действий во время занятий.

Для контроля усвоения материала предлагаются примерные тестовые задания и ситуационные задачи. В конце каждой темы даются контрольные вопросы, которые помогут студентам при подготовке к зачету и экзамену.

Учебно-методическое пособие соответствует рекомендациям примерной программы, поможет реализовать общекультурные и профессиональные компетенции в процессе обучения. Освоение практических знаний и навыков по биологии позволит студенту использовать их на старших курсах.

---

---

## РАЗДЕЛ 1. ЭКОЛОГИЯ

### ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИИ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с основными понятиями и определениями экологии.

**Биосфера** – своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

**Ноосфера** (сфера разума) – гипотетическая стадия развития биосферы, когда разумная деятельность человека станет главным определяющим фактором ее устойчивого развития.

**Экосистемы** – открытые термодинамические функционально целостные системы, которые существуют за счет поступления из окружающей среды энергии и частично вещества и которые саморазвиваются и саморегулируются.

**Гомеостаз** – состояние внутреннего динамического равновесия естественной системы (экосистемы), которое поддерживается регулярным восстановлением ее основных элементов и вещественно-энергетического состава, а также постоянным функциональным саморегулированием компонентов. Гомеостаз является характерным и необходимым для всех естественных систем – от атома и организма к космическим образованиям.

Все популяции имеют свойства, благодаря которым они поддерживают свою численность на оптимальном уровне в условиях среды, которые постоянно изменяются. Эти свойства и являются гомеостазом.

**Вид** (биологический) – совокупность организмов с родственными морфологическими признаками, которые могут скрещиваться друг с другом и имеют общий генофонд. Это основная структурная единица в системе живых организмов. Вид подчинен роду, но имеет под-

виды и популяции. Виды имеют морфологические, физиолого-биохимические, эколого-географические (биогеографические) и генетические характеристики.

**Ареал** – часть земной поверхности, в пределах которой распространен тот или иной вид.

**Популяция** – совокупность особей одного вида с одинаковым генофондом, которая живет на общей территории на протяжении многих поколений.

**Естественная среда** – это все живое и безжизненное, что окружает организмы и с чем они взаимодействуют. Различают воздушную, водную и грунтовую среду, последним может быть и тело другого организма (для паразитирующих организмов).

**Экологические факторы** – все составные элементы естественной среды, которые влияют на существование и развитие организмов. Выделяют три группы экологических факторов: абиотические (состав воздуха, воды, грунта, температура, свет, влажность, радиация, давление и т.п.), биотические (формы взаимодействия живых организмов) и антропогенные (формы деятельности человека).

**Биоценоз** – совокупность популяций всех видов живых организмов, населяющих определенную географическую территорию, отличающуюся от других соседних территорий по химическому составу почв, вод, а также по ряду физических показателей (высота над уровнем моря, величина солнечного облучения и т. д.).

Экологические исследования, связанные с определением влияния экологических факторов на существование и развитие отдельных видов организмов, взаимосвязей организма с окружающей средой, есть предметом науки **аутэкологии**. Раздел экологии, которая изучает условия формирования структуры и динамики популяций какого-либо вида, это – **демэкология**. Раздел экологии, которая исследует ассоциации популяций разных видов растений, животных, микроорганизмов (биоценозов), пути их формирования и взаимодействия с окружающей средой, называется **синэкологией**. В границах синэкологии выделяют фитоценологию, или геоботанику (объект изучения – группа растений), биоценологию (сообщество животных).

Следующим важным понятием является **пищевая (трофическая) цепь** – взаимоотношения между организмами во время переноса энергии пищи от ее источника (зеленого растения) через ряд организмов (путем поедания) на более высокие трофические уровни.

На этом пути переноса энергии действуют **автотрофы** (фото- и хемосинтезирующие организмы, способные для построения своего тела синтезировать из неорганических соединений органические вещества) и **гетеротрофы** (организмы, нуждающиеся для своего питания в органическом веществе, образованном другими организмами). Сплетение пищевых (трофических) цепей между собой в природе приводит к образованию **пищевых (трофических) сетей**.

**Гетеротрофы** (от греческого слова *getero* – разный), питающиеся готовыми органическими веществами.

**Автотрофы** (от греч. *autos* – сам) осуществляют превращение неорганических веществ в органические (зеленые растения и некоторые микроорганизмы).

**Фототрофы** осуществляют образование органических веществ в процессе фотосинтеза (зеленые растения, сине-зеленые водоросли и др.).

**Хемотрофы** создают органические вещества за счет энергии химических реакций (серные бактерии и др.).

**Биомасса** – это общая масса особей одного вида, групп видов или сообщества в целом (растения, животные, микроорганизмы), которое приходится на единицу поверхности (объема), местообитания (в сыром или сухом виде). Выражают биомассу в килограммах на гектар (кг/га), граммах на квадратный (г/м<sup>2</sup>) или кубический метр (г/м<sup>3</sup>). Около 90 % биомассы био-сферы приходится на наземные зеленые растения, которые с помощью фотосинтеза усваивают свободную энергию и обеспечивают существование всего живого. Наземные растения массой почти в 100 раз превышают наземных животных, а масса травоядных в столько же раз больше массы хищников.

Скорость продуцирования биомассы на данной площади за единицу времени называют **биопродуктивностью**. Она может быть первичной (производительность продуцентов) и вторичной (биомасса, которую продуцируют консументы). Первичная производительность материков составляет около 53 млрд. т органического вещества, Мирового океана – до 30 млрд. т.

Подсчитано, что ныне ежегодной биомассы планеты, которую собирает человечество, уже недостаточно для питания населения Земли, хотя вся биосфера способна прокормить 7–10 млрд. человек. Поэтому в ближайшее время следует прекратить обеднение биосферы и повысить ее производительность минимум вдвое.

**Агроценозы** – молодые биоценозы, которые формируются в наше время, характеризуются видовой бедностью и однообразием и поддерживаются человеком благодаря разработанной ею системе агротехнических и агрохимических мероприятий. Это вторичные, видоизмененные человеком биогеоценозы (поля, огороды, сады и т.п.). Агроценозы дают человечеству около 90% продуктов питания.

**Ландшафт** (географический) – достаточно обширный участок земной поверхности, в пределах которого различные компоненты природы (горные породы, рельеф, климат, вода, почвы, растительный и животный мир), взаимосвязанные и взаимообусловленные, составляют одно целое, образуя определенный вид местности.

#### Задания для самоподготовки

1. Какие уровни биологической организации являются объектами изучения экологии?
2. Биогеоценоз и экосистема – сходство и различия.
3. Как подразделяются организмы по характеру источника питания и по характеру источника питания и по экологическим функциям в биотических сообществах?
4. На какие две крупные совокупности организмов подразделяется биота?
5. Что вы понимаете под биопродуктивностью?
6. Чем отличаются агроценозы от биогеоценозов?

#### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Термин «экология» был введен в научный обиход в 1866 г.:
  - а) Ю. Либихом;
  - б) В.В. Докучаевым;
  - в) Э. Геккелем;
  - г) Н.А. Северцевым.
2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Экология не изучает:
  - а) клеточный уровень организации жизни;
  - б) организменный уровень организации жизни;
  - в) популяционный уровень организации жизни;
  - г) видовой уровень организации жизни.

3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Общая экология – это наука, изучающая:

- а) общенаучные методы познания действительности;
- б) конкретные группы живых организмов и их связи со средой обитания;
- в) совокупность организмов вместе с окружающей средой;
- г) реакции компонентов окружающей среды на антропогенные воздействия.

4. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4):

- а) в нашем городе плохая экология;
- б) экологию необходимо охранять;
- в) экология в нашем регионе испорчена;
- г) экология – основа природопользования;
- д) выберите правильный ответ из предложенных вариантов.

5. Аутоэкология изучает:

- а) динамику популяций;
- б) взаимоотношения организма с окружающей средой;
- в) структуру и функционирование сообществ;
- г) структуру и функционирование сообществ и их связи с окружающей абиотической средой.

## **ТЕМА 2. СРЕДА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМЫ (4 часа)**

**Цель занятия.** Ознакомиться с основными понятиями «среда», экологические факторы; изучить основные виды экологических факторов. Освоить механизмы действия экологических факторов на организмы.

Все организмы существуют не сами по себе, а всецело зависят от окружающей среды и постоянно испытывают на себе ее воздействие. Каждый организм успешно выживает и размножается в конкретной среде, характеризующейся относительно узким диапазоном температур, количеств осадков, почвенных условий и др. Географический ареал любого вида соответствует географическому распределению подходящих для него условий среды. Поэтому изучение

зависимости живых организмов от условий среды является одной из первостепенных задач науки экология.

В целом, в экологии оперируют следующими основными понятиями среды.

**Окружающая среда** – это вещество, энергия и пространство, окружающие организмы и воздействующие на них как положительно, так и отрицательно.

**Природная среда** – это совокупность природных абиотических и биотических факторов, влияющих на живые организмы вне зависимости от контакта с человеком.

**Антропогенная среда** – природная среда, измененная человеком.

Кроме этого, различают **среду обитания** – часть природной среды, окружающая живые организмы, с которой они взаимодействуют. Составные элементы и свойства среды обитания многообразны и изменчивы. При этом одни элементы могут быть необходимы организму, другие безразличны, а третьи – угнетающими.

В целом, среда, обеспечивающая возможность существования организмов на Земле, очень разнообразна. На нашей планете можно выделить четыре качественно отличающиеся среды жизни: водную, наземно-воздушную, почву и живой организм.

**Водная среда.** Вода служит средой обитания многих организмов. Из воды же они получают все необходимые для жизни вещества: пищу, воду, газы. Поэтому, несмотря на высокое разнообразие водных организмов, все они должны быть приспособлены к главным особенностям жизни в водной среде. Эти особенности определяются физическими и химическими свойствами воды.

В толще воды постоянно находится большое число мелких представителей растений и животных, ведущих жизнь во взвешенном состоянии. Способность их к парению обеспечивается не только физическими свойствами воды, обладающей выталкивающей силой, но и специальными приспособлениями самих организмов. Например, многочисленными выростами и придатками, значительно увеличивающими поверхность тела относительно массы и, следовательно, повышающими трение об окружающую жидкость.

К передвижению в водной среде животные приспособлены по-разному. Активные пловцы (рыбы, дельфины и др.) имеют характерную обтекаемую форму тела и конечности в виде плавников. Их быстрое

плавание облегчается также особенностями строения внешних покровов и наличием специальной смазки – слизи, снижающей трение о воду.

Вода обладает очень высокой теплоемкостью, т.е. свойством накапливать и удерживать тепло. По этой причине в воде не бывает резких колебаний температуры, которые часто случаются на суше. Воды полярных морей могут быть очень холодными – близкими к замерзанию. Однако постоянство температуры позволило развиваться ряду приспособлений, обеспечивающих жизнь даже в этих условиях.

Одним из наиболее важных свойств воды является способность растворять в себе другие вещества, которые могут использоваться водными организмами для дыхания и питания.

Для дыхания необходим кислород. Поэтому насыщенность им воды имеет очень большое значение.

Количество растворенного в воде кислорода уменьшается с увеличением температуры. Причем в морской воде кислород растворяется хуже, чем в пресной. По этой причине воды открытого моря тропического пояса бедны живыми организмами и наоборот, в полярных водах, где больше кислорода, наблюдается обилие планктона – мелких рачков, которыми кормятся представители богатой фауны, включая рыб и крупных китообразных.

Дыхание водных организмов может совершаться всей поверхностью тела или специальными органами – жабрами. Для успешности дыхания необходимо, чтобы вблизи тела происходило постоянное обновление воды. Это достигается различными рода движениями. Для многих организмов необходимо поддержание постоянного тока воды. Это может обеспечиваться движением самого животного или особыми приспособлениями, например, колеблющимися ресничками или щупальцами, которые производят возле рта водоворот, загоняющий в него пищевые частицы.

Очень важным для жизни является солевой состав воды, особенно значение для организмов имеют ионы  $Ca^{2+}$ . Моллюскам и ракообразным кальций совершенно необходим для построения раковины или панциря. Концентрация солей в воде может сильно изменяться. Вода считается пресной, если в ней содержится менее 0,5 г на литр растворенных солей. Морская вода отличается постоянством солености и содержит в среднем 35 г солей в одном литре.

**Наземно-воздушная среда**, освоенная позже в ходе эволюции водной, более сложна и разнообразна. Ей свойствен более высокий уровень организации живого.

Наиболее важным фактором жизни пребывающих здесь организмов являются свойства и состав окружающих их воздушных масс. Плотность воздуха гораздо ниже плотности воды, поэтому у наземных организмов сильно развиты опорные ткани – внутренний и наружный скелет. Формы движения крайне разнообразны: бегание, прыгание, ползание, полет и т. д. По воздуху передвигаются птицы и многие насекомые. Потоки воздуха разносят семена растений, споры, микроорганизмы.

Воздушные массы характеризуются огромным объемом и постоянно находятся в движении. Температура воздуха может меняться очень быстро и на больших пространствах. Поэтому живущие на суше организмы имеют многочисленные приспособления, позволяющие выдерживать резкие изменения температуры или избегать их. Наиболее замечательным приспособлением является развитие теплокровности, возникшее именно в наземно-воздушной среде.

В целом воздушно-наземная среда более разнообразна, чем водная; условия жизни здесь сильно меняются во времени и в пространстве. Эти изменения заметны даже на расстоянии в несколько десятков метров, например, на границе леса и поля, на разной высоте в горах, даже на разных склонах небольших холмов. Вместе с тем, здесь слабее выражены перепады давления, но часто возникает недостаток влаги. Поэтому у наземных обитателей развиты приспособления, связанные с обеспечением организма водой, особенно в засушливых условиях. У растений это мощная корневая система, водонепроницаемый слой на поверхности листьев и стеблей, способность к регуляции испарения воды через устьица. У животных, помимо особенностей строения внешних покровов, это и особенности поведения, способствующие поддержанию водного баланса, например миграции к водоемам или избегание иссушающих условий.

Большое значение для жизни наземных организмов имеет состав воздуха (79 % азота, 21 % кислорода и 0,03 % углекислого газа), который обеспечивает химическую основу жизни. Так, снижение удельного количества кислорода в воздухе в зависимости от повышения высоты местности определяет верхнюю границу жизни животных. Люди, например, никогда не образовывали постоянных поселений на высоте свыше 6000 м над уровнем моря.

Углекислый газ (диоксид углерода) является важнейшим сырьевым источником для фотосинтеза. Азот воздуха необходим для синтеза белков и нуклеиновых кислот.

**Почва** как среда обитания – верхний слой суши, образованный минеральными частицами, переработанными деятельностью почвенных обитателей. Это важный и очень сложный компонент биосферы, тесно связанный с другими её частями. Жизнь почвы необычайно богата. Некоторые организмы проводят в почве всю жизнь, другие – часть жизни. Огромную роль играет почва в жизни растений.

Условия жизни в почве во многом определяются климатическими факторами, важнейшим из которых является температура.

**Тела организмов.** Тела многих организмов могут служить жизненной средой для других организмов (паразитов, симбионтов). Главную роль для них играет обилие пищи, относительная стабильность условий, защищённость от неблагоприятных факторов, но в то же время активное сопротивление организма-хозяина. Естественно, что у организмов, живущих в определённой среде, вырабатываются специфические приспособления к экологическим условиям именно этой среды.

Это относится не только к паразитической, но и к некоторым другим формам взаимоотношений между организмами. Жизнь внутри другого организма характеризуется большим постоянством по сравнению с жизнью в открытой среде. Поэтому организмы, находящие себе место в теле растений или животных, часто полностью утрачивают органы и даже системы, необходимые свободноживущим видам. У поселившихся внутри других организмов не развиты органы чувств или органы движения, взамен которых возникают приспособления (часто весьма изощренные) для удержания себя в теле хозяина и эффективного размножения.

**Условия существования (условия жизни)** – совокупность необходимых организмам элементов среды, с которыми они находятся в неразрывном единстве и без которых существовать не могут.

Изменяющиеся элементы окружающей среды, воздействующие на живые организмы и вызывающие у них ответные приспособительные эколого-физиологические реакции, наследственно закрепляющиеся в процессе эволюции, называются **экологическими факторами** (от лат. *factor* – делающий, производящий). В зависимости от

особенностей внешних воздействий факторов различают три основных типа ответных реакций живых организмов:

– изменение положения организма в пространстве по отношению к источнику воздействия;

– количественные изменения уровня жизнедеятельности, в частности обмена веществ без изменения его характера. Значение данного типа реакции особо важно в тех случаях, когда в ответ на внешнее воздействие организм не может изменить свое положение в пространстве;

– изменение характера жизнедеятельности и обмена веществ (диапауза, спячка, анабиоз, фотопериодизм и другие изменения жизненного цикла, иммунитет и т.п.). Эти реакции наступают под влиянием внешних воздействий большой длительности или интенсивности (смена сезонов, воздействие паразитов, загрязняющих веществ и т.д.).

Все типы ответных реакций вызываются быстрыми изменениями элементов окружающей среды во времени. Изменения экологических факторов во времени, в свою очередь, подразделяются на регулярно-периодические и непериодические (нерегулярные).

Регулярно-периодическими являются факторы, которые меняют силу воздействия в зависимости от времени суток, сезона года, ритма приливов и отливов в океане. Они делятся на первичные (температура, освещенность, морские приливы и отливы и др.), которые зависят от вращения Земли вокруг Солнца и вторичные, которые являются следствием изменения первичных. К ним относятся: влажность воздуха, зависящая от температуры; наличие растительной пищи, зависящее от развития растений; биотические влияния, связанные с годовыми циклами.

Непериодические и нерегулярные изменения экологических факторов проявляются внезапно, без четкой периодичности. Например, изменения погодных условий в разные годы, явления катастрофического характера (бури, ливни, наводнения, извержения вулканов, обвалы), воздействия паразитов и другие межвидовые биотические влияния, а также все формы антропогенных воздействий. В большинстве случаев приспособлений организмов к таким факторам не существует. В связи с этим появляется необходимость применения методов борьбы против вредных организмов (растений, животных, микроорганизмов) с помощью химических, биологических и технических средств.

Из-за разнообразия природы и специфики действия экологические факторы подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

**Абиотические факторы** – это факторы неживой природы. В наземных экосистемах к абиотическим факторам относят:

– **климатические**: свет, тепло, воздух (его состав и движение), влага (включая осадки в разных формах, влажность воздуха и почвы и др.);

– **эдафические** (или почвенно-грунтовые): гранулометрический и химический состав почв и грунтов, их физические свойства;

– **орографические** (условия рельефа).

Основные абиотические факторы, оказывающие решающее влияние на жизнеспособность организмов – климатические (свет, тепло, воздух, влажность воздуха и почвы, снежный покров).

Два абиотических фактора – температура и количество осадков – определяют размещение на земной поверхности основных наземных экосистем.

**Биотические факторы** – это формы взаимоотношения живых существ. Они подразделяются на:

– **фитогенные факторы** – влияние растений (прямое и косвенное).

К прямому влиянию относятся механические контакты, симбиоз, паразитизм, поселение эпифитов и др. Например, в агроценозах повилка полевая паразитирует на люцерне, клевере, вике, чечевице и других растениях. При механическом контакте, симбиозе растения влияют друг на друга при помощи биологически активных веществ (витамины, антибиотики, ферменты, фитонциды и др.), которые могут стимулировать или ингибировать рост других растений.

Косвенные влияния выражаются в благоприятных изменениях экологических факторов (света, влаги, почвенного питания) – фитогенных изменениях среды обитания организмов. Например, пырей ползучий в почву выделяет агропирин, ингибирующий не только рост культурных растений, но и прорастание их семян. С другой стороны, при грамотном использовании фитонцидных свойств различных растений, можно не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и существенно повысить качество урожая, главным образом отказавшись от пестицидов. Например, люцерна препятствует фузариозному увяданию картофеля; укроп, растущий среди огур-

цов, увеличивает продолжительность их плодоношения; при близком расположении яблоня избавляет малину от серой гнили, а малина яблоню – от парши:

– **зоогенные факторы** представляют собой влияние животных (поедание, вытаптывание и другие механические воздействия, опыление, распространение семян и влияние на среду). В сельском хозяйстве эти факторы используют в биологической защите растений от вредных организмов. Например, яйцепаразит трихограмма используется при борьбе с капустной, хлопковой, озимой совками, гороховой плодовой жоржкой;

– **микробогенные факторы** обусловлены влиянием микроорганизмов и грибов (паразитизм, изменение среды). Они могут вызывать различные болезни организмов. Изменение их количества разнообразна в ризосфере, что приводит к ухудшению или улучшению питания растений.

**Антропогенные факторы** (от гр. *anthropos* – человек и *genos* – рождение) отражают влияние деятельности человека на окружающую среду. К таким факторам относят воздействия сельскохозяйственного производства, промышленности, транспорта и другие формы ведения хозяйства.

Влияние факторов на живые организмы изучает раздел экологии – аутэкология, который устанавливает пределы существования особей (организма) в окружающей среде, изучает реакции организмов на воздействие факторов среды, их приспособленность к условиям среды обитания. Термин «аутэкология» был введен швейцарским ботаником К. Шретером в 1896 г. именно для обозначения экологии особей.

Аутэкология в качестве живой системы рассматривает отдельный живой организм (животное, растение или микроорганизм), а также среду (всё, что этот организм окружает).

Влияние факторов среды определяется, прежде всего, их воздействием на обмен веществ организмов. Отсюда все экологические факторы по их действию можно подразделить на **прямодействующие** и **косвеннодействующие**. Те и другие могут оказывать существенные воздействия на жизнь отдельных организмов и на все общество.

Каждый экологический фактор характеризуется определенными количественными показателями, например, силой и диапазоном действия.



Для разных видов растений и животных условия, в которых они особенно хорошо себя чувствуют, неодинаковы. Например, некоторые растения предпочитают очень влажную почву, другие – относительно сухую. Одни требуют сильной жары, другие лучше переносят более холодную среду и т. д.

**Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется оптимумом, а дающая наихудший эффект – пессимумом.** Например, для каждого вида растения существуют определенные величины температур, при которых они растут наиболее интенсивно, это и будет **оптимумом**. В большинстве случаев это некий диапазон температур, составляющий несколько градусов, поэтому лучше говорить о **зоне оптимума**. Весь интервал температур, от минимальной до максимальной, при которых еще возможен рост, называют **диапазоном устойчивости (выносливости) или толерантности**. Точки, ограничивающие его, т.е. максимальная и минимальная, пригодные для жизни температуры, – это **пределы устойчивости**. Между зоной оптимума и пределами устойчивости по мере приближения к последним растение испытывает все нарастающий стресс. Это будут **стрессовые зоны** или **зоны угнетения** в рамках диапазона устойчивости. По мере удаления от оптимума в сторону максимума и минимума не только усиливается стресс, а в конечном итоге по достижении пределов устойчивости организма происходит его гибель.

Механизм действия всех экологических факторов можно отобразить при помощи данного графика, что объясняется следующим принципом: **для каждого вида растений (животных) существуют оптимум, стрессовые зоны и пределы устойчивости или выносливости в отношении каждого средового фактора.**

Другими словами, при значении фактора, близком к пределам выносливости или толерантности, организм обычно может существовать лишь непродолжительное время. В более узком интервале условий возможно длительное существование и рост особей. Еще в более узком диапазоне происходит размножение, и вид может существовать неограниченно долго. Обычно где-то в средней части диапазона устойчивости имеются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности, роста и размножения. Эти условия называют оптимальными, в которых особи данного вида оказываются наиболее приспособленными, т. е. оставляют наибольшее число потомков.

Другими словами, при значении фактора, близком к пределам выносливости или толерантности, организм обычно может существовать лишь непродолжительное время. В более узком интервале условий возможно длительное существование и рост особей. Еще в более узком диапазоне происходит размножение, и вид может существовать неограниченно долго. Обычно где-то в средней части диапазона устойчивости имеются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности, роста и размножения. Эти условия называют оптимальными, в которых особи данного вида оказываются наиболее приспособленными, т. е. оставляют наибольшее число потомков.

Живые организмы способны приспосабливаться к изменениям условий внешней среды, что называется **адаптацией**.

Свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды называют **«экологической пластичностью»** (экологической валентностью) вида. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность.

Виды, способные существовать при небольших отклонениях фактора от оптимальной величины, называются узкоспециализированными, а выдерживающие значительные изменения фактора – широкоприспособленными.

Экологически выносливые виды называют **эврибионтными** (*euros* – широкий), маловыносливые – **стенобионтными** (*stenos* – узкий). Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. Виды, длительное время развивающиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности, тогда как виды, существовавшие при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными.

Отношение организмов к колебаниям того или иного определенного фактора выражается прибавлением приставки «эври-» или «стено-» к названию фактора. Например, по отношению к температуре различают эври- и стенотермные организмы, к свету – эври- и стенофотные и др. По отношению ко всем факторам среды эврибионтные организмы встречаются редко. Чаще всего эври- или стенобионтность проявляется по отношению к одному фактору. Так, растение, являясь эвритермным, одновременно может относиться к стеногиг-

робионтам, т. е. быть менее стойким относительно колебаний влажности.

Эврибионтные организмы, как правило, являются широко распространенными видами, а стенобионты имеют ограниченные ареалы.

Все факторы среды взаимосвязаны, и среди них нет абсолютно безразличных для любого организма. Популяция и вид в целом реагируют на эти факторы, воспринимая их по-разному. Такая избирательность обуславливает и избирательное отношение организмов к заселению той или иной территории.

### Совместное действие экологических факторов

Экологические факторы обычно действуют не поодиночке, а целым комплексом. Действие одного какого-либо фактора зависит от уровня других. Сочетание с разными факторами оказывает заметное влияние на проявление оптимума в свойствах организма и на пределах их существования. Действие одного фактора не заменяется действием другого. Однако при комплексном воздействии среды часто можно видеть «эффект замещения», который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов. Так, свет не может быть заменен избытком тепла или обилием углекислого газа, но, действуя изменениями температуры, можно приостановить фотосинтез растений или активность у животных и тем самым создать эффект диапаузы, как при коротком дне, а удливив активный период, создать эффект длинного дня. И в тоже время это не замещение одного фактора другим, а проявление количественных показателей экологических факторов. Это явление широко используется в практике растениеводства и зоотехнии.

В комплексном действии среды факторы по своему воздействию неравноценны для организмов. Их можно подразделить на *ведущие* (главные) и *фоновые* (сопутствующие, второстепенные). Ведущие факторы различны для разных организмов, если даже они живут в одном месте. В роли ведущего фактора на разных этапах жизни организма могут выступать то одни, то другие элементы среды. Например, в жизни многих культурных растений, таких, как злаки, в период прорастания ведущим фактором является температура, в период колосения и цветения – почвенная влага, в период созревания – количество питательных веществ и влажность воздуха. Роль ведущего фактора в разное время года может меняться. Так, в пробуждении

активности у птиц (синицы, воробьи) в конце зимы ведущим фактором является свет, и в частности длина дня, то летом его действие становится равнозначным температурному фактору.

Ведущий фактор может быть неодинаков у одних и тех же видов, живущих в разных физико-географических условиях. Например, активность комаров, мошек, мокрецов в теплых районах определяется комплексом светового режима, тогда как на севере – изменениями температуры.

Понятие о ведущих факторах нельзя смешивать с понятием об ограничивающих факторах. *Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма, называется ограничивающим, или лимитирующим.* Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы.

Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как, например, тепло, свет и вода. Как уже было отмечено ранее, организмы характеризуются экологическим минимумом и экологическим максимумом. Диапазоны между этими двумя величинами принято называть пределами устойчивости, выносливости или толерантности. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввел В. Шелфорд (1913), сформулировавший *закон толерантности.*

Ценность концепции лимитирующих факторов состоит в том, что она дает экологу отправную точку при исследовании сложных ситуаций. Изучая конкретную ситуацию, эколог может выделить слабые звенья и сфокусировать внимание на тех условиях среды, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться критическими или лимитирующими. Если для организма характерен широкий диапазон выносливости (устойчивости, толерантности) к фактору, отличающемуся относительным постоянством, и присутствует в среде в умеренных количествах, вряд ли такой фактор является лимитирующим. Наоборот, если известно, что тот или иной организм обладает узким диапазоном толерантности к какому-то изменчивому фактору, то именно этот фактор и заслуживает внимательного изучения, так как он может быть лимитирующим. Так, содержание кислорода в наземных

местообитаниях настолько велико и он столь доступен, что редко служит лимитирующим фактором для наземных организмов, за исключением паразитов, обитателей почв или больших высот. Тогда как в воде кислорода сравнительно мало, его содержание там нередко значительно варьируется, и вследствие этого для водных организмов, в первую очередь животных, он часто служит важным лимитирующим фактором. Поэтому эколог-гидробиолог всегда имеет наготове прибор для определения количества кислорода и измеряет содержание этого газа в ходе изучения любой незнакомой ситуации. Экологу же, изучающему наземные экосистемы, реже приходится измерять содержание кислорода. В целом же смысл анализа условий среды, например, при оценке воздействия человека на природную среду, состоит в следующем:

– путем наблюдения, анализа и эксперимента обнаружить «функционально важные» факторы;

– определить, как эти факторы влияют на особей, популяции, сообщества, тогда удастся довольно точно предсказать результат нарушений среды или планируемых ее изменений.

Вместе с тем, действия экологических факторов на живые организмы базируются на определенных закономерностях, на которых следует остановиться отдельно.

### **Законы экологии и их значение в сельскохозяйственном производстве**

Как и любая наука, экология выявляет закономерности протекания изучаемых процессов и формулирует их в виде кратких логических и проверенных практикой положений – законов.

Основные законы экологии:

**Закон биогенной миграции атомов (В.И. Вернадского):** миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется при непосредственном участии живого вещества – биогенная миграция, или же она протекает в среде, геохимические особенности ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  и т.д.) которой обусловлены живым веществом. Согласно этому закону, понимание общих химических процессов, протекавших и протекающих в слоях биосферы невозможно без учета биотических факторов, в том числе и эволюционных.

**Закон физико-химического единства живого вещества:** общебиосферный закон – живое вещество физико-химически едино; при всей разнокачественности живых организмов они настолько физико-химически сходны, что вредное для одних не безразлично для других (например, загрязнители).

**Принцип Реди:** живое происходит только от живого, между живым и неживым веществом существует непродолимая граница, хотя и имеется постоянное взаимодействие.

**Закон единства «организм – среда»:** жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов. Организмы не в состоянии существовать без контакта с окружающей средой и другими населяющими ее организмами.

**Закон необратимости эволюции Л. Полло:** организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков, даже вернувшись в среду их обитания.

Вместе с общепринятыми законами экологии существует ряд законов, которые непосредственно оказывают влияние на сельскохозяйственное производство (растениеводство, животноводство и др. отрасли). Эти законы необходимо рассмотреть более подробно.

**Закон ограничивающего фактора (закон минимума Ю. Либиха),** который гласит, что наиболее значим тот фактор, который больше всего отклоняется от оптимальных для организма значений и от него зависит в данный момент выживание особей. Более того, веществом, присутствующим в минимуме управляется рост и развитие, как культурных растений, так и сельскохозяйственных животных. В качестве наглядной иллюстрации закона минимума Либиха часто изображают бочку, у которой образующие боковую поверхность доски имеют разную высоту.

Длина самой короткой доски определяет уровень, до которого можно наполнить бочку водой. Следовательно, длина этой доски – лимитирующий фактор для количества воды, которую можно налить в бочку. Длина других досок уже не имеет значения.

Поясним закон минимума Либиха на конкретных примерах. В почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растений, кроме одного из них, например бора. Рост растений на такой почве будет сильно угнетен или вообще невозможен. Если мы теперь добавим в почву нужное количество бора, это

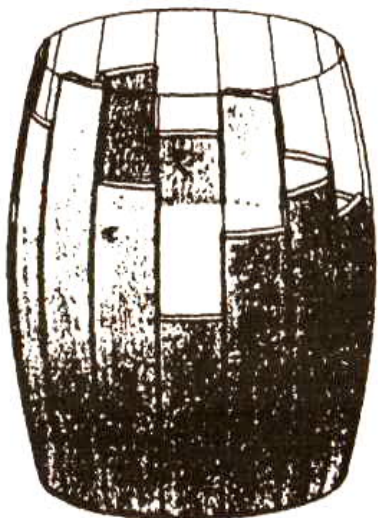


Рис. 1. «Бочка Либиха».

приведет к увеличению урожая. Но если мы будем вносить любые другие химические соединения (например, азот, фосфор, калий) и даже добьемся того, что все они будут содержаться в оптимальных количествах, а бор будет отсутствовать, это не даст никакого эффекта. Точно так же, если кислотность (рН) почвы отклоняется от оптимума, например для озимой ржи, то никакие агротехнические мероприятия, кроме снижающего кислотность известкования, не помогут существенно увеличить урожайность этой культуры на данном поле. Закон минимума Либиха относится ко всем влияющим на организм абиотическим и биотическим факторам.

Сформулированный закон применим как к растениям, так и животным.

Однако, как показал В. Шелфорд (1913), лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток факторов, таких как, например, тепло, свет и вода. Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом он сформулировал в **законе толерантности (В. Шелфорда)**: лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору. Благодаря данному закону с начала XX века были проведены многочисленные исследования и стали известны пределы существования для многих растений и животных.

**Закон оптимума:** любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы. Данный закон вытекает из предыдущих двух законов, однако подчеркивает важность оптимальных значений экологических факторов на жизнедеятельность живых организмов.

**Закон (принцип) исключения Гаузе:** два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потреб-

ности идентичны, т.е. если они занимают одну и ту же экологическую нишу.

В 1974 г. Б. Коммонер выдвинул ряд положений, которые сегодня называют законами экологии: 1) все связано со всем; 2) все должно куда-то деваться; 3) природа «знает» лучше; 4) ничто не дается даром.

**Первый закон «Все связано со всем»** отражает существование сложнейшей сети взаимодействий в природе. Он предостерегает человека от необдуманного воздействия на отдельные части экосистем, что может привести к непредвиденным последствиям.

**Второй закон «Все должно куда-то деваться»** вытекает из фундаментального закона сохранения материи. Он позволяет по-новому рассматривать проблему отходов материального производства. Огромные количества веществ извлечены из Земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то девается». И как результат – большие количества веществ зачастую накапливаются там, где по природе их не должно быть.

**Третий закон «Природа знает лучше»** исходит из того, что «структура организма нынешних живых существ или организмов современной природной экосистемы – наилучшие в том смысле, что они были тщательно отобраны из неудачных вариантов и что любой новый вариант, скорее всего, будет хуже существующего ныне». Этот закон призывает к тщательному изучению естественных био- и экосистем, сознательному отношению к преобразующей деятельности. Без точного знания последствий преобразования природы недопустимы никакие ее «улучшения».

**Четвертый закон «Ничто не дается даром»**, объединяет предшествующие три закона, потому что биосфера как глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой ничего не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать, он может быть только отсрочен.

#### Задания для самоподготовки

1. Что такое среда обитания и какие среды заселены организмами?
2. Как называют совокупность факторов неорганической среды?

3. В чем заключаются внутривидовые и межвидовые взаимоотношения?
4. Как называются экологические факторы, ограничивающие развитие организма?
5. Что понимается под диапазоном толерантности организма?

#### Ситуационные задачи

1. Поясните сущность совокупного и изолированного действия экологических факторов?
2. Как отражаются климатические условия на растениях и животных?
3. Основные экологические факторы водной среды. Дайте им характеристику.
4. В чем заключается влияние на организм физических и химических факторов воздушной среды?
5. Каковы формы взаимоотношения живых существ? Прямое и косвенное влияние друг на друга.
6. Что характеризует эврибиотность и стенобиотность видов?
7. Чем объясняется неравноценность действия факторов при их комплексном воздействии?
8. Какие законы экологии оказывают непосредственное влияние на с.-х. производство?

#### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Самые крупные и тяжелые животные обитают:
  - а) в водной среде жизни;
  - б) наземно-воздушной среде жизни;
  - в) почвенной среде жизни;
  - г) биотической среде жизни.
2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Из рассматриваемой классификации экологических факторов выпадают:
  - а) антропогенные факторы;
  - б) водные факторы;
  - в) биотические факторы;
  - г) абиотические факторы.

3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Антропогенные вещества – это химические соединения, которые:
  - а) возникли в результате жизнедеятельности человека;
  - б) возникли в результате жизнедеятельности человека и затем используемые человеком в промышленном производстве;
  - в) включаются в земные сферы благодаря жизнедеятельности человека;
  - г) регулируют или подавляют процессы жизнедеятельности организмов в зависимости от нужд промышленного производства.
4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Закон минимума был сформулирован в 1840 г.:
  - а) Э. Геккелем;
  - б) Ю. Либихом;
  - в) В. Шелфордом;
  - г) В.В. Докучаевым.
5. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Закон ограничивающего фактора гласит:
  - а) оптимальное значение фактора наиболее важно для организма;
  - б) pessимальное значение фактора наиболее важно для организма;
  - в) из всех факторов, действующих на организм, наиболее важен тот, значение которого больше всего отклоняется от оптимума;
  - г) из всех факторов, действующих на организм, наиболее важно то значение, которое меньше всего отклоняется от оптимума.

### ТЕМА 3. ДЕМЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с основными понятиями «демэкология», «популяция»; изучить основные характеристики популяций.

**Демэкология** (от греч. *demos* – народ) изучает естественные группы особей одного вида – популяции, элементарные надорганизменные системы. Её важнейшей задачей является изучение условий формирования популяций, внутрипопуляционных взаимоотношений, динамики численности популяций.

**Популяция** (от лат. *populus* – народ, население) – группа особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой, свободно скрещивающиеся внутри популяции и совместно населяющих одну территорию.

Популяция является генетической единицей вида, изменения которой осуществляет эволюция вида.

Устойчивое существование различных видов животных и растений требует наличия определенных экологических условий и необходимых ресурсов. При перемещении из одной местности в другую, (при расселении) эти условия и ресурсы могут меняться, причем эти изменения происходят отнюдь не согласованно. Некоторые факторы при этом могут меняться плавно (например, температура при продвижении с юга на север), другие – вовсе не меняться (например, содержание углекислого газа в воздухе) или меняться скачкообразно (изменения состава и структуры почв). Все это приводит к тому, что местообитания, подходящие для существования того или иного вида формируются в пространстве в виде отдельных участков (назовем их «островками»). Виды заселяют эти «островки» своими популяциями. Особи популяции, размножаясь, осваивают подходящие для себя местообитания. В этом состоит своеобразие биологических видов – они существуют в форме популяций.

Популяции одного и того же вида могут быть отделены друг от друга четкими границами. Например, для водных организмов такие границы, как правило, проходят по береговым линиям водоемов. У некоторых видов границы между популяциями нечеткие, размытые, например, у видов растений и животных, обитающих в наземно-воздушной среде и имеющих широкое географическое распространение.

Структура популяции определяется её отдельными членами и их распределением в пространстве. Особи в популяции размножаются, умирают, но при этом популяция сохраняется как целое. При изменении условий существования численность и структура популяций могут претерпевать изменения: рождение и иммиграция увеличивают её, а смертность и эмиграция – уменьшают. При неизменных условиях популяция существует как система без изменений. В связи с этим, популяцию можно рассматривать как биологическую единицу, надорганизменную систему.

В зависимости от размеров занимаемой территории выделяют 3 типа популяций:

1. **Элементарная**, или микропопуляция, – это совокупность особей вида, занимающих какой-то небольшой участок однородной площади. В их состав обычно входят генетически однородные особи.

2. **Экологическая популяция** формируется как совокупность элементарных популяций. В основном это внутривидовые группировки, слабо изолированные от других экологических популяций вида, поэтому обмен генетической информацией между ними происходит сравнительно часто, но реже, чем между элементарными популяциями. Экологическая популяция имеет свои особые черты, отличающие ее в чем-то от другой соседней популяции.

3. **Географическая популяция** охватывает группу особей, населяющих территорию с географически однородными условиями существования. Географические популяции занимают сравнительно большую территорию, довольно основательно разграничены и относительно изолированы. Они различаются плодовитостью, размерами особей, рядом экологических, физиологических, поведенческих и других особенностей. Для географической популяции характерен генетический обмен, и хотя он может быть редким, и все же возможен.

Популяции характеризуются биологическими (присущими как популяции в целом, так и составляющим её организмам) и групповыми свойствами (присущими только группе в целом).

**Биологические свойства** характеризуют жизненный цикл популяции, так как популяция, как и отдельный организм, растёт, дифференцируется и поддерживает сама себя. Популяция имеет определённую организационную структуру, которую можно описать.

**Групповые свойства**, например, рождаемость, смертность, возрастная структура, генетическая приспособленность, могут характеризовать популяцию только в целом.

Популяции обладают также генетическими характеристиками, непосредственно связанными с их экологией. К таким относятся адаптивность, репродуктивная приспособленность, непрерывность.

В целом, популяции характеризуются следующими основными свойствами.

**Половая структура.** Соотношение полов (отношение числа самцов к числу самок) в популяциях большинства животных равно примерно 1:1, хотя это соотношение может изменяться с возрастом.

У некоторых паразитических видов и у общественных насекомых в соотношении полов наблюдается сильный сдвиг в сторону самок. Роль самцов в размножении сводится у этих видов к оплодотворению яиц, а для этой цели и одного самца хватит надолго.

У некоторых рыб, ящериц и водных беспозвоночных самцов нет совсем.

У многих растений цветки несут одновременно и мужские и женские половые органы (гермафродитизм).

**Численность популяции** – это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. В период размножения происходит рост популяции. Смертность же, наоборот, приводит к сокращению ее численности.

**Плотность популяции** – величина численности популяции, отнесенная к некоторой единице пространства. Выражается числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема. Например, 200 кг рыбы на 1 га водоёма, или 500 деревьев на 1 га и т.д.

Иногда бывает важно различать среднюю (численность /биомассу/ на единицу всего пространства) и экологическую плотность (численность /биомассу/ на единицу обитаемого пространства, то есть на единицу площади или объема, которые фактически могут быть заняты данной популяцией).

Измерением плотности пользуются и в тех случаях, когда важнее знать не общую численность популяции в тот или иной момент времени, а ее динамику, то есть ход изменений численности во времени.

**Обилие популяции.** Наилучшим образом популяцию как группу организмов характеризует обилие. Мерой обилия может быть общая численность организмов в популяции. Однако измерение этих показателей применительно ко многим животным связано с большими трудностями.

**Пространственная структура.** Популяции состоят из многих особей, рассредоточенных по географическому ареалу вида. Различают три типа распределения особей популяций: равномерное, случайное и групповое **распределение** встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм (непримиримая враждебность). Например, у деревьев в лесу конкуренция за свет очень велика, поэтому наблюдается тенденция отстоять друг от друга примерно на одинаковые расстояния.

**Случайное распределение** наблюдается, когда природная среда достаточно однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы. Например, одиночные паразиты или хищники, такие, как па-

уки, занимаясь случайным поиском хозяина или жертвы характеризуются случайным распределением. Или же на первых порах, таким образом, распределяется тля на поле. По мере ее размножения распределение приобретает групповой характер.

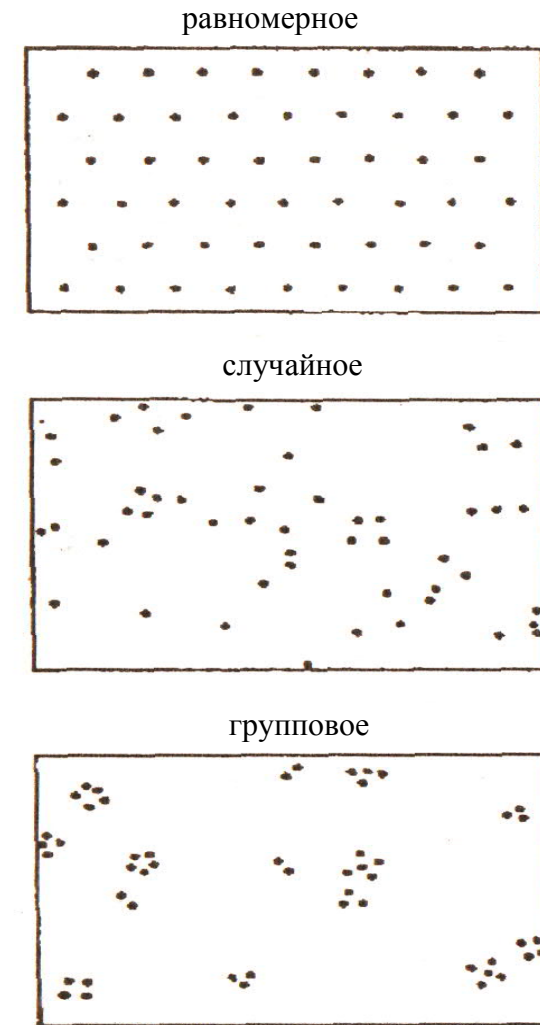


Рис. 2. Типы распределения особей в популяции (по Ю. Одуму, 1986).

**Групповое распределение** в природе наблюдается чаще всего, поскольку условия среды обитания в разных местах различны, а особи обычно скапливаются там, где среда наиболее благоприятна для них. Например, саламандры распределяются в лесу скученно под поваленными деревьями, там, где влажность повышенная.

Динамика численности и плотности популяций находится в тесной зависимости от рождаемости или плодовитости и смертности.

**Рождаемость** – это способность популяции к увеличению численности (воспроизводству). Различают максимальную (абсолютную) рождаемость – теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях, и экологическую (удельную) рождаемость – увеличение численности популяции в единицу времени при фактических условиях среды, которую выражают числом родившихся особей на особь в единицу времени. Например, в качестве показателя удельной рождаемости человека используют число детей, родившихся в год на 1000 человек. Максимальная рождаемость – величина постоянная для данной популяции, а экологическая рождаемость варьирует в зависимости от размера и возрастного состава популяции и физических условий среды.

**Смертность** отражает гибель особей в популяции. Её можно выразить числом особей, погибших за данный период (общая или абсолютная смертность) или числом особей, погибших за данный период, приходящимся на всю популяцию или любую её часть (удельная смертность).

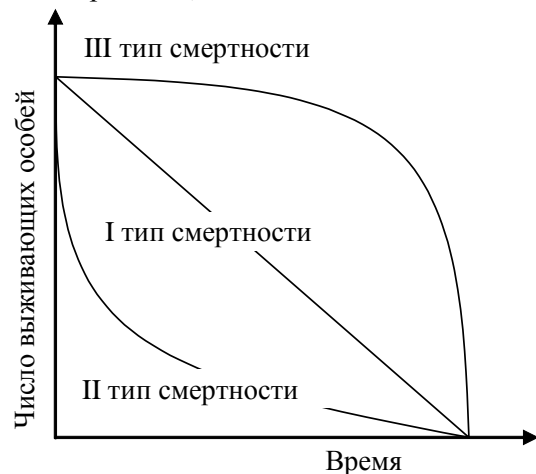


Рис. 3. Различные типы кривых выживаемости.

Экологическая смертность – гибель особей в данных условиях среды. Величина не постоянная, изменяется в зависимости от условий среды и состояния популяции. Теоретическая минимальная смертность – величина постоянная для данной популяции. Даже в самых идеальных условиях особи будут умирать от старости. Этот возраст определяется физиологической продолжительностью жизни, которая, конечно, часто превышает экологическую продолжительность жизни.

Различают три типа смертности. **Первый тип смертности** характеризуется одинаковой смертностью во всех возрастах, и встречается у популяций, которые постоянно находятся в оптимальных условиях. **Второй тип смертности** характеризуется повышенной гибелью особей на ранних стадиях развития и свойствен большинству растений и животных. **Третий тип смертности** отличается повышенной гибелью взрослых, в первую очередь старых, особей. В экологии широкое распространение получило графическое построение «кривых выживания».

**Возрастная структура популяции.** Особи, из которых складывается популяция, неодинаковы. Возрастная структура популяции является её важной характеристикой, которая влияет и на рождаемость, и на смертность. Соотношение разных возрастных групп в популяции определяет её способность к размножению в данный момент и показывает, чего можно ожидать в будущем.

Обычно в быстрорастущих популяциях значительную долю составляют молодые особи. В популяции, находящейся в стационарном состоянии, возрастное распределение более равномерно. А в популяции, численность которой снижается, содержится большая доля старых особей.

В популяции можно выделить три экологические возрастные группы: предрепродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную. Длительность этих возрастов по отношению к общей продолжительности жизни сильно варьирует у разных организмов.

Для наглядного описания возрастной структуры в популяции выделяют возрастные группы, состоящие из организмов одного возраста, и оценивают численность каждой из этих групп. Результаты представляют в виде диаграмм или пирамиды.

Если основание пирамиды широкое, это означает, что рождается больше потомства, рождаемость превышает смертность и численность растет. Если же особей младших возрастных групп меньше, чем более старых, то численность будет сокращаться.



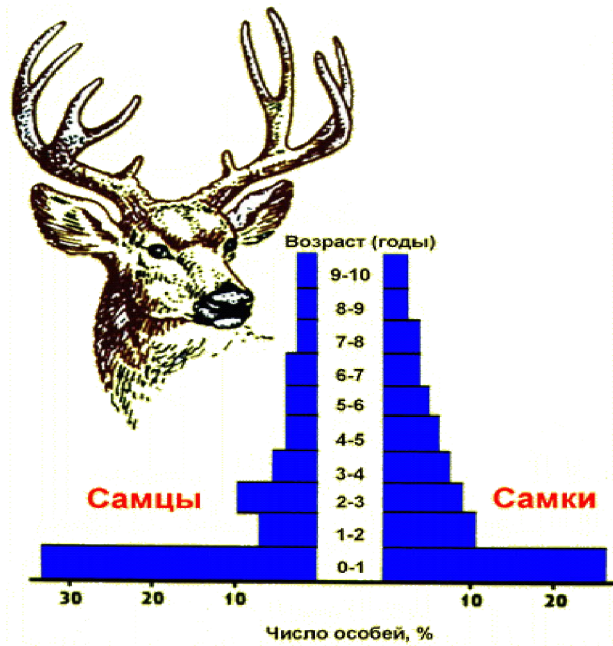


Рис. 4. Возрастно-половая пирамида популяции оленей.

Интересно сравнение возрастной пирамиды людей в разных странах мира. Как правило, в малоразвитых странах (в Африке, Азии, Латинской Америке) основание возрастной пирамиды бывает намного шире, чем верхушка, так как рождаемость во много раз превышает даже очень высокую смертность. В этих странах происходит интенсивное увеличение населения, хотя средняя продолжительность жизни остается низкой. А в развитых странах (США, Канада, Европа, Япония) возрастная пирамида выглядит в виде прямоугольника, что объясняется одинаковым количеством рождаемости и смертности во всех возрастных группах и наблюдается высокая продолжительность жизни.

**Скорость роста.** Популяции изменчивы по своей сути. Даже если сообщество и экосистема кажутся неизменными, плотность, рождаемость, выживание, возрастная структура, скорость роста и другие характеристики популяции обычно изменяются по мере того, как вид подстраивается к сезонам, физическим факторам и другим видам.

Расселение – перемещение организмов или их подвижных стадий (семян, спор, личинок и др.) на территорию, уже занятую популяцией, или с этой территории, - наряду с рождаемостью и смертностью определяет характер роста популяции. Эмиграция – выселение с занимаемой территории – аналогична смертности; иммиграция – вселение на новую территорию – аналогична рождаемости; миграция – периодические уход и возвращение на данную территорию – в разные сезоны влияет на характер кривой роста то, как рождаемость, то, как смертность.

**Потенциал роста.** Теоретически, увеличение численности популяции может происходить в геометрической прогрессии и если бы рост популяций не сдерживался ограниченностью необходимых ресурсов или отрицательными взаимоотношениями между организмами, то численность большинства видов животных за очень короткое время может достигнуть астрономических цифр.

В целом, изменения величины популяции компенсируются её гомеостатическими реакциями, в том числе скоростью роста и расселением. Запаздывание реакции популяции на наличие необходимых ей ресурсов может привести к циклическим колебаниям её численности. Подобные колебания оказывают сильное влияние на стабильность экосистемы в целом и на эффективность потоков энергии и круговоротов питательных веществ.

#### Задания для самоподготовки

1. Каково место популяций в биоте Земли?
2. Что отражают статистические показатели популяции?
3. Что отражают динамические показатели популяции?
4. Что понимается под продолжительностью жизни?
5. «Демографические таблицы» и кривые выживания. Что они характеризуют?
6. Что отражает возрастная структура популяции?

#### Ситуационные задачи

1. Почему толерантность популяции к факторам среды значительно шире, чем у особи, и каково экологическое значение этого явления?
2. Каковы экологические причины, вызывающие рост численности популяции по логистической кривой?

3. В чем суть экологической стратегии выживания?
4. Какие экологические причины вызывают саморегуляцию плотности популяций?
5. В чем причины таких стихийных экологических бедствий как «нашествие саранчи»?

### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Экологической популяцией называется:
  - а) группа особей, заселяющих территорию с географически однородными условиями;
  - б) внутривидовая группировка, приуроченная к конкретным биогеоценозам;
  - в) внутривидовая группировка, охватывающая несколько биогеоценозов в данной географической зоне;
  - г) совокупность особей вида, занимающих небольшой участок однородной площади.
2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. В состав популяции не входят:
  - а) организмы одного вида;
  - б) организмы разных видов;
  - в) организмы разных возрастов;
  - г) организмы разного пола.
3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Особи в популяции деревенских ласточек не связаны друг с другом:
  - а) информационными связями;
  - б) пищевыми ресурсами;
  - в) общим местообитанием;
  - г) отношениями типа аменсализма.
4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Количество популяций одного вида не зависит:
  - а) от степени расчлененности территории, занимаемой видом;
  - б) от половых различий между самками и самцами данного вида;
  - в) от способностей особей данного вида преодолевать естественные преграды;
  - г) от обширности ареала данного вида.

5. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Примером сплошного заселения ареала является вид:
  - а) семиточечная божья коровка;
  - б) речной окунь;
  - в) домовый воробей;
  - г) сибирский бобр.

### ТЕМА 4. СИНЭКОЛОГИЯ – ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с понятиями «синэкология», «сообщество», их классификацией.

Многообразные живые организмы встречаются на Земле не в любом сочетании, а в процессе совместного существования образуют биологические единства – *сообщества*.

Одна из главных задач экологии – выяснить взаимосвязи между свойствами и составом сообщества, которые проявляются независимо от того, какие виды в него входят.

В экосистемах происходит постоянный обмен энергией и веществом между живой и неживой природой. Этот обмен носит устойчивый характер. Элементы живой и неживой природы находятся в постоянном взаимодействии.

Изучение экосистем необходимо для получения знаний о том, как функционируют сообщества, отчего происходят и куда направлены их изменения, какое влияние оказывает жизнь на окружающую ее неживую природу.

**Синэкология** (от греч. *syn* – вместе) – раздел экологии, изучающий ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов (биоценозы), пути их формирования и их воздействие с окружающей средой. В отдельное научное направление синэкология выделена на Международном ботаническом конгрессе 1910 г. Термин «синэкология» предложил швейцарский ботаник К. Шретер (1902 г.).

Одним из основных принципов синэкологии является принцип Гаузе, согласно которому при одинаковых потребностях один из двух видов обязательно вытесняется другим из экологической ниши.

Также принцип разнообразия: чем выше разнообразие биотопа, тем выше разнообразие биоценоза.

### Задания для самоподготовки

Явление, при котором один биогеоценоз заменяется во времени другим, получило название смены биогеоценозов или сукцессии (от лат. «*сукцедо*» – следую за кем-либо, за чем-либо).

Цепь сменяющихся биогеоценозов называется сукцессионным рядом или серией биогеоценозов.

Подобным сменам подвержены все сообщества, но протекают они с разной скоростью и вызываются разными причинами.

1. На основе изучения краеведческой литературы проследите смену биогеоценозов на одной из пригородных территорий.

2. Под действием антропогенного фактора смена биогеоценозов происходит значительно быстрее и может быть прослежена на протяжении жизни одного-двух поколений. Проведите опрос родителей, бабушек и дедушек, пожилых соседей, чтобы выяснить, как изменялись биогеоценозы вблизи дачных участков или на территории новостроек.

3. Предположите, как будет развиваться в ближайшее время описываемая вами территория. Свой прогноз положите в альбом с семейными фотографиями или в папку с документами. Через 20 лет вы узнаете точность своего прогноза.

### Тестовые задания

1. Поедание одного организма другим организмом посредством отлавливания и умерщвления

- а) комменсализм;
- б) протокооперация;
- в) мутуализм;
- г) хищничество;
- д) паразитизм.

2. Взаимодействие между двумя организмами разных видов, выгодные для каждого из них:

- а) паразитизм;
- б) мутуализм;
- в) комменсализм;
- г) антагонизм;
- д) хищничество.

3. Форма межвидовых отношений, при которой взаимодействие для двух видов выгодно каждому из них:

- а) симбиоз;
- б) конкуренция;
- в) хищничество;
- г) нейтрализм;
- д) паразитизм.

4. Отношения, которые для одного из взаимодействующих видов имеют положительные последствия, для другого отрицательные, называются:

- а) аменсализмом;
- б) мутуализмом;
- в) паразит-хозяин;
- г) нейтрализмом;
- д) комменсализмом.

5. Два вида образуют сообщество, но могут существовать и раздельно, хотя сообщество приносит им обоим пользу:

- а) конкуренция;
- б) мутуализм;
- в) протокооперация;
- г) аменсализм;
- д) нейтрализм.

## ТЕМА 5. СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с понятием «экосистема», «биотоп», «биоценоз».

Впервые определение экосистемы как совокупности живых организмов с их местообитанием было дано английским экологом А. Тэнсли (1871–1955) в 1935 году. **Экосистема – любая совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может осуществляться круговорот веществ.**

А. Тенсли представил экосистему в следующем виде:

**Экосистема = Биотоп + Биоценоз**

**Биоценоз** (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – совокупность всех совместно проживающих живых организмов (растений, живот-

ных и микроорганизмов). Понятие «биоценоз» было предложено в 1877 г. немецким зоологом К. Мебиусом (1825–1908 гг.). **Биотоп** – участок земной поверхности, занимаемый тем или иным биоценозом с однотипными условиями среды.

Кроме термина экосистема, экологи нашей страны часто используют понятие «биогеоценоз», предложенный в 1940 г. российским биологом В.Н. Сукачевым, представляющую собой сложную биокосную систему, которая состоит из постоянно обновляющегося в процессе смены поколений сообщества растений, животных и микроорганизмов, занимающий определенный участок пространства – биотоп, и способную неопределенно долго существовать за счет утилизации поступающей энергии с помощью особого типа круговорота веществ и трансформации усвоенной энергии.

Обязательным компонентом биогеоценоза является фитоценоз, или растительное сообщество. В то же время экосистема может быть и без растительного сообщества, а также и без почвы (например, труп животного, ствол дерева в стадиях разложения и населенности различными организмами). Таким образом, любой биогеоценоз может быть назван экосистемой, в то время как не каждая экосистема может быть названа биогеоценозом.

При классификации наземных экосистем обычно используют признаки растительных сообществ (составляющих основу экосистем) и климатические (зональные) признаки. Так, выделяются определенные типы экосистем, например тундра лишайниковая, тундра моховая, лес хвойный (еловый, сосновый), лес лиственный (березняк), лес дождевой (тропический), степь, кустарники (ивняк), болото травянистое, болото сфагновое.

В целом, существующие на Земле экосистемы по своим размерам подразделяются на:

1). Микроэкосистемы – они возникают на трупах животных, их экскрементах, стволах гниющего дерева, на которых может развиваться особая флора и фауна. Микроэкосистемы обычно функционируют непродолжительное время.

2). Мезоэкосистемы – это совокупность организмов, населяющих конкретную территорию. Это, например, лес или луг, пруд или озеро; К понятию «мезоэкосистема» наиболее близко понятие «биогеоценоз».

3). Макроэкосистема (континент, океан).

4). Глобальная экосистема – это биосфера в целом.

Экосистемы состоят из живого и неживого компонентов, называемых соответственно биотическим и абиотическим. Совокупность живых организмов биотического компонента называется сообществом. Исследование экосистем включает, в частности, выяснение и описание тесных взаимосвязей, существующих между сообществом и абиотическим компонентом.

Неживой, или абиотический, компонент экосистемы в основном включает почву, или воду, и климат. Почва и вода содержат смесь неорганических и органических веществ. Свойства почвы зависят от материнской породы, на которой она лежит, и из которой частично образуется. В понятие климата входят такие параметры, как освещенность, температура и влажность, в большой степени определяющий видовой состав организмов, успешно развивающихся в данной экосистеме. Для водных экосистем очень существенна также степень солености.

Биотический компонент полезно подразделить на *автотрофные* и *гетеротрофные* организмы. Таким образом, все живые организмы попадут в одну из двух групп. Автотрофы синтезируют необходимые им органические соединения из простых неорганических веществ, в основном, с помощью фотосинтеза, используя свет как источник энергии, за исключением хемотрофных бактерий. Гетеротрофы нуждаются в источнике органического вещества и (за исключением некоторых бактерий) используют химическую энергию, содержащуюся в потребляемой пище. Гетеротрофы в своем существовании зависят от автотрофов, и понимание этой зависимости необходимо для понимания экосистем.

С биологической точки зрения, в состав экосистем входят следующие компоненты:

1) **неорганические вещества** (С, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.), включающиеся в круговороты;

2) **органические соединения** (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и т. д.), связывающие биотическую и абиотические части;

3) **воздушная, водная и субстратная среда**, включающая климатический режим и другие физические факторы;

4) **продуценты**, автотрофные организмы (зеленые растения, синезеленые водоросли, фото- и хемосинтезирующие бактерии), производящие пищу из простых неорганических веществ;

5) **консументы**, или фаготрофы (от греч. phagos – пожиратель), – гетеротрофные организмы, главным образом животные, питающиеся другими организмами или частицами органического вещества;

б) **редуценты и детритофаги** – гетеротрофные организмы, в основном бактерии и грибы, получающие энергию либо путем разложения мертвых тканей, либо путем поглощения растворенного органического вещества, выделяющегося самопроизвольно или извлеченного сапрофитами из растений и других организмов.

Консументы питаются живым (**биофаги**) или мертвым (**сапрофаги**) органическим материалом. Среди биофагов могут быть выделены **растительоядные (травоядные)** организмы или фитофаги (**первичные консументы**), к ним относятся и повреждающие растения вирусы, грибы и паразитические сосудистые растения), **хищники** (вторичные консументы, в том числе и паразиты первичных консументов) и конечные потребители – **вершинные хищники** (третичные консументы).

Экологические факторы подразделяются на абиотические (факторы неживой природы); биотические факторы (влияние живых организмов); антропогенные факторы (влияние человека на окружающую среду).

В экосистеме пищевые и энергетические связи между категориями всегда однозначны и идут в направлении:

**автотрофы → гетеротрофы.**

Или в более полном виде:

**автотрофы → консументы → редуценты (деструкторы).**

Внутри экосистемы содержащие энергию органические вещества создаются автотрофными организмами и служат пищей (источником вещества и энергии) для гетеротрофов. Типичный пример, животное поедает растения. Это животное в свою очередь может быть съедено другим животным, и таким путем может происходить перенос энергии через ряд организмов – каждый последующий питается предыдущим, поставляющим, поставляющим ему сырье и энергию. Такая последовательность переноса энергии называется **пищевой (трофической) цепью**, а место каждого звена в цепи – **трофическим уровнем**. Первый трофический уровень занимают автотрофы, или так называемые **продуценты**. Организмы второго трофического уровня называются **первичными консументами**, третьего –

**вторичными консументами** и т. д. Обычно бывает четыре или пять трофических уровней и редко больше шести.

Рассмотрим трофические уровни по отдельности.

**Продуценты.** Продуцентами являются автотрофные организмы, в основном зеленые растения. Некоторые прокариоты, а именно сине-зеленые водоросли и немногочисленные виды бактерий, тоже фотосинтезируют, но их вклад относительно невелик. Они превращают солнечную энергию (энергию света) в химическую энергию, заключенную в органических молекулах, из которых построены ткани. Небольшой вклад в продукцию органического вещества вносят и хемосинтезирующие бактерии, извлекающие энергию из неорганических соединений.

В водных экосистемах главными продуцентами являются водоросли – часто мелкие одноклеточные организмы, составляющие фитопланктон поверхностных слоев океанов и озер. На суше большую часть первичной продукции поставляют более высокоорганизованные формы, относящиеся к голосеменным и покрытосеменным. Они формируют леса и луга.

**Первичные консументы** питаются первичными продуцентами, т.е. это травоядные животные. На суше типичными травоядными являются многие насекомые, рептилии, птицы и млекопитающие. Наиболее важные группы травоядных млекопитающих – это грызуны и копытные. К последним относятся пастбищные животные, такие, как лошади, овцы, крупный рогатый скот, приспособленные к бегу на кончиках пальцев.

В водных экосистемах (пресноводных и морских) травоядные формы представлены обычно моллюсками и мелкими ракообразными. Большинство этих организмов – ветвистоусые и веслоногие раки, личинки крабов, усонogie раки и двустворчатые моллюски (например, мидии и устрицы) – питаются, отфильтровывая мельчайших первичных продуцентов из воды. Вместе с простейшими многие из них составляют основную часть зоопланктона, питающегося фитопланктоном. Жизнь в океанах и озерах практически полностью зависит от планктона, так как с него начинаются почти все пищевые цепи.

К первичным консументам относятся также паразиты растений (грибы, растения и животные).

**Консументы второго и третьего порядка.** Вторичные консументы питаются травоядными; таким образом, это уже плотоядные

животные, так же как и третичные консументы, поедающие консументов второго порядка. Консументы второго и третьего порядка могут быть хищниками и охотиться, схватывать и убивать свою жертву, могут питаться падалью или быть паразитами. В последнем случае они по величине меньше своих хозяев. Пищевые цепи паразитов необычны по ряду параметров. В типичных пищевых цепях хищников плотоядные животные оказываются крупнее на каждом следующем трофическом уровне:

*Растительный материал (например, нектар) → муха →  
→ паук → землеройка → сова*

*Сок розового куста → тля → божья коровка → паук →  
→ насекомоядная птица → хищная птица*

В типичных пищевых цепях, включающих паразитов, последние становятся меньше по размерам на каждом следующем уровне.

**Редуценты и детритофаги (детритные пищевые цепи).** Существуют два главных типа пищевых цепей – пастбищные и детритные. Выше были приведены примеры пастбищных цепей, в которых первый трофический уровень занимают зеленые растения, второй – пастбищные животные и третий – хищники. Тела погибших растений и животных еще содержат энергию и «строительный материал», так же как и прижизненные выделения, например, моча и фекалии. Эти органические материалы разлагаются микроорганизмами, а именно грибами и бактериями, живущими как сапрофиты на органических остатках (редуцентами). Они выделяют пищеварительные ферменты на мертвые тела или отходы жизнедеятельности и поглощают продукты их переваривания. Скорость разложения может быть различной. Органические вещества экскрементов и трупов животных потребляются за несколько недель, тогда как упавшие деревья и ветви могут разлагаться многие годы. Очень существенную роль в разложении древесины (и других растительных остатков) играют грибы, которые выделяют фермент целлюлазу, размягчающий древесину, и это дает возможность мелким животным проникать внутрь и поглощать размягченный материал.

Кусочки частично разложившегося материала называют детритом, и многие мелкие животные (детритофаги) питаются им, ускоряя процесс разложения. Поскольку в этом процессе участвуют как истинные редуценты (грибы и бактерии), так и детритофаги (животные), и тех и других иногда называют редуцентами, хотя в действи-

тельности этот термин относится только к сапрофитным организмам.

Детритофагами могут в свою очередь питаться более крупные организмы, и тогда создается пищевая цепь другого типа – цепь, начинающаяся с детрита:

**Детрит → детритофаг → хищник**

К детритофагам лесных и прибрежных сообществ относятся дождевой червь, мокрица, личинка падальной мухи (лес), полихета, багрянка, голотурия (прибрежная зона).

Приведем две типичные детритные пищевые цепи наших лесов:

*Листовая подстилка → Дождевой червь →  
→ Черный дрозд → Ястреб-перепелятник  
Мертвое животное > Личинки падальных мух →  
→ Травяная лягушка → Обыкновенный уж*

Некоторые типичные детритофаги – это дождевые черви, мокрицы, двупарноногие и более мелкие (<0,5 мм) животные, такие, как клещи, ногохвостки, нематоды и черви-энхитреиды.

В схемах пищевых цепей каждый организм бывает представлен как питающийся другими организмами какого-то одного типа. Однако реальные пищевые связи в экосистеме намного сложнее, так как животное может питаться организмами разных типов из одной и той же пищевой цепи или даже из разных пищевых цепей. Это в особенности относится к хищникам верхних трофических уровней. Некоторые животные питаются как другими животными, так и растениями; их называют всеядными или полифагами (таков, в частности, и человек). В действительности пищевые цепи переплетаются таким образом, что образуется **пищевая (трофическая) сеть**.

В схеме пищевой сети могут быть показаны только некоторые из многих возможных связей, и она обычно включает лишь одного или двух хищников каждого из верхних трофических уровней. Такие схемы иллюстрируют пищевые связи между организмами в экосистеме и служат основой для количественного изучения экологических пирамид.

### **Экологические пирамиды**

**Пирамиды численности.** Для изучения взаимоотношений между организмами в экосистеме и для графического представления этих взаимоотношений удобнее использовать не схемы пищевых сетей, а

экологические пирамиды. При этом сначала подсчитывают число различных организмов на данной территории, сгруппировав их по трофическим уровням. После таких подсчетов становится очевидным, что численность животных прогрессивно уменьшается при переходе от второго трофического уровня к последующим. Численность растений первого трофического уровня тоже нередко превосходит численность животных, составляющих второй уровень. Это можно отобразить в виде пирамиды численности.



Рис. 5. Пирамида численности.

Для удобства количество организмов на данном трофическом уровне может быть представлено в виде прямоугольника, длина (или площадь) которого пропорциональна числу организмов, обитающих на данной площади (или в данном объеме, если это водная экосистема). На рисунке 10 показана пирамида численности, отображающая реальную ситуацию в природе. Хищники, расположенные на высшем трофическом уровне, называются вершинными (конечными) хищниками. При этом установлено основное правило – в любой среде растений больше, чем животных; травоядных больше, чем плотоядных, насекомых больше, чем птиц и т.д.

**Пирамида биомассы.** Отражает более полно пищевые взаимоотношения в экосистеме, так как в ней учитывается суммарная масса организмов (**биомасса**) каждого трофического уровня. Прямоугольники в пирамидах биомассы отображают массу организмов каждого трофического уровня, отнесенную к единице площади или объема. Форма пирамиды биомассы нередко сходна с формой пирамиды численности. Характерно уменьшение биомассы на каждом следующем трофическом уровне.

**Пирамида энергии.** Наиболее фундаментальным способом отображения связей между организмами на разных трофических уровнях служат пирамиды энергии. Они представляют эффективность преобразования энергии и продуктивность пищевых цепей, строятся подсчетом количества энергии (ккал), аккумулированной единицей

поверхности за единицу времени и используемой организмами на каждом трофическом уровне. Так, можно относительно легко определить количество энергии, накопленной в биомассе, и сложнее оценить общее количество энергии, поглощенной на каждом трофическом уровне.



Рис. 6. Пирамида биомассы.



Рис. 7. Пирамида энергии.

Построив график можно констатировать, что деструкторы, значимость которых представляется небольшой в пирамиде биомассы, а в пирамиде численности наоборот, получают значительную часть энергии, проходящей через экосистему. При этом только часть всей этой энергии остается в организмах на каждом трофическом уровне экосистемы и сохраняется в биомассе, остальная часть используется для удовлетворения метаболических потребностей живых существ: поддержание существования, рост, воспроизводство. По закону пирамиды энергий (правило 10% или Линдемана) – с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой ее уровень не более 10% энергии. Более того, животные также расходуют значительное количество энергии и для мышечной работы.

#### Задания для самоподготовки

1. Что понимают под экосистемой?
2. Что такое биоценоз?
3. Что относится к продуцентам?

4. Чем отличаются консументы 1-го порядка от консументов 2-го порядка?
5. Что называется пищевой цепью?

### Ситуационные задачи

1. В чем состоит экологическое значение принципа биологического накопления?
2. Что такое биомасса экосистемы и каковы экологические последствия ее нестабильности?
3. Как отражается трофическая структура экосистем экологическими пирамидами численности, биомассы, продукции (энергии).
4. Что такое цикличность экосистем, как и какими факторами она обусловлена?
5. В чем сущность первичной и вторичной сукцессии?
6. Эвтрофирование, к чему оно приводит?

### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Биогеоценоз – это совокупность:
  - а) популяций разных видов;
  - б) видов животных, растений, грибов и микроорганизмов;
  - в) растительных и животных организмов;
  - г) организмов и окружающей их неживой природы.
2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Абиотическая часть биогеоценоза называется:
  - а) экотипом;
  - б) экотопом;
  - в) геоценозом;
  - г) биоценозом
3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Экосистема – это:
  - а) совокупность организмов и неорганических компонентов на определенной территории, в которой поддерживается круговорот веществ;
  - б) совокупность организмов разных видов, взаимосвязанных между собой и обитающих на определенной территории;

- в) совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории;
- г) совокупность организмов, обитающих на определенной территории, а также неорганических компонентов.

4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Роль продуцентов в экосистемах заключается:
  - а) в создании запаса неорганических соединений;
  - б) в разложении мертвого органического вещества;
  - в) в потреблении готового органического вещества;
  - г) в создании органического вещества за счет неорганических соединений.
5. Выберите правильные ответы (от 0 до 4) из предложенных вариантов. Из перечня организмов консументами I порядка выступают:
  - 1) лось;
  - 2) волк;
  - 3) баран;
  - 4) дизентерийная амеба.

## ТЕМА 6. ДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЭКОСИСТЕМАХ (4 часа)

**Цель занятия.** Изучить динамические изменения в экосистемах; освоить понятия «флуктуация», «сукцессия», «климакс» экосистем, их классификацией; ознакомиться с закономерностями прохождения этих явлений.

В экосистемах постоянно происходят изменения в состоянии и жизнедеятельности их членов и соотношении популяций. Многообразные изменения, происходящие в любом сообществе, относят к двум основным типам: циклические и поступательные.

**Циклические изменения** сообществ отражают суточную, сезонную и многолетнюю периодичность внешних условий, и проявления эндогенных ритмов организмов. Суточная динамика экосистем связана главным образом с ритмикой природных явлений и носит строго периодический характер. Это объясняется разной активностью в течение суток отдельных групп организмов в биоценозе (одни активны днем, другие – ночью). Суточную динамику био-



ценоза обеспечивают как животные, так и растения. Как известно, у растений в течение суток изменяются интенсивность и характер физиологических процессов – ночью не происходит фотосинтез, нередко у растений цветки раскрываются только в ночные часы и опыляются ночными животными, другие приспособлены к опылению днем. Чем значительнее разница температур, влажности и других факторов среды днем и ночью, тем сильнее выражена суточная динамика в биоценозах.

Более значительные отклонения в биоценозах наблюдаются при сезонной динамике. Это обусловлено биологическими циклами организмов, которые зависят от сезонной цикличности явлений природы. Так, смена времени года значительное влияние оказывает на жизнедеятельность животных и растений (спячка, зимний сон, диапауза и миграции у животных; периоды цветения, плодоношения, активного роста, листопада и зимнего покоя у растений).

Многолетнюю изменчивость биоценозов можно объяснить, например, резким колебанием количества осадков по годам (смена господствующих видов в луговых ценозах в зависимости от увлажненности почвы в разные годы), а также периодическими изменениями общей циркуляции атмосферы, в свою очередь, обусловленной усилением или ослаблением солнечной активности.

В процессе суточной и сезонной динамики целостность биоценозов обычно не нарушается. Биоценоз испытывает лишь периодические колебания качественных и количественных характеристик. Такое явление еще называют и флуктуацией (от лат. *fluctuation* – колебания).

**Поступательные изменения** в экосистеме приводят в конечном итоге к смене одного биоценоза другим, с иным набором господствующих видов. Причинами подобных смен могут являться внешние по отношению к биоценозу факторы, действующие длительное время в одном направлении, например увеличивающееся загрязнение водоемов, возрастающее в результате мелиорации, иссушения болотных почв, усиленный выпас скота и т.д. Данные смены одного биоценоза другим называют **экзогенетическими**. В том случае, когда усиливающее влияние фактора приводит к постепенному упрощению структуры биоценоза, обеднению их состава, снижению продуктивности, подобные смены называют **дигрессивными или дигрессиями**.

**Эндогенетические смены** возникают в результате процессов, которые происходят внутри самого биоценоза. **Необратимая во времени последовательная смена одного биоценоза другим называется экологической сукцессией** (от лат. *succession* – последовательность, смена). Сукцессия является процессом саморазвития экосистем. В основе сукцессии лежит неполнота биологического круговорота в данном биоценозе. Известно, что живые организмы в результате жизнедеятельности меняют вокруг себя среду, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами метаболизма. При сравнительно длительном существовании популяций они меняют свое окружение в неблагоприятную сторону и как результат – оказываются вытесненными популяциями других видов, для которых вызванные преобразования среды оказываются экологически выгодными. В биоценозе происходит, таким образом, смена господствующих видов. Здесь четко прослеживается **правило** (принцип) **экологического дублирования**.

Пример сукцессии, приводящей к смене одного сообщества другим, – зарастание небольшого озера с последующим появлением на его месте болота, а затем леса.

Вначале по краям озера образуется сплавна – плавающий ковер из осок, мхов и других растений. Постоянно озеро заполняется отмершими остатками растений – торфом. Образуется болото, постепенно зарастающее лесом. Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется **сукцессионной серией**.

Сукцессии в природе чрезвычайно разномасштабны. Их можно наблюдать в лужах и прудах, на болотах, лугах, в лесах, на заброшенных пашнях, выветрившихся скалах и др.

**Типы сукцессионных смен.** Выделяют два главных типа сукцессионных смен:

- 1 – с участием автотрофного и гетеротрофного населения;
- 2 – с участием только гетеротрофов.

Сукцессии второго типа совершаются лишь в таких условиях, где создается предварительный запас или постоянное поступление органических соединений, за счет которых и существует сообщество: в кучах или буртах навоза, в разлагающейся растительной массе, в загрязненных органическими веществами водоемах и т. д.

**Процесс сукцессии.** По Ф. Клементсу (1916), процесс сукцессии состоит из следующих этапов:

1. *Возникновение незанятого жизнью участка.*
2. *Миграция на него различных организмов или их зачатков.*
3. *Приживание их на данном участке.*
4. *Конкуренции их между собой и вытеснение отдельных видов.*
5. *Преобразование живыми организмами местообитания, постепенной стабилизации условий и отношений.*

Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными и вторичными.

**Первичной сукцессией** называется процесс развития и смены экосистем на незаселенных ранее участках, начинающихся с их колонизации. Классический пример – постоянное обрастание голых скал с развитием в конечном итоге на них леса. Такие сукцессии в геоботанике называют **экогенетическими**, так как они ведут к преобразованию самого местообитания.

**Вторичная сукцессия** – это восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории. Она начинается в том случае, если уже в сложившемся биоценозе нарушены установившиеся взаимосвязи организмов в результате извержения вулкана, пожара, вырубки, вспашки и т. д. Смены, ведущие к восстановлению прежнего биоценоза, получили название в геоботанике **демутационных**. Примером может служить динамика видового разнообразия на покинутом сельскохозяйственном участке, которую можно разделить на 4 стадии.

Первая стадия травянистой растительности длится около 10 лет.

Вторая стадия кустарников – от 10 до 25 лет.

Третья стадия лиственных деревьев – от 25 до 100 лет.

Четвертая стадия хвойных деревьев – более 100 лет.

Вторичные сукцессии совершаются, как правило, быстрее и легче, чем первичные, так как в нарушенном местообитании сохраняется почвенный профиль, семена, зачатки и часть прежнего населения и прежних связей. Демутация не является повторением какого-либо этапа первичных сукцессий.

**Климаксовая экосистема.** Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность и дальнейшей смены ее состава не происходит.

Такое равновесное состояние называют **климаксом**, а экосистему – **климаксовой**. В разных абиотических условиях формируются неодинаковые климаксовые экосистемы. В жарком и влажном климате это будет дождевой тропический лес, в сухом и жарком – пустыня. Основные биомы земли – это климаксовые экосистемы соответствующих географических областей.

**Изменения в экосистеме во время сукцессии. Продуктивность и биомасса.** Сукцессия является закономерным, направленным процессом, а изменения, которые происходят на той или иной ее стадии, свойственны любому сообществу и не зависят от его видового состава или географического местоположения. Основными называют четыре типа сукцессионных изменений.

1. *В процессе сукцессии виды растений и животных непрерывно сменяются.*

2. *Сукцессионные изменения всегда сопровождаются повышением видового разнообразия организмов.*

3. *Биомасса органического вещества увеличивается по ходу сукцессии.*

4. *Снижение чистой продукции сообщества и повышение интенсивности дыхания – важнейшие явления сукцессии.*

Смена фаз сукцессии идет в соответствии с определенными правилами.

Каждая фаза готовит среду для возникновения последующей, согласно **закону последовательности прохождения фаз развития**: фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно закрепленном (исторически, экологически обусловленном) порядке, обычно от относительно простого к сложному. Как правило, это происходит без выпадения промежуточных этапов, а иногда, с очень быстрым их прохождением или эволюционно закрепленным отсутствием. Когда экосистема приближается к состоянию климакса, в ней происходит замедление всех процессов развития, что объясняется **законом сукцессионного замедления**: процессы, идущие в зрелых равновесных экосистемах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденцию к снижению темпов. Эмпирический закон сукцессионного замедления является следствием **правила Г. Одум и Р. Пинкертон, или правила максимума энергии поддержания зрелой системы**: сукцессия идет в направлении фундаментального сдвига потока энергии в сторону увеличения ее

количества, направленного на поддержание системы. Таким образом, экосистема в сукцессионном развитии стремится к образованию наибольшей биомассы при наименьшей биологической продуктивности.

Сукцессии сопровождаются повышением продуктивности вплоть до климаксового сообщества, в котором превращение энергии происходит наиболее эффективно.

При переходе к климаксовому сообществу обычно происходит снижение общей продуктивности.

По мере прохождения сукцессии все большая доля доступных питательных веществ накапливается в биомассе сообщества и их содержание в абиотическом компоненте экосистемы (в почве или воде) уменьшается.

Возрастает также количество образующегося детрита. Главными первичными консументами становятся не травоядные, а детритоядные организмы. Соответствующие изменения происходят и в трофических сетях. Детрит становится основным источником питательных веществ.

Разнообразие видов формирует сукцессию, ее направление, обеспечивает заполненность реального пространства жизнью. При снижении разнообразия видов сукцессия не достигает фазы климакса, а заканчивается узловым сообществом – *параклимаксом*, длительно или кратковременно производным сообществом.

При потере одного или группы видов в результате их уничтожения (антропогенное исчезновение местообитаний, реже вымирание) достижение климакса не является полным восстановлением природной обстановки. Фактически это новая экосистема, потому что в ней возникли новые связи, утеряны многие старые, сложилась иная «пртертость» видов. В старое состояние экосистема вернуться не может, так как утерянный вид восстановить невозможно.

При изменении любого абиотического или биотического фактора, например, при устойчивом похолодании, интродукции нового вида, который плохо приспособлен к новым условиям, ожидается один из трех путей:

**1. Миграция.** Часть популяции может мигрировать, найти местообитания с подходящими условиями и продолжить там свое существование.

**2. Адаптация.** В генофонде могут присутствовать аллели, которые позволят отдельным особям выжить в новых условиях и оставить потомство. Через несколько поколений, под действием естественного отбора, возникает популяция, хорошо приспособленная к изменившимся условиям существования.

**3. Вымирание.** Если ни одна особь популяции не может мигрировать, опасаясь воздействия неблагоприятных факторов, а те уходят за пределы устойчивости всех индивидов, то популяция вымрет, а ее генофонд исчезает. Если одни виды вымирают, а выжившие особи других размножаются, адаптируются и изменяются под действием естественного отбора, можно говорить об эволюционной сукцессии.

### Задания для самоподготовки

1. С чем связана суточная динамика экосистем?
2. Что называется экологической сукцессией?
3. Каковы масштабы сукцессий?
4. Типы сукцессионных смен?
5. Из каких этапов состоит процесс сукцессии?

### Ситуационные задачи

1. Что такое цикличность экосистем, как и какими факторами она обусловлена?
2. В чем сущность первичной и вторичной сукцессии?
3. Типы сукцессионных изменений?
4. Может ли экосистема вернуться в старое состояние при потере одного или группы видов?
5. Что произойдет с популяцией при изменении любого абиотического или биотического фактора? (приведите примеры)

### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Энергия в пищевых цепях может передаваться:
  - а) на 1-3 трофических звена;
  - б) на 2-4 трофических звена;
  - в) на 3-5 трофических звена;
  - г) на 4-6 трофических звена.

2. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. К правилам составления трофических цепей относятся:

- а) пищевые цепи должны быть замкнутыми;
- б) пищевые цепи могут быть бесконечно длинными, что отражается в трофических сетях;
- в) пищевые цепи являются относительно короткими;
- г) пищевые цепи могут начинаться с детрита;
- д) паразитные пищевые цепи могут начинаться с растительноядного животного.

3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Правильно составленной пастбищной пищевой цепью является:

- а) лев → газель → трава;
- б) клевер → заяц → орел → лягушка;
- в) перенгой → дождевой червь → землеройка → горностай;
- г) трава → зеленый кузнечик → лягушка → уж.

4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Трофическая цепь эксплуататоров может начинаться:

- а) с коровы;
- б) с одуванчика;
- в) с волка;
- г) с гриба боровика.

5. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Трофический уровень определяется как совокупность:

- а) продуцентов, консументов и редуцентов;
- б) организмов, объединяемых типом питания;
- в) автотрофов и гетеротрофов;
- г) организмов, питающихся друг другом.

## ТЕМА 7. БИОТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ В БИОЦЕНОЗАХ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с формами биотических взаимоотношений в биоценозах между организмами; изучить роль этих взаимоотношений в развитии того или иного вида.

Разнообразные формы биотических отношений, в которые вступают те или иные виды в биоценозе, определяют основные условия

их жизни в сообществе, возможности добывания пищи и завоевания нового пространства.

Взаимоотношения между различными организмами называются биотическими связями. Они могут быть прямыми (непосредственное воздействие) и косвенными (опосредованными). Прямые связи осуществляются при непосредственном влиянии одного организма на другой. Косвенные связи проявляются через влияние на внешнюю среду или другой вид.

Прямые и косвенные межвидовые отношения подразделяются на четыре типа: 1) трофические, 2) топические, 3) форические и 4) фабрические.

**Трофические связи** наблюдаются, когда один вид питается другим – либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности.

**Топические связи** характеризуют любое физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Данный вид связей отличается большим разнообразием. Топические связи заключаются в создании одним видом среды для другого, в формировании субстрата, на котором поселяются или избегают поселяться представители других видов, во влиянии на движение воды, воздуха, изменение температуры, освещенности окружающего пространства, в насыщении среды продуктами насыщения и т.д.

В биоценозе трофические и топические связи имеют наибольшее значение, составляют основу его существования. Эти типы отношений удерживают друг возле друга организмы разных видов, объединяя их в сравнительно стабильные сообщества разных масштабов.

**Форические связи** – это участие одного вида в распространении другого. В роли транспортировщиков выступают животные. Перенос животными семян, спор, пыльцы растений называют **зоохорией**. Перенос же животными других, более мелких животных называют **форезией** (от лат. *форас* – наружу, вон). Обычно перенос осуществляется с помощью специальных и разнообразных приспособлений.

**Фабрические связи** – это такой тип биотических отношений, к которым вступает вид, используя для своих сооружений (фабрикации) продукты выделения или мертвые остатки или даже живых особей другого вида.

Влияния организмов друг на друга могут быть различными. Знаком «минус» (-) обозначаются неблагоприятные влияния (особи вида испытывают угнетение), знаком «плюс» (+) – благоприятные влияния (особи вида извлекают пользу), а знак «ноль» (0) показывает, что отношения безразличны (отсутствует влияние).

В целом, все биотические связи можно разделить на 6 групп:

- **популяции не влияют друг на друга (00);**
- **популяции имеют взаимовыгодные связи (++);**
- **отношения вредны для обоих видов (- -);**
- **один из видов получает выгоду, другой испытывает угнетение (+ -);**
- **один вид получает пользу, другой не испытывает вреда (+0);**
- **один вид угнетается, другой не извлекает пользы (- 0);**

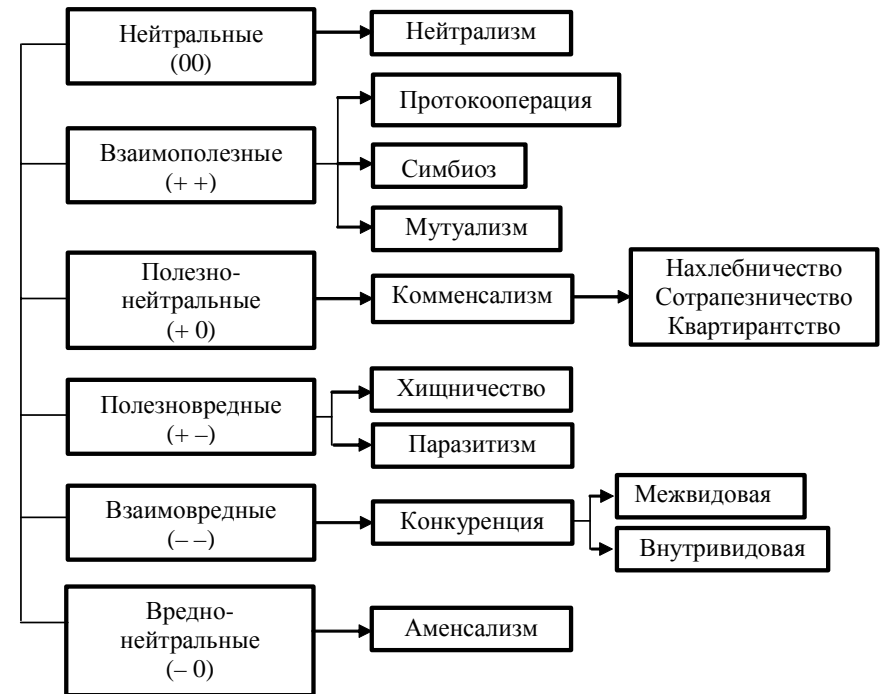
Рассмотрим типы биотических связей подробнее

**Нейтрализм** (00) – тип биотической связи, при которой совместно обитающие организмы (или виды) не влияют друг на друга. В природе истинный нейтрализм крайне редок, поскольку между всеми видами возможны косвенные взаимоотношения.

**Конкуренция** (- -) – тип биотических взаимоотношений, при котором организмы или виды соперничают между собой в потреблении одних и тех же, обычно ограниченных ресурсов. Ресурсы могут быть как пищевого, так и другого рода: наличие мест для выведения потомства, укрытий и т. д.

В случае конкуренции присутствие другого организма или вида, с одной стороны, неблагоприятно для каждого из них, так как часть необходимых ресурсов используется соседом, с другой - это есть одно из проявлений сопротивления среды. Конкуренцию подразделяют на внутривидовую и межвидовую.

Конкуренция чрезвычайно широко распространена в природе. Так, например, растения конкурируют за свет, влагу, питательные вещества почвы и, следовательно, за расширение своей территории. Животные борются за пищевые ресурсы и за убежища (если они в дефиците), то есть, в конечном счете, также за территорию. Конкурентная борьба ослабевает в местностях с редким населением, представленным малым числом видов: например, в арктических или пустынных областях почти нет конкурентной борьбы растений за свет.



**Симбиоз** (++) (от сочетания *sim* – вместе, *bios* – жизнь) – неразделимые взаимополезные связи двух видов, предполагающие обязательное тесное сожительство организмов, иногда даже с элементами паразитизма. Классическим примером симбиоза являются лишайники, представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей.

**Протокооперация** (++) (буквально: первичное сотрудничество) – простой тип симбиотических связей. При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них, т. е. не является непременным условием выживания видов (популяций). Сюда можно отнести распространение муравьями семян некоторых растений леса или опыление пчелами разных луговых растений.

**Мутуализм** (++) – симбиотические взаимоотношения, когда оба сожительствающих вида извлекают взаимную пользу. Таковы, например, взаимоотношения узкоспециализированных к опылению растений с опыляющими их видами насекомых.

**Комменсализм** (+0) – взаимоотношения видов, при которых один из партнеров получает пользу, не нанося ущерб другому.

При комменсализме как полезнейтральных взаимосвязях (+0) выделяют нахлебничество, сотрапезничество, квартирантство.

**Нахлебничество** – потребление остатков пищи хозяина, например взаимоотношения львов и гиен, акул с рыбами-прилипалами.

**Сотрапезничество** – потребление разных веществ или частей их одного и того же ресурса. Например, взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

**Квартирантство** – использование одними видами других (их тел или их жилищ) в качестве убежища или жилища (обитание множества видов членистоногих в норах грызунов и гнездах птиц).

**Аменсализм** (–0) тип межвидовых взаимоотношений, при котором в совместной среде один вид подавляет существование другого вида, не испытывая противодействия. Например: светолюбивые травы, растущие под елью, страдают от сильного затемнения, в то время как сами на дерево не влияют.

**Хищничество** (+–) – такой тип взаимоотношений организмов, при котором представители одного вида убивают и поедают представителей другого. Хищничество – одна из форм пищевых отношений.

Для типичного хищника (волка, рыси, норки) характерно охотничье поведение. Но кроме хищников-охотников существует большая группа хищников-собирателей, способ питания которых заключается в простом поиске и сборе добычи. Таковы, например, многие насекомоядные птицы, собирающие пищу на земле, в траве или на деревьях. Хищничество – широко распространенная форма биотических отношений. В качестве ослабленной формы хищничества можно рассматривать паразитизм.

**Паразитизм** (+–) – это форма взаимоотношений между видами, при которой организмы одного вида (паразита, потребителя) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина) в течение определенного времени. Паразитизм отличается от хищничества тем, что в отличие от настоящего хищника паразит не убивает хозяина сразу. Обычно он использует живого хозяина как место своего временного или постоянного проживания. Паразит из-

нуряет, но не губит хозяина, поскольку последний обеспечивает его существование. Популяция паразита, как правило, больше популяции хозяина.

### Задания для самоподготовки

1. Что называют биотическими связями?
2. Типы прямых и косвенных межвидовых отношений?
3. Чем отличаются трофические связи от топических связей?
4. Как обозначается неблагоприятное влияние одного организма на другой и наоборот положительное влияние?
5. Назовите типы биотических связей?

### Ситуационные задачи

1. В чем состоят отрицательные взаимодействия между видами? (приведите примеры).
2. Чем отличается «Паразитизм» от «Хищничества»? (приведите примеры).
3. В чем состоят положительные взаимодействия между видами?
4. Почему, по мнению Ю. Одума, человек должен установить мутуалистические отношения с природой?

### Тестовые задания

1. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. Экогенетической можно назвать смену сообщества, наступившую в результате:
  - а) неполноты круговорота веществ в данной экосистеме;
  - б) жизнедеятельности видов данной экосистемы;
  - в) усиления выпаса скота;
  - г) увеличения загрязненности водоема в результате антропогенных воздействий;
  - д) мелиорации и иссушения болот.
2. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).
  - а) первичные сукцессии возникают в результате процессов, происходящих внутри самого сообщества;
  - б) в ходе сукцессии происходит формирование более устойчивых комбинаций видов;

- в) все сукцессионные смены идут с участием, как автотрофного, так и гетеротрофного населения;
- г) все сукцессии можно классифицировать на первичные и вторичные смены.
3. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. Примерами первичной сукцессии выступают:
- восстановление елового леса после пожара;
  - зарастание водоема;
  - восстановление лиственного леса после засухи;
  - заселение живыми организмами сыпучих песков;
  - появление живых существ на наносах рек.
4. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).
- ни одна экосистема Земли не имеет полностью замкнутого круговорота веществ;
  - осуществлять круговорот веществ в экосистемах могут только функционально идентичные группы организмов;
  - при изменении химизма среды все остальные компоненты экосистемы благодаря устойчивости остаются неизменными;
  - уничтожение одного вида живых существ может вызвать к полному уничтожению экосистемы.
5. Восстановите последовательность этапов сукцессии по Ф. Клементсу:
- приживание организмов на новом участке.
  - преобразование живыми организмами местообитания, постепенная стабилизация условий и отношений.
  - возникновение незанятого жизнью участка;
  - конкуренция организмов между собой и вытеснение отдельных видов.
  - миграция на незанятый жизнью участок различных организмов или их зачатков.

## ТЕМА 8. СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ И ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с понятием «биосфера», ее развитием; освоить структуру и вещественный состав биосферы; изучить роль живого вещества в биосфере.

**Биосфера** – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Термин «биосфера» впервые был употреблен французским биологом Ж.Б. Ламарком (1744- 1829) и австрийским геологом Э. Зюссом (1831-1914), но более глубоко его изучил в 20-х годах XX столетия русский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863-1945).

Биосфера включает всю гидросферу, верхнюю часть литосферы и нижнюю часть атмосферы, т.е. те части планеты, которые заселены живыми организмами. Следовательно, в ней господствуют 3 фазы вещества: твердое (*литосфера*), жидкое (*гидросфера*) и газовое (*атмосфера*).

*Атмосфера* – наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом. Атмосфера имеет несколько слоев: *тропосфера* – нижний слой, примыкающий к поверхности Земли (высота 9–17 км). В нем сосредоточено около 80% газового состава атмосферы и весь водяной пар; *стратосфера*; *ионосфера* – там «живое вещество» отсутствует. Преобладающие элементы химического состава атмосферы: N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (21%), CO<sub>2</sub> (0,03%).

*Гидросфера* – водная оболочка Земли. Вследствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования. Преобладающие элементы химического состава гидросферы: Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, S, C.

*Литосфера* – внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы. Преобладающие элементы химического состава литосферы: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

Ведущую роль выполняет кислород, на долю которого приходится половина массы земной коры и 92% ее объема, однако кислород прочно связан с другими элементами в главных породообразующих минералах.

Верхняя граница биосферы замыкается озоновым слоем и охватывает всю тропосферу и нижнюю часть стратосферы, достигая в среднем до 25 км от поверхности Земли. Озоновый слой защищает живые организмы от губительного ультрафиолетового излучения Солнца. Озоновый экран является продуктом живого вещества, поскольку образуется за счет кислорода.

Внизу биосферу окружают метаморфические породы и гранитная оболочка, т.е. область былых биосфер, поскольку в их формировании в прошлом участвовало живое вещество. Нижняя граница биосферы в среднем проходит на глубине 3-4 км от поверхности суши (изотерма 100°C) и 0,5 км ниже дна океана.

Таблица 1 – Эволюция развития биосферы

Время сгущения межзвездного вещества и образования планеты Земля	4,5...5 млрд. лет назад
Стадия безжизненного геологического развития	3...4,5 млрд. лет назад
Появление автотрофных бактерий, сине-зеленых водорослей в водах суши и океане; начало примитивного скального и подводного почвообразования	2,5...3 млрд. лет назад
Начало фотосинтеза, развитие водорослей, лишайников, мхов, формирование первоначальной биосферы и усложнение примитивного почвообразования	1,0...1,5 млрд. лет назад
Развитие и господство лесной растительности на суше, формирование кислородной составляющей атмосферы, мощных аллитных кор выветривания, болотно-аккумулятивного и кислого почвенного покрова, развитая биосфера	0,3...0,5 млрд. лет назад
Остепнение суши, появление травянистой растительности, формирование современного лика материков, природных зон, биосферы, развитого почвообразования, постепенное похолодание, сухость	30...100 млн. лет назад
Ледниковые и межледниковые эпохи, появление человека	2...3 млн. лет назад
Постледниковая эпоха	10...20 тыс. лет назад
Агрокультура и техногенно-индустриальная эпоха	10 тыс. лет назад – наше время

С геохимической точки зрения выделяют 2 стадии исторического развития биосферы:

**1. Анаэробная стадия**, когда живое вещество использовало энергию брожения и хемосинтеза, при этом атмосфера была лишена свободного молекулярного кислорода и озонового слоя.

**2. Аэробная стадия**, формировавшаяся постепенно и использовавшая энергетически более выгодный окислительный метаболизм. Образование озонового экрана позволило аэробной жизни распространиться на всю поверхность океанов и суши.

**Вещественный состав биосферы.** По В.И. Вернадскому в биосфере различают **4 категории веществ**:

**1. Живое вещество** – активная биомасса планеты, заряженная геохимической энергией, способная перерабатывать почти все другие вещества. Живое вещество по своей массе занимает ничтожную долю по сравнению с любой из верхних оболочек земного шара. По современным оценкам, общее количество массы живого вещества в наше время равно 2420 млрд. т. Если равномерно распределить живое вещество по Земле, то его слой составит 5 мм.

**2. Биогенное вещество**, возникло в результате концентрации отходов жизненных процессов (каменный уголь, нефть, графит, торф, известняк, металлические руды, свободная сера, фосфориты, метан, углекислота, азот, кислород и т.д.). Эти вещества могут содержать большие количества зарезервированной энергии.

**3. Биокосное вещество**, образовавшееся в результате сложных взаимодействий живого и косного веществ (почва, кора выветривания, природные воды, осадочные породы). Эти вещества соединяют в себе свойства живых и неживых веществ.

**4. Косное вещество** – это вещество еще не взаимодействовавшее с живым веществом (застывшая лава, вулканический пепел и выброшенные из вулканов ювенильные газы, метеориты, космическая пыль). Сюда также относятся элементы, проходящие через организмы, не взаимодействуя с ними (инертные газы и металлы). С течением времени косные вещества, за исключением недействительных, обрабатываются живым веществом и переходят в категорию биокосных веществ.

Длительное время считалось, что *живое* отличается от *неживого* такими свойствами, как обмен веществ, подвижность, раздража-



емость, рост, размножение, приспособляемость. Однако порознь все эти свойства встречаются и среди неживой природы, а, следовательно, не могут рассматриваться как специфические свойства живого.

Решающее отличие живого вещества от косного заключается в следующем:

- изменения и процессы в живом веществе происходят значительно быстрее, чем в косных телах. Поэтому для характеристики изменений в живом веществе используется понятие исторического, а в косных телах – геологического времени. *Для сравнения: секунда геологического времени соответствует примерно ста тысячам лет исторического;*

- в ходе геологического времени возрастают мощь живого вещества и его воздействие на косное вещество биосферы. Это воздействие проявляется прежде всего в непрерывном биогенном потоке атомов из живого вещества в косное вещество биосферы и обратно;

- только в живом веществе происходят качественные изменения организмов в ходе геологического времени. Процесс и механизмы этих изменений впервые нашли объяснение в теории происхождения видов путем естественного отбора Ч. Дарвина (1859 г.);

- живые организмы изменяются в зависимости от изменения окружающей среды, адаптируются к ней и, согласно теории Дарвина, именно постепенное накопление таких изменений служит источником эволюции.

По своему активному воздействию на окружающую среду живое вещество занимает особое место и качественно резко отличается от других веществ. По мнению В.И. Вернадского, живое вещество – самая активная форма материи во Вселенной. Оно проводит гигантскую геохимическую работу в биосфере, полностью преобразовав верхние оболочки Земли за время своего существования. Все живое вещество нашей планеты составляет 1/11000000 часть массы всей земной коры. В качественном же отношении живое вещество представляет собой наиболее организованную часть материи Земли.

По химическому составу главными составными частями живого вещества являются элементы, широко распространенные в природе (атмосфере, гидросфере, литосфере): водород, углерод, кислород, азот, фосфор и сера. Эти элементы называются *биофильными*. Их атомы создают в живых организмах сложные молекулы в сочетании с водой и минеральными солями. Эти молекулярные постройки представ-

лены углеводами, липидами, белками и нуклеиновыми кислотами. Перечисленные части живого вещества находятся в организмах в тесном взаимодействии. Окружающий нас мир живых организмов биосферы представляет собой сочетание различных биологических систем разной структурной упорядоченности и разного организационного положения. В связи с этим выделяют разные уровни существования живого вещества – от крупных молекул до растений и животных различных организаций.

**1. Молекулярный** (генетический) – самый низкий уровень, на котором биологическая система проявляется в виде функционирования биологически активных крупных молекул – белков, нуклеиновых кислот, углеводов. С этого уровня наблюдаются свойства, характерные исключительно для живой материи: обмен веществ, протекающий при превращении лучистой и химической энергии, передача наследственности с помощью ДНК и РНК. Этому уровню свойственна устойчивость структур в поколениях.

**2. Клеточный** – уровень, на котором биологически активные молекулы сочетаются в единую систему. В отношении клеточной организации все организмы подразделяются на одноклеточные и многоклеточные.

**3. Тканевый** – уровень, на котором сочетание однородных клеток образует ткань. Он охватывает совокупность клеток, объединенных общностью происхождения и функций.

**4. Органный** – уровень, на котором несколько типов тканей функционально взаимодействуют и образуют определенный орган.

**5. Организменный** – уровень, на котором взаимодействие ряда органов сводится в единую систему индивидуального организма. Представлен определенными видами организмов.

**6. Популяционно-видовой**, где существует совокупность определенных однородных организмов, связанных единством происхождения, образом жизни и местом обитания. На этом уровне происходят элементарные эволюционные изменения в целом.

**7. Биоценоз и биогеоценоз** (экосистема) – более высокий уровень организации живой материи, объединяющий разные по видовому составу организмы. В биогеоценозе они взаимодействуют друг с другом на определенном участке земной поверхности с однородными абиотическими факторами.

8. **Биосферный** – уровень, на котором сформировалась природная система наиболее высокого ранга, охватывающая все проявления жизни в пределах нашей планеты. На этом уровне происходят все круговороты веществ в глобальном масштабе, связанные с жизнедеятельностью организмов.

Живое вещество устойчиво только в живых организмах, оно стремится заполнить собой все возможное пространство. Данное явление В.И. Вернадский называл «давлением жизни».

#### Задания для самоподготовки

1. Что такое биосфера и чем она отличается от других оболочек Земли?
2. Из чего состоят абиотические и биотические части биосферы как глобальной экосистемы?
3. Что понимал В.И. Вернадский под живым веществом и какие биохимические принципы лежат в основе биогенной миграции?
4. Назовите уровни существования живого вещества.

#### Ситуационные задачи

1. Как отличить живое вещество от косного?
2. Почему в ходе геологического времени возрастает мощь вещества и его воздействие на косное вещество биосферы?
3. Как объяснить, что живое вещество – самая активная форма материи во Вселенной?

#### Тестовые задания

1. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Биосфера – это:
  - а) оболочка Земли, в которой существуют и взаимодействуют с окружающей средой живые существа;
  - б) оболочка Земли, включающая часть литосферы, гидросферы и атмосферы;
  - в) оболочка Земли, в которой существует человечество;
  - г) оболочка, включающая часть природы Земли, не тронутую деятельностью человека.
2. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. В литосфере распространение жизни ограничивают:
  - а) высокая температура;

- б) низкая температура;
- в) отсутствие света;
- г) излучения;
- д) высокое давление.

3. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Верхняя граница биосферы проходит на высоте:

- а) 1-2 км;
- б) 10-12 км;
- в) 16-20 км;
- г) 100-120 км.

4. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. Граница биосферы в литосфере находится на глубине:

- а) 2 км;
- б) 3 км;
- в) 10 км;
- г) 22 км.

5. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. В состав биосферы согласно учению В.И. Вернадского входят:

- а) биогенное вещество;
- б) косное вещество;
- в) космогенное вещество;
- г) биокосное вещество;
- д) живое вещество.

6. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4):

- а) биогенное вещество биосферы создается одновременно живыми организмами и косными процессами;
- б) после образования биогенного вещества живые организмы продолжают проявлять в нем свою активность;
- в) биокосное вещество биосферы – это нефть, газ, уголь;
- г) к биокосному веществу биосферы относятся все воды гидросферы.

#### ТЕМА 9. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ (4 часа)

**Цель занятия.** Ознакомиться с круговоротом энергии и основных веществ биосферы.

Как уже было сказано ранее, кругооборотом веществ называют их многократное участие в естественных процессах, которые извечно происходят в геосферах и большую роль в этом играют живые организмы.

Различают так называемый **малый (биологический) круговорот**, стабилизирующий биосферу в течение сравнительно ограниченного времени существования входящих в неё экосистем, и **большой (геологический) круговорот**, совершаемый в течение нескольких геологических периодов с вовлечением в него глубинных слоев литосферы, поднимаемых на поверхность тектоническими силами или вулканической деятельностью. Первый более ярко проявляется в жизненных процессах биосферы, второй – в круговороте воды и циркуляции атмосферы. Биологический круговорот веществ развивается на основе большого и имеет ряд циклов. Циркуляция веществ происходит между почвой, растениями, животными и микроорганизмами. В результате жизнедеятельности организмов происходит круговорот углерода, кислорода, азота, фосфора, водорода и других элементов, которые непрерывно циркулируют в живых организмах и среде.

**Круговорот энергии.** Основным источником энергии для биогенной и не биогенной миграции атомов в биосфере служит Солнечная радиация. В течение года на каждый  $1 \text{ см}^2$  верхней границы атмосферы поступает 250 ккал энергии. А поверхность Земли с учетом потерь получает в среднем  $108 \text{ ккал/см}^2$  в год световой энергии. На фотосинтез расходуется  $0,1-0,2 \text{ ккал/см}^2$  в год. Немаловажную роль играют также тектоническая и гравитационная энергии.

**Круговорот воды.** В биосфере вода распространена в трёх физических фазах (жидкое, твердое и газообразное). Водный характер биосферы явился в своё время важнейшим условием для возникновения жизни.

Общий запас воды в биосфере составляет около 1500 млн.  $\text{км}^3$ , причём около 97% приходится на жидкую солёную воду (средняя толщина слоя равна 2700-2800 м). Условная толщина пресной воды выражается следующими цифрами: лёд – 50 м; грунтовые воды – 15 м; озёра и реки – 0,4 м; водяной пар – всего 0,03 м. В Российской Федерации сосредоточено 10% запасов пресной воды мира.

В год с поверхности океана в среднем испаряется около 116-124 см воды, с суши – около 47 см. В то же время в океан выпадает 107-114 см осадков и вливается с речным стоком около 10 см. На

сушу выпадает в среднем 57 см осадков. Таким образом, и на море, и на суше расход и приход воды балансируется. Балансируется и общий обмен водой между океаном и сушей. Полный круговорот воды океана (путём испарения) происходит примерно за 10 млн. лет.

**Круговорот кислорода.** В первичной атмосфере Земли кислорода было мало или совсем не было, поэтому первые организмы были анаэробными. Накопление кислорода началось в докембрии и он по сути является биогенным (образуется в результате фотосинтеза). Сейчас запасы свободного кислорода оцениваются приблизительно в  $1,6 \cdot 10^{15}$  т. Кислород является самым распространенным элементом на Земле. В гидросфере его содержится 85,82% по массе, в литосфере 47%, в атмосфере 23,15%.

В живых организмах содержится в среднем около 70% кислорода. Он входит в состав большинства органических соединений (белков, жиров, углеводов и т.д.). Свободный кислород играет большую роль в биохимических и физиологических процессах, особенно в аэробном дыхании. В целом, в круговороте кислорода в биосфере основную роль играют живые организмы. Обновление свободного кислорода атмосферы за счет фотосинтеза происходит примерно за 2000 лет.

В верхних слоях атмосферы при действии ультрафиолетовой радиации на кислород образуется **озон** ( $\text{O}_3$ ), который служит своеобразным УФ-фильтром: задерживает значительную часть жестких ультрафиолетовых лучей, делая возможным жизнь на Земле.

**Круговорот углерода.** Основным резервным фондом углерода в биосфере является  $\text{CO}_2$  атмосферы. Поэтому круговорот углерода целесообразно рассматривать на примере газового баланса  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Нельзя забывать, что определенную роль при этом играет и угарный газ (СО), являясь продуктом горения.

Ежегодно зеленые растения Земли извлекают из атмосферы до 300 млрд. т  $\text{CO}_2$ , что совпадает с итоговым поступлением этого газа в атмосферу от разных источников (дыхание живых организмов, промышленность, транспорт и т.д.).

**Круговорот азота.** Азот – незаменимый биогенный элемент, так как входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Этот элемент составляет около 79% атмосферного воздуха. В биомассе литосферы содержится около 10 млрд. т азота, а в биомассе гидросферы около 300 млн. т. В биомассе азот находится в составе животных и растительных белков и аминокислот.

Естественный цикл азота является более сложным, чем углерода. Большинство биологических форм не могут усваивать газообразный азот. Поэтому сначала происходит фиксация азота - превращение  $N_2$  в неорганические и органические соединения, как физико-химическим, так и биологическим путем. Основными фиксаторами азота являются бактерии, грибки и водоросли (прежде всего синезеленые). Например, клубеньковая бактерия *Rhizobium*, проникая в корневые волоски растений семейства бобовых, превращает азот в нитраты.

В процессе цикла «продуцент – консумент – редуцент» нитраты становятся составной частью белков, нуклеиновых кислот и других компонентов. Погибшие организмы являются объектом деятельности редуцентов – бактерий и грибов, при этом они азот превращают в аммиак. И далее в нитрит и обратно газообразный азот.

Полный круговорот азота атмосферы путём окисления электрическими разрядами, фотохимическим путём и биологической фиксацией происходит за 1 млрд. лет.

**Круговорот фосфора.** Фосфор, необходимый животным и растениям для энергообмена и построения белков протоплазмы, поступает в круговорот за счет эрозии фосфатных пород и гуано, минерализации продуктов жизнедеятельности и органических остатков. Фосфаты потребляются растениями. Не образующий летучих соединений фосфор имеет тенденцию накапливаться в море. Вынос фосфора из моря на сушу осуществляется в основном с рыбой и с помётом морских птиц.

При рассмотрении круговорота фосфора в масштабе биосферы за относительно короткий период можно отметить, что он полностью не замкнут, поскольку из океанов на сушу, в естественных условиях, весь фосфор не возвращается.

**Круговорот серы.** Сера относится к весьма распространенным химическим элементам, которые встречаются в свободном состоянии – самородная сера и в виде соединений – сульфидов, полисульфидов и сульфатов. Известно более 150 минералов серы, среди которых доминируют сульфаты. В природе широко распространены процессы окисления сульфидов до сульфатов, которые обратно восстанавливаются до  $H_2S$  и сульфидов. Эти реакции происходят при активном участии микроорганизмов, прежде всего десульферирующих бактерий и серобактерий.

В виде органических и неорганических соединений сера постоянно присутствует во всех живых организмах и является важным биогенным элементом, она входит в состав широко распространенных соединений: аминокислот, коферментов, витаминов.

Организмы в основном состоят из вышеперечисленных элементов, однако они не смогут жить, если не будут содержать в достаточных количествах некоторые катионы: калий, кальций, магний и натрий, которые относятся к группе макроэлементов (их содержание выражается в сотых долях сухого вещества).

Некоторые вещества нужны организмам в очень маленьких количествах, к ним, например, относятся железо, бор, цинк, медь, марганец, молибден и анион хлора. Микроэлементы выражаются в миллионных долях сухого вещества. В пищевую цепь они поступают в основном через круговорот воды. Они обладают высокой биологической активностью и участвуют во всех процессах жизнедеятельности: белковом, жировом, углеводном, витаминном, минеральном обмене, газо- и теплообмене, тканевой проницаемости, клеточном делении, образовании костного скелета, кроветворении, росте, размножении, иммунобиологических реакциях.

#### Задания для самоподготовки

1. Что вы понимаете под малым биологическим круговоротом?
2. Что вы понимаете под большим геологическим круговоротом?
3. Что служит основным источником энергии для биогенной и неогенной миграции атомов в биосфере?
4. Общий запас воды в биосфере?
5. Из чего образуется озон?
6. За сколько лет обновляется углекислый газ атмосферы?
7. За сколько лет происходит полный круговорот азота?

#### Ситуационные задачи

1. Почему высокие концентрации углекислого газа оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека?
2. Роль зеленых растений в круговороте углерода?
3. Как и какие функции живого вещества обеспечиваются посредством малого круговорота веществ в природе?
4. В чем особенности биогеохимических циклов основных биогенных элементов?

## Тестовые задания

1. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4):
  - а) в живом веществе преобладают тяжелые атомы водорода, углерода, кислорода и азота;
  - б) на поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и восстановления;
  - в) вследствие деструкционной функции живого вещества биосферы происходит минерализация органического вещества;
  - г) химический состав биосферы отличается однородностью.
2. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. В водоемах миграция углерода осуществляется:
  - а) через захоронение органических веществ в литосфере;
  - б) через разложение органических веществ до углекислого газа;
  - в) через разложение карбонатов до  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{CO}_2$ ;
  - г) через создание карбонатных систем.
3. Выберите правильные ответы (от 0 до 5) из предложенных вариантов. Малые круговороты углерода в биосфере могут осуществляться следующим путем:
  - а) углекислый газ выделяется в атмосферу в процессе фотосинтеза в дневное время, а в ночное время его часть поглощается растениями из среды;
  - б) углекислый газ поглощается из атмосферы в процессе фотосинтеза в дневное время, а в ночное время его часть выделяется растениями в среду;
  - в) углекислый газ атмосферы поглощается в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ, а с гибелью растений и животных происходит окисление органических веществ с выделением углекислого газа;
  - г) углекислый газ атмосферы поглощается в процессе фотосинтеза, а при дыхании выделяется в атмосферу;
  - д) углекислый газ атмосферы поглощается в процессе фотосинтеза, а при сжигании органических веществ выделяется в атмосферу.
4. Выберите номера правильных суждений (от 0 до 4).
  - а) кислород является наименее активным газом атмосферы;
  - б) по элементарному составу живых организмов кислород занимает второе место после азота;

- в) свободный кислород современной атмосферы является продуктом фотолиза воды;
  - г) в биосфере количество выделяемого кислорода примерно равно количеству поглощаемого.
5. Выберите правильный ответ из предложенных вариантов. В почвах происходит процесс нитрификации, который заключается:
    - а) в окислении иона аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) до нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) или нитрита до нитрата ( $\text{NO}_3^-$ );
    - б) в восстановлении иона аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) до нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) или нитрита до нитрата ( $\text{NO}_3^-$ );
    - в) в окислении нитритов и нитратов до газообразных соединений азота;
    - г) в восстановлении нитритов и нитратов до газообразных соединений азота.

---

---

## РАЗДЕЛ 2. БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ. ГЕНЕТИКА. ДАРВИНИЗМ

### ТЕМА 10. ПРАВИЛА РАБОТЫ С МИКРОСКОПОМ. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ.

#### Устройство световых микроскопов (2 часа)

**Цель занятия.** Освоить технику работы со световыми микроскопами. Световая микроскопия – один из основных методов изучения биологических объектов.

#### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) устройство микроскопов МБР-1, МБИ-1, МБС-1, «Биолам»; 2) правила работы с микроскопом (микроскопирование).

**Оборудование.** 1. Микроскопы МБР-1, 2. Постоянные микропрепараты клетки пленки лука. 3. Таблицы схемы устройства микроскопов, отдельных их частей, хода лучей между конденсором и объективом.

Рассмотрите основные части микроскопа МБР-1: механическую, оптическую и осветительную.

Найдите на микроскопе элементы механической части – основание, штатив, тубусодержатель, предметный столик, тубус, револьвер, макро- и микрометрические винты.

Штатив закреплен на массивном подковообразном основании, которое придает микроскопу устойчивость.

От штатива вверх отходит изогнутый тубусодержатель, к нему прикреплены револьвер и тубус.

В основании тубусодержателя находится макрометрический винт, или кремальера. С его помощью можно поднять или опустить тубус для приблизительной настройки прибора на фокус. Макрометрический винт используется для изучения объекта при малом (слабом) увеличении.

Предметный столик укреплен на штативе и имеет круглое отверстие в центре. На него помещают рассматриваемый объект, который изучают в проходящем свете (пучок света проходит через отверстие в центре столика).

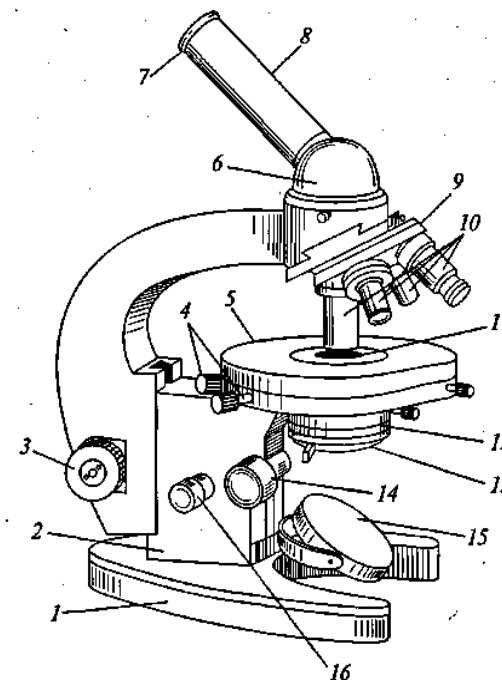


Рис. 8. Микроскоп МБР-1:

1 – основание; 2 – штатив; 3 – макрометрический винт (кремальера); 4 – винты, перемещающие столик; 5 – предметный столик; 6 – тубусодержатель; 7 – окуляр; 8 – тубус; 9 – револьвер; 10 – объективы; 11 – отверстие предметного столика; 12 – конденсор; 13 – диафрагма; 14 – винт конденсора; 15 – зеркало; 16 – микрометрический винт.

Найдите микрометрический винт либо на штативе (диаметр микрометрического винта меньше, чем диаметр винта кремальеры), либо на основании в виде плоского черного диска. Его можно вращать только на пол-оборота в обе стороны. Он используется в работе с большим (сильным) увеличением для точной настройки прибора на фокус.

Оптическую часть микроскопа составляют окуляры и объективы.

Окуляр (от лат. *oculus* – глаз) находится в верхней части тубуса и обращен к глазу. Он представляет собой систему линз в металлическом корпусе цилиндрической формы. По цифре на окуляре можно узнать кратность его увеличения (x7, x10, x15).

Объективы находятся в гнездах револьвера. Револьвер (от лат. *reversio* – возврат, вращение) найдите с противоположной стороны тубуса. Объектив – это система линз, заключенных в металлический цилиндр. Увеличения объектива указаны на стенке цилиндра. Найдите объектив малого увеличения (x8), объектив большого увеличения (x40) и иммерсионный объектив с черной окантовкой по нижней стороне цилиндра (x90).

Общее увеличение микроскопа определяется путем умножения увеличения окуляра на увеличение объектива.

Помните, что изображение в микроскопе обратное.

Найдите элементы осветительной части микроскопа – зеркало, конденсор и диафрагму.

Зеркало находится под предметным столиком и закреплено на штативе. Его можно вращать и, поймав луч от источника света, направлять на исследуемый объект. Обратите внимание, что зеркало имеет две поверхности – вогнутую и плоскую. Вогнутая поверхность используется при искусственном освещении, так как сильнее концентрирует пучок света.

Между зеркалом и предметным столиком имеется конденсор. Он состоит из системы линз, которая направляет пучок света, отбрасываемый зеркалом, на исследуемый предмет. Положение конденсора можно менять с помощью винта, расположенного на штативе. При опускании конденсора освещенность уменьшается, а изображение становится темнее и контрастнее (как при закате солнца). При поднятии конденсора освещенность возрастает, но контрастность уменьшается (изображение как в ясный солнечный день – знойное марево).

Найдите на конденсоре (обычно справа) черный язычок ирисовой диафрагмы. Сама диафрагма, состоящая из пластин, расположенных по кругу, не видна, так как вмонтирована в систему конденсора. Если язычок сместить влево, просвет диафрагмы и освещенность уменьшаются, а при смещении язычка вправо – увеличиваются.

Запомните: микроскоп следует правой рукой брать за штатив, а левой – поддерживать основание.

1. Установите микроскоп. Тубусодержатель должен быть обращен к вам, а зеркало – находиться напротив источника света.

2. Поставьте объектив малого увеличения в рабочее положение. Для этого вращайте револьвер до тех пор, пока объектив малого увеличения не установится над отверстием в предметном столике. Если действие выполнено правильно, то вы услышите легкий щелчок.

Запомните, что изучение любого объекта начинается с малого увеличения.

3. Опустите объектив малого увеличения (x8 или x10) над столиком на высоту примерно 0,5 см с помощью макрометрического винта (для этого винт нужно вращать на себя). Откройте диафрагму и приподнимите конденсор.

4. Смотрите в окуляр (левым глазом!) и вращайте зеркало до тех пор, пока поле зрения не будет освещено ярко и равномерно.

5. Положите на предметный столик приготовленный временный препарат **покровным стеклом вверх** так, чтобы объект находился в центре отверстия предметного столика.

6. **Внимание! Смотрите на микроскоп сбоку** и опускайте тубус с помощью макрометрического винта на расстояние приблизительно 2 мм от объектива до препарата.

7. Смотрите в окуляр и **медленно**, поднимайте тубус макрометрическим винтом (**вращайте винт на себя!**) до тех пор, пока не увидите изображение объекта в поле зрения. Фокусное расстояние при малом увеличении приблизительно равно 0,5 см.

8. Найдите на объекте интересующий вас участок и расположите его точно в центре. Эта операция называется **центрирование**. Рассмотрите препарат и сделайте зарисовки.

9. Перейдите к рассмотрению объекта при большом увеличении. **Внимание! Не трогайте макро- и микрометрические винты** и постарайтесь не задеть руками препарат. Не бойтесь, объектив не заденет за стекло. Вращая револьвер, установите объектив большого увеличения (x40) над предметным столиком. Если действие выполнено правильно, вы услышите легкий щелчок.

10. Положите руку на микрометрический винт и, **медленно!**, вращая его на пол-оборота вперед и назад, найдите фокус.

Обратите внимание, что большое увеличение позволяет видеть глубину объекта, поэтому резко видны то одни, то другие структуры. Фокусное расстояние при большом увеличении составляет приблизительно 1 мм.

11. Зарисуйте препарат при большом увеличении. При зарисовке смотрите в окуляр левым глазом, а в альбом – правым.

12. Для изучения очень тонких деталей и структур объекта используйте иммерсионный объектив. Он отличается маркировкой в виде черной полоски и силой увеличения  $\times 90$ . Для работы с этим увеличением нужно увеличить освещенность.

13. Отведите объектив большого увеличения в сторону.

14. Капните на покровное стекло иммерсионное масло.

15. Вращайте револьвер так, чтобы иммерсионный объектив оказался над отверстием в предметном столике, при этом он погрузится в масло. Если вы все сделали правильно, то услышите легкий щелчок.

16. Для наведения на фокус используйте микрометрический винт, при этом **поворачивайте его крайне осторожно**.

17. По окончании работы приведите микроскоп в нерабочее состояние. Объективы переведите в нейтральное положение, т.е. они не должны смотреть в отверстие в предметном столике. Тубус опустите вниз до предела. Если вы работали с иммерсионным объективом, то хорошо протрите его мягкой тряпочкой, смоченной в спирте. Поставьте микроскоп на место, держа его правой рукой за штатив и поддерживая левой рукой основание.

### Задания для самоподготовки

1. Знать:

- а) основные методы изучения биологических объектов;
- б) основные части микроскопа, их назначение и устройство;
- в) правила приготовления временного препарата.

2. Выполнить тестовое задание.

3. Решить ситуационные задачи.

### Тестовые задания

1. Окуляры вставлены:

- а) в револьвер;
- б) тубус;
- в) конденсор;
- г) диафрагму;
- д) макровинт.

2. Осветительная часть микроскопа представлена:

- а) тубусом;
- б) конденсором;
- в) зеркалом;
- г) макровинтом;
- д) диафрагмой.

3. Малое увеличение объектива:

- а)  $\times 40$ ;
- б)  $\times 8$ ;
- в)  $\times 20$ ;
- г)  $\times 10$ ;
- д)  $\times 30$ .

4. Оптическая часть микроскопа включает:

- а) окуляр;
- б) конденсор;
- в) диафрагму;
- г) объектив;
- д) зеркало.

5. К механической части микроскопа относят:

- а) тубус;
- б) диафрагму;
- в) револьвер;
- г) макровинт;
- д) зеркало.

### Ситуационные задачи

1. При малом увеличении поле зрения и объект были хорошо и равномерно освещены. При переводе на большое увеличение объект стал темным. Какие действия нужно предпринять?

2. При малом увеличении объект хорошо и равномерно освещен. При переводе на большое увеличение поле зрения стало черным. Какие действия нужно предпринять?

3. При малом увеличении объект был в поле зрения, а при большом увеличении в поле зрения объект не обнаружен. Что нужно сделать?

4. При малом увеличении объект виден в фокусе. При большом увеличении фокус не наводится. Какие действия нужно предпринять?

5. При работе с большим увеличением изображение мутное. Какие действия нужно предпринять?



## ТЕМА 11. ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА (4 часа)

**Цель занятия.** Выявить структурные и функциональные особенности клетки – элементарной единицы всего живого на нашей планете. Уметь находить основные компоненты клетки под световым микроскопом. Знания строения и функционирования клеток необходимы для изучения анатомии, гистологии, физиологии, микробиологии и других дисциплин.

### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) растительные клетки (пленку лука, лист элодеи, клубень картофеля); 2) животные клетки (эритроциты лягушки и человека).

**Оборудование.** 1. Таблицы строения растительных, животных и бактериальных клеток, схема строения эукариотической клетки (световой микроскоп), схема строения клетки (электронный микроскоп). 2. Микропрепараты клетки пленки лука, мазок крови лягушки, человека. 3. Микроскопы МБР-1. 4. Стаканы с элодеей, предметные и покровные стекла, пипетки, стаканы с водой, чашки Петри, лук, картофель, пузырьки с 10%-м раствором хлорида натрия, флаконы с раствором йода, полоски фильтровальной бумаги.

### Клетки пленки лука

Отделите мясистую чешуйку луковичи. Снимите с ее внутренней стороны тонкую пленку. Отрежьте кусочек пленки, положите его на предметное стекло, капните 1–2 капли раствора йода и накройте покровным стеклом.

Рассмотрите препарат при малом увеличении (микроскоп МБР-1). Найдите вытянутые, почти прямоугольные клетки (рис. 2). Обратите внимание, что ядра окрашиваются йодом в желто-коричневый цвет и располагаются на периферии, так как в центре клетки находятся крупные вакуоли.

Рассмотрите препарат при большом увеличении. Найдите основные компоненты клетки – толстую двухконтурную оболочку, зернистую цитоплазму и ядро с 1–2 ядрышками. Более светлые, незернистые пятна представляют собой вакуоли.

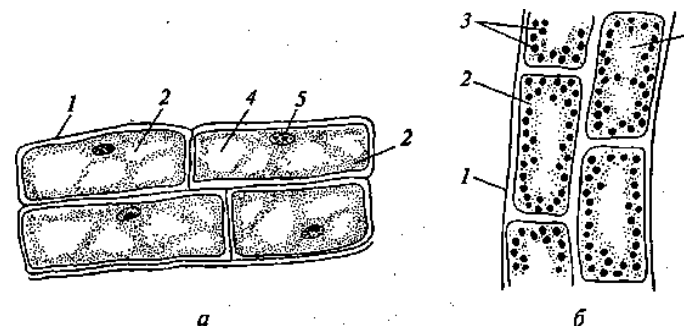


Рис. 9. Строение растительных клеток:

*a* – пленка лука; *б* – лист элодеи; 1 – оболочка; 2 – цитоплазма; 3 – хлоропласта; 4 – вакуоли с клеточным соком; 5 – ядро с ядрышком.

Зарисуйте 1–2 клетки. На рисунке обозначьте: 1) оболочку; 2) цитоплазму; 3) ядро; 4) вакуоли.

### Клетки клубня картофеля

Приготовьте временный препарат. Для этого сделайте соскоб или тонкий срез с поверхности куска клубня картофеля. На предметное стекло поместите срез и капните 1–2 капли воды. Покройте объект покровным стеклом. Рассмотрите препарат при малом и большом увеличении микроскопа (МБР-1). Найдите крупные многоугольные прозрачные клетки с тонкими двухконтурными оболочками. В клетках найдите крахмальные зерна. Это включения трофического (питательного) назначения.

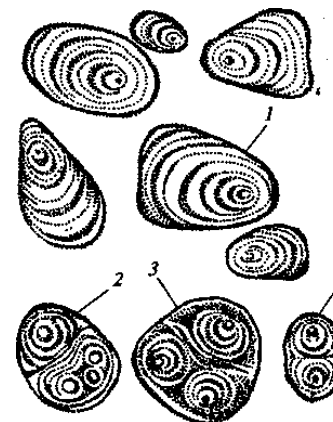


Рис. 10. Зерна крахмала картофеля:

1 – простое; 2 – сложное;  
3 – полусложное.

Обратите внимание, что зерна могут быть различной величины и хорошо заметной слоистостью. Крахмал наслаивается по мере образования. Для подтверждения химической природы включений нанесите на край покровного стекла каплю слабого раствора йода. Крахмальные зерна окрашиваются в синий цвет, их слоистость становится более заметной.

Зарисуйте в альбом 2 – 3 клетки. На рисунке обозначьте: 1) оболочку; 2) цитоплазму; 3) крахмальные зерна; 4) слои крахмала.

### Клетки крови лягушки

Возьмите готовый препарат клеток крови лягушки. Рассмотрите его при малом и большом увеличении микроскопа (МБР-1). Найдите эритроциты – клетки с цитоплазмой розового цвета и сине-фиолетовыми ядрами продолговатой формы. Обратите внимание, что в отличие от растительных клеток животные клетки-эритроциты овальной формы и не имеют клеточной стенки. Среди эритроцитов можно найти лейкоциты. В отличие от эритроцитов их форма округлая, а ядра либо округлые – у лимфоцитов, либо разделены на сегменты – у нейтрофилов.

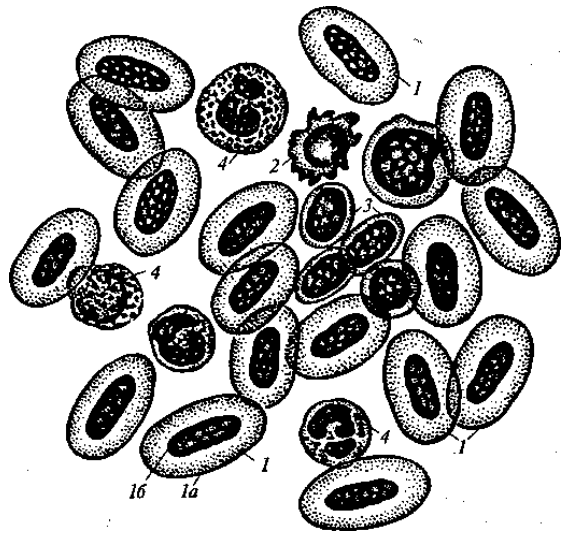


Рис. 11. Кровь лягушки:

1 – эритроцит; 1а – мембрана; 16 – ядро; 2 – лимфоцит;  
3 – тромбоцит; 4 – лейкоциты.

Зарисуйте в альбом 2 – 3 эритроцита и лейкоцит. На рисунке обозначьте: 1) эритроцит; 2) лейкоцит; 3) цитоплазматическую мембрану; 4) ядро; 5) цитоплазму.

### Клетки крови человека

Возьмите готовый препарат клеток крови человека. Рассмотрите его при малом и большом увеличении (микроскоп МБР-1).

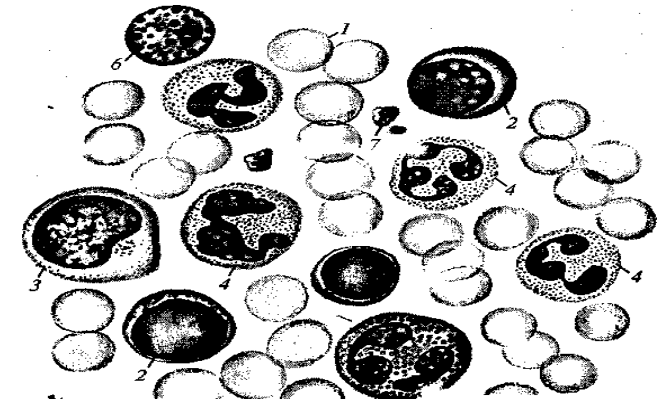


Рис. 12. Клетки крови человека:

а – мазок периферической крови взрослого человека; 7 – эритроциты;  
2 – лимфоциты; 3 – моноцит; 4 – нейтрофильные гранулоциты;  
5 – эозинофильные гранулоциты; 6 – базофильные гранулоциты;  
7 – тромбоциты; б – эритроцит нормальной формы (дискоцит).

Найдите эритроциты – мелкие безъядерные клетки со светло-розовой цитоплазмой. Их центральная часть имеет зону просветления, что свидетельствует о двояковогнутом строении этих клеток.

Среди эритроцитов видны лейкоциты. Их форма варьирует от округлой до амебоидной.

Лейкоциты окрашены в темно-синий цвет и, в отличие от эритроцитов, содержат ядра. В нейтрофилах ядра разделены на сегменты, в лимфоцитах – округлой формы.

Зарисуйте в альбом несколько эритроцитов и лейкоцитов. На рисунке обозначьте: 1) эритроцит; 2) лимфоцит; 3) нейтрофил; 4) мембрану; 5) цитоплазму; 6) ядро; 7) зону просветления.

### Задания для самоподготовки

1. Знать:

- а) уровни организации живых систем;
- б) определение клетки;
- в) основные положения клеточной теории;
- г) отличия прокариотической клетки от эукариотической; уметь различать эти клетки;
- д) строение и функционирование основных компонентов клетки (ядра, цитоплазмы, оболочка);
- е) морфологическую и функциональную характеристику органелл клетки (одномембранных, двухмембранных и немембранных);
- ж) включения клетки, их классификацию (трофические, секреторные и специальные) и значение;
- з) отличия растительных и животных клеток.

2. Выполнить тестовое задание.

3. Решить ситуационные задачи.

4. Заполнить таблицы.

Таблица 2 – Уровни организации живых систем

Уровень организации	Предмет изучения
1	2
Биосферный	
Биоценотический	
Популяционный	
Организменный	

Продолжение таблицы 2

1	2
Органный	
Тканевый	
Клеточный	
Молекулярный	

Таблица 3 – Типы клеток

Вопрос	Эукариотическая клетка	Прокариотическая клетка
Размер клетки		
Ядро		
Хромосомы		
Мембранные органеллы		
Рибосомы		
Клеточный центр		

Таблица 4 – Растительная и животная клетки

Вопрос	Растительная клетка	Животная клетка
Форма клетки		
Клеточная стенка		
Центральная вакуоль		
Клеточный центр		
Пластиды		
Запасное вещество		

Таблица 5 – Органеллы клетки

Органеллы	Название	Схема строения	Функции
1	2	3	4
Одномембранные	Эндоплазматическая сеть		
	Комплекс Гольджи		
	Лизосомы		
	Пероксисомы		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Немембранные	Рибосомы		
	Клеточный центр		
	Жгутики		
	Реснички		
Двухмембранные	Митохондрии		
	Пластиды		

### Тестовые задания

- Двухмембранные органеллы:
  - лизосомы;
  - рибосомы;
  - митохондрии;
  - хлоропласта;
  - эндоплазматическая сеть.
- Одномембранные органеллы:
  - рибосомы;
  - митохондрии;
  - эндоплазматическая сеть;
  - лизосомы;
  - пластинчатый комплекс.
- Компоненты ядра:
  - эндоплазматическая сеть;
  - ядрышко;
  - лизосомы;
  - хроматин;
  - пластинчатый комплекс.
- Немембранные органеллы:
  - рибосомы;
  - эндоплазматическая сеть;
  - лизосомы;
  - клеточный центр;
  - пластинчатый комплекс.
- В синтезе белка принимают участие:
  - пластинчатый комплекс;

- шероховатая эндоплазматическая сеть;
- лизосомы;
- рибосомы;
- клеточный центр.

### Ситуационные задачи

- При исследовании мазка крови обнаружены овальные клетки с сине-фиолетовыми ядрами. Определите, чьи клетки крови обнаружены в поле зрения. Обоснуйте свой ответ.
- Что произойдет, если к капле крови человека добавить каплю 10%-го раствора хлорида натрия.
- В поле зрения микроскопа обнаружены клетки прямоугольной формы с толстой оболочкой. В их цитоплазме много округлых телец зеленого цвета. Какие клетки обнаружены в поле зрения?
- Если клетки крови поместить в гипотонический раствор, их оболочка лопается, и раствор окрашивается в красный цвет. Объясните, что происходит с эритроцитами, и назовите процесс.
- В цитоплазме клеток наблюдаются округлые образования, содержащие капли масла разного диаметра. Что обнаружено в поле зрения?

## ТЕМА 12. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ. ЖИЗНЕННЫЙ И МИТОТИЧЕСКИЙ ЦИКЛЫ КЛЕТКИ. МИТОЗ В КЛЕТКАХ КОРЕШКА ЛУКА (2 часа)

**Цель занятия.** Доказать единство и различия обмена веществ (метаболизма) растительных и животных клеток. Научиться определять фазы митоза. Обмен веществ и деление – основа жизнедеятельности любой клетки. Знание особенностей обмена веществ позволяет понять механизмы возникновения многих заболеваний. Нарушение деления приводит к заболеваниям или гибели живого организма.

### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) митоз в клетках корешка лука; 2) митотический цикл клетки.

**Оборудование.** 1. Таблицы: схема митотического цикла клетки, схема митоза клетки, схема равномерного бинарного дробления прокариотической клетки. 2. Микропрепараты: митоз в клетках корешка лука.

### Жизненный и митотический циклы клетки

По схеме изучите жизненный (на рисунке показан вне круга) и митотический (на рисунке показан в круге) циклы клетки.

Зарисуйте схему в альбом.

Возьмите микропрепарат корешка лука и найдите при малом увеличении (микроскоп МБР-1) зону деления. Обратите внимание, что клетки в этой зоне имеют почти квадратную форму, их ядра и цитоплазма интенсивно окрашены в темно-синий, почти черный цвет.

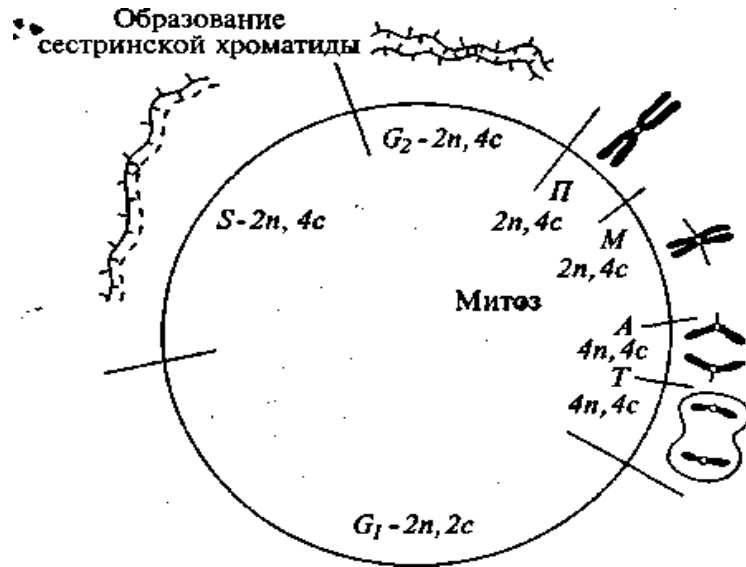


Рис. 13. Митотический цикл диплоидной клетки (схема):

$C_1$  – пресинтетический (постмитотический) период интерфазы;  $C_2$  – синтетический период интерфазы;  $S$  – постсинтетический (премитотический) период интерфазы; митоз (П – профаза, М – метафаза, А – анафаза, Т – телофаза);  $n$  – гаплоидный набор хромосом;  $2n$  – диплоидный набор хромосом;  $c$  – количество ДНК, соответствующее гаплоидному набору хромосом (вне круга показаны изменения хромосом в различные периоды жизненного цикла клетки).

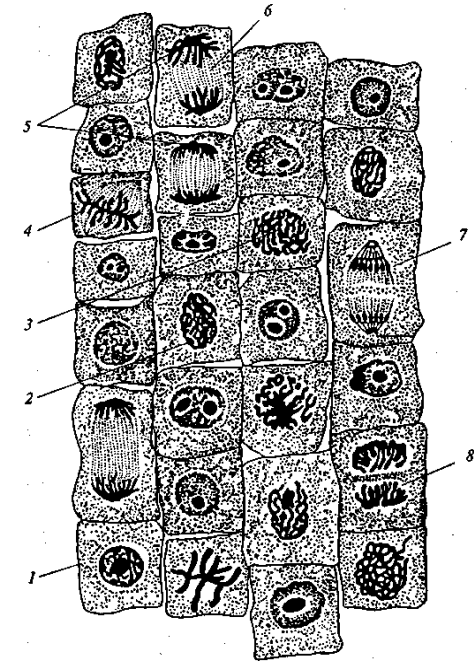


Рис. 14. Кариокinesis или митоз (корешок лука):

1 – интерфаза; 2 – профаза, плотный клубок; 3 – профаза, рыхлый клубок; 4 – метафаза; 5 – анафаза; 6 – ахроматиновое веретено; 7 – телофаза, начало; 8 – телофаза, конец.

Изучите клетки этой зоны при большом увеличении. Найдите клетки в разных фазах митотического деления.

**Интерфаза.** Ядро в клетке округлое, с четкими границами. В нем видны 1–2 ядрышка. Хроматин в виде глыбок заполняет нуклеоплазму.

**Профаза.** Ядро заметно увеличивается, ядрышки исчезают. Хромосомы спирализуются (скручиваются), образуя клубок из тонких нитей. Ядерная оболочка не видна. В конце профазы она разрушается.

**Метафаза.** Хромосомы лежат в экваториальной плоскости, образуя материнскую звезду. В некоторых клетках видно, что хромосомы состоят из двух хроматид. Обратите внимание, что на этой стадии хромосомы максимально спирализованы и лучше всего видны.

**Анафаза.** В клетках видны две звезды, так как сестринские хромосомы (хроматиды) перемещаются к полюсам. Хромосомы состоят

из одной хроматиды и имеют вид шпильки – центромеры направлены к полюсам, а плечи расходятся под углом друг к другу.

**Телофаза.** У полюсов клетки видны рыхлые клубки из частично деспирализованных однохроматидных хромосом. В центре клеток начинается формироваться перегородка, которая постепенно делит материнскую клетку на две дочерние.

Зарисуйте в альбом по одной клетке в различных фазах митоза и в интерфазе.

На рисунке обозначьте: 1) интерфазу; 2) профазу; 3) метафазу; 4) анафазу; 5) телофазу; 6) ядро; 7) ядрышко; 8) хроматин; 9) цитоплазму; 10) хромосомы; 11) материнскую звезду; 12) дочерние звезды; 13) срединную пластинку; 14) клеточную оболочку.

У рисунка каждой фазы укажите количество наборов хромосом и ДНК, а также нарисуйте вид хромосомы (однохроматидная или двуххроматидная) (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

1. Знать:

- а) химический состав клетки (элементарный состав, белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, АТФ, НАД\*, НАДФ<sup>+</sup>);
- б) что такое ассимиляция и диссимиляция;
- в) различия между процессами ассимиляции и диссимиляции;
- г) виды ассимиляции (автотрофная, гетеротрофная и миксотрофная) и их особенности;
- д) особенности ассимиляции растительных и животных клеток;
- е) основные фазы фотосинтеза (световая и темновая);
- ж) особенности строения хлоропласта;
- з) особенности хемосинтеза;
- и) особенности процесса биосинтеза белка;
- к) виды диссимиляции (гликолиз, брожение, дыхание);
- л) особенности строения митохондрий;
- м) что такое жизненный и митотический циклы клетки; периоды жизненного и митотического циклов клетки;
- о) варианты клеточного деления (амитоз, митоз и мейоз);
- п) характеристику фаз митоза и особенно поведение хромосом;
- р) строение хромосом.

2. Выполнить тестовые задания.

3. Решить ситуационные задачи.

4. Заполнить таблицы.

Таблица 6 – Элементарный состав клетки

Вопрос	Макроэлементы	Микроэлементы	Ультрамикроэлементы
Процент от сухого вещества			
Клетки			
Примеры			
Значение			

Таблица 7 – Углеводы

Вопрос	Моносахариды	Дисахариды	Полисахариды
Химическая структура			
Примеры			
Значение			
Где накапливается			

Таблица 8 – Липиды

Вопрос	Жиры	Масла	Фосфолипиды	Воски	Стероиды
Химическая структура					
Примеры					
Значение					
Где накапливается					

Таблица 9 – Белки

Вопрос	Протеины мономер – аминокислота	Протеиды	
		гликопротеиды	липопротеиды
Химическая структура			
Примеры			
Значение			

Таблица 10 – Структура белка

Вопрос	Структура			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Определяющие данную структуру химические связи				
Организация в пространстве (нить, глобула, фибрилла)				
Пример				
Значение				

Таблица 11 – Нуклеиновые кислоты

Вопрос	ДНК	РНК
Виды		
Количество цепей		
Мономер		
Пуриновые азотистые основания		
Пиримидиновые азотистые основания		
Моносахарид		
Остаток фосфорной кислоты		
Где обнаруживается		
Как образуется		
Значение		

Таблица 12 – АТФ, НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup>

Вопрос	НАД <sup>+</sup>	НАДФ <sup>+</sup>	АТФ
Химическая структура			
Название			
Где образуется			
Значение			

Таблица 13 – Типы питания организмов

Вопрос	Автотрофные организмы		Гетеротрофные организмы	Миксотрофные организмы
	фототрофы	хемотрофы		
Примеры организмов				
Источник энергии				
Источник углерода				

Таблица 14 – Реакции фотосинтеза

Вопрос	Световая фаза	Темновая фаза
Где протекает		
Исходные вещества		
Обязательные условия		
Продукты реакций		
Источник энергии		

Таблица 15 – Световая фаза фотосинтеза

Вопрос	Фотоокисление воды	Фосфорилирование
Где происходит		
Исходные вещества		
Условия протекания реакции		
Продукты		

Таблица 16 – Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина)

Вопрос	Карбоксилирование	Восстановление	Регенерация
Где протекает			
Исходные вещества			
Условия для реакций			
Продукты			

Таблица 17 – Матричные реакции в клетке

Вопрос	Репликация	Транскрипция	Трансляция
Где протекает			
Матрица для реакции			
Продукты реакции			

Таблица 18 – Биосинтез белка

Вопрос	Транскрипция	Рекогниция	Трансляция
Где происходит			
Суть процесса			
Исходные вещества			
Условия для реакций			
Продукты			

Таблица 19 – Виды диссимиляции

Вопрос	Гликолиз	Брожение	Дыхание
Где происходит			
Исходные вещества			
Условия			
Конечные продукты			
Выход энергии			

Таблица 20 – Фазы митотического цикла

Вопрос	Пресинтетический период	Синтетический период	Постсинтетический период
Количество наборов хромосом и ДНК			
Виды хромосом			
Характерные процессы			

Таблица 21 – Типы деления клеток

Вопрос	Амитоз	Митоз	Мейоз
Набор хромосом и ДНК в исходной клетке			
Число делений			
Число дочерних клеток			
Набор хромосом и ДНК в дочерних клетках			
Значение			

### Тестовые задания

1. Чистый выход АТФ при гликолизе одной молекулы глюкозы составляет:

- а) 1,2 молекулы;
- б) 2,4 молекулы;
- в) 3,29 молекулы;
- г) 4,36 молекулы;
- д) 5,38 молекулы.

2. Транскрипция происходит:

- а) в эндоплазматической сети;
- б) рибосомах;
- в) ядре;
- г) пластинчатом комплексе;
- д) клеточном центре.

3. Световая фаза фотосинтеза происходит:

- а) в строме;
- б) мембранах тилакоидов;
- в) лейкопластах;
- г) хромопластах;
- д) хлоропластах.

4. Клеточное дыхание завершается:

- а) в лизосомах;
- б) рибосомах;
- в) митохондриях;



- г) цитоплазме;
  - д) вакуолях.
5. К автотрофным организмам относятся:
- а) грибы;
  - б) животные;
  - в) бактерии;
  - г) сине-зеленые водоросли;
  - д) растения.
6. В метафазе митоза хромосомы находятся:
- а) на полюсах клетки;
  - б) на экваторе клетки;
  - в) в центре клетки в виде клубка нитей;
  - г) по направлению к полюсам;
  - д) внутри ядра в виде глыбок хроматина.
7. Кариотип человека определяют:
- а) в анафазе;
  - б) телофазе;
  - в) профазе;
  - г) метафазе;
  - д) интерфазе.
8. Хромосомы состоят из одной хроматиды:
- а) в анафазе;
  - б) синтетическом периоде интерфазы;
  - в) телофазе;
  - г) метафазе;
  - д) постсинтетическом периоде интерфазы.
9. Удвоение ДНК происходит:
- а) в пресинтетический период интерфазы;
  - б) профазе;
  - в) телофазе;
  - г) синтетическом периоде интерфазы;
  - д) постсинтетическом периоде интерфазы.
10. Набор хромосом и ДНК  $An4c$  выявляется:
- а) в анафазе;
  - б) метафазе;
  - в) профазе;
  - г) телофазе;
  - д) интерфазе.

### Ситуационные задачи

1. Джозеф Пристли обнаружил, что при наличии света мышь не гибнет в закрытом сосуде, если там находится живое растение. Почему?
2. Что произойдет, если дрожжи развести теплой водой и добавить к ним сахар. Почему смесь пузырится и нагревается?
3. Почему в сточных водах обнаруживается большое количество серобактерий?
4. Если перед вами стоит задача изучить строение хромосом, какой фазе митоза вы отдадите предпочтение? Почему?
5. Что произойдет, если после деления хромосом на дочерние (сестринские) хромосомы нити веретена деления разрушатся и деление клетки не завершится?
6. В какой фазе митоза количество хромосом и ДНК максимально большое?

### ТЕМА 13. ФОРМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ. МЕЙОЗ И ГАМЕТОГЕНЕЗ

(4 часа)

**Цель занятия.** Уметь охарактеризовать бесполое, вегетативное и половое размножения, и их биологическую сущность. Изучить способ образования гаплоидных клеток – мейоз. Размножение – одно из свойств, характерное для всех живых организмов. Размножение у человека связано с формированием гамет и оплодотворением. Мейоз – это деление, в результате которого образуются гаплоидные половые клетки. Нарушения этих процессов могут завершиться образованием атипичных зигот, которые приводят к ранним выкидышам, или могут быть причиной патологий у новорожденных.

#### Аудиторная работа

**Содержание.** 1. Изучить: а) деление клеток – мейоз; б) особенности строения мужских и женских половых клеток млекопитающих.

2. Выявить особенности гаметогенеза женских и мужских половых клеток.

**Оборудование.** 1. Таблицы: схема мейоза, формы бесполого размножения, схема сперматогенеза, овогенеза и мейоза.

## Мейоз

По схемам изучите деление клеток – мейоз.

Премейотическая **интерфаза**.

**Профаза** (включает 5 стадий): лептотена. Хромосомы начинают спирализоваться. Центриоли расходятся к полюсам и начинают образовывать веретено деления; зиготена. Гомологичные хромосомы движутся навстречу друг другу (конъюгируют) и образуют биваленты, или тетрады; пахитена.

Биваленты спирализуются. Происходит кроссинговер; диплотена.

Хромосомы в бивалентах расходятся в области центромеры и остаются связанными на полюсах; диакинез.

Ядерная оболочка и ядрышко растворяются и биваленты оказываются в цитоплазме.

**Метафаза I.** Биваленты выстраиваются на экваторе клетки.

**Анафаза I.** Гомологичные хромосомы расходятся к полюсам клетки.

**Телофаза I.** Хромосомы деспирализуются. Образуется ядерная оболочка и ядрышко.

**Цитокинез I.** Образуются две клетки с набором *nc*.

**Профаза II.** Хромосомы спирализуются. Центриоли расходятся к полюсам и образуют веретено деления. Ядерная оболочка и ядрышко растворяются.

**Метафаза II.** Хромосомы выстраиваются на экваторе клетки.

**Анафаза II.** Центромеры делятся, и хроматиды расходятся к полюсам.

**Телофаза II.** Хромосомы деспирализуются. Образуются ядерная оболочка и ядрышко.

**Цитокинез II.** Образуются четыре клетки с набором *nc*.

Зарисуйте в альбом фазы мейоза. На рисунке обозначьте одну пару гомологичных хромосом в разных фазах (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

1. Знать:

- классификацию форм размножения организмов;
- особенности деления мейоза, характеристику его фаз и биологическое значение;
- отличия митоза и мейоза;
- особенности и сущность полового и бесполого размножения;

д) особенности строения женских и мужских половых клеток и их отличие от соматических клеток;

е) типы яйцеклеток;

ж) процесс гаметогенеза;

з) особенности сперматогенеза и овогенеза.

2. Выполнить тестовые задания.

3. Решить ситуационные задачи.

4. Заполнить таблицы.

Таблица 22 – Митоз и мейоз

Вопрос	Митоз	Мейоз	
		первое деление	второе деление
Интерфаза			
Профаза			
Метафаза			
Анафаза			
Телофаза			

Таблица 23 – Гаметогенез

Вопрос	Название клеток	Тип деления, набор хромосом и количество ДНК	Процессы, происходящие в	
			сперматогенезе	овогенезе
Размножение				
Рост				
Созревание				
Формирование				

Таблица 24 – Типы размножения

Вопрос	Бесполое	Вегетативное	Половое
Количество организмов, принимающих участие в делении			
Сколько и какие клетки принимают участие			
В каких условиях чаще происходит			
Виды размножения			
Значение			

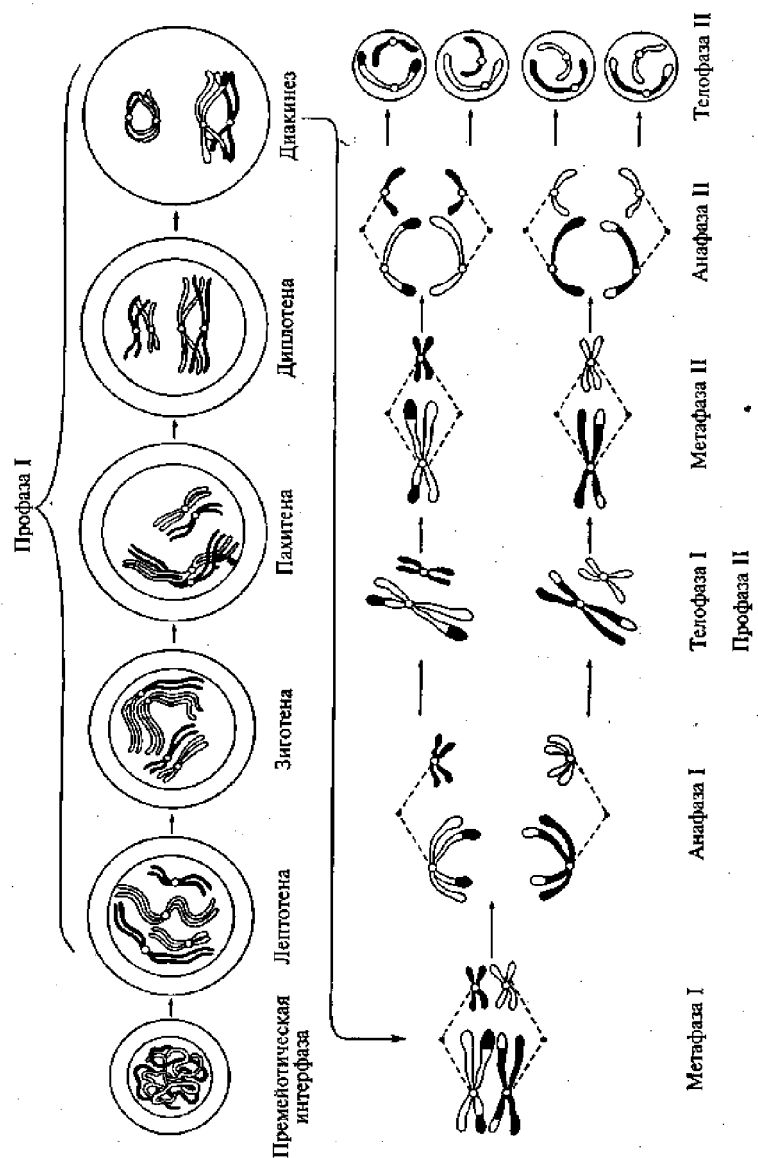


Рис. 15. Схема мейоза.

Таблица 25 – Половые клетки

Вопрос	Яйцеклетки	Сперматозоиды
Набор хромосом и количество ДНК		
Количество цитоплазмы		
Наличие акросомы		
Размер		
Подвижность		
Наличие желтка		
Количество клеток		
Возраст клеток		

### Тестовые задания

- Кроссинговер происходит:
  - в профазе II мейоза;
  - анафазе I мейоза;
  - профазе I мейоза;
  - метафазе I мейоза;
  - телофазе I мейоза.
- Набор хромосом и ДНК в сперматоците 1-го порядка:
  - $p2c$ ;
  - $2p2c$ ;
  - $2p4c$ ;
  - $4p4c$ ;
  - $pc$ .
- Набор хромосом и ДНК в овотиде (яйцеклетке):
  - $2p4c$ ;
  - $p2c$ ;
  - $4p4c$ ;
  - $pc$ ;
  - $2p2c$ .
- В сперматогенезе мейоз происходит в период:
  - созревания;
  - роста;
  - оплодотворения;
  - размножения.

5. Укажите форму полового размножения:

- а) почкование;
- б) множественное деление;
- в) партеногенез;
- г) фрагментация;
- д) продольное деление.

#### Ситуационные задачи

1. Сколько бивалентов можно обнаружить на экваторе клетки в метафазе I, если в исходной клетке 46 хромосом?
2. Сколько хромосом было в исходной клетке, если в метафазе II на экваторе обнаружено 23 хромосомы?
3. К какому виду размножения относится развитие нового растения из семян.  
Почему?
4. К какому виду размножения можно отнести рождение однояйцевых (монозиготных) близнецов? Почему?
5. Какая клетка является одной из самых старых в организме?  
Почему?

### Тема 14. ОНТОГЕНЕЗ (ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ). СТАДИИ БЛАСТУЛЫ, ГАСТРУЛЫ И НЕЙРУЛЫ (2 часа)

**Цель занятия.** Знать общие закономерности онтогенеза, развития зародыша на примере зародышей хордовых. Эмбриология является наиболее важной для медицинской практики областью биологии. Изучение закономерностей эмбрионального развития на примере развития зародышей позвоночных помогает понять сложные механизмы эмбриогенеза у человека. Эти знания являются базой для изучения ряда дисциплин.

#### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) дробление зародыша; 2) бластулу, гаструлу, нейрулу ланцетника и амфибий; 3) зародыш курицы на стадии органогенеза.

**Оборудование.** 1. Слайды стадий бластулы, гаструлы, нейрулы в разрезе. 2. Препарат стадии бластулы, гаструлы и нейрулы зародыша ланцетника. 3. Таблицы: строение бластулы зародышей различных животных; строение гаструлы зародыша амфибий; стадии нейрулы зародыша позвоночных.

#### Дробление полное равномерное ланцетника

Стадии 2, 4, 8, 16 и 32 бластомеров.

Проследите этапы дробления по предлагаемым слайдам и таблицам. Обратите внимание на примерно равную величину бластомеров.

#### Стадия бластулы ланцетника

На стадии бластулы научитесь различать основные части бластулы. Найдите бластодерму – стенку бластулы и бластоцель.

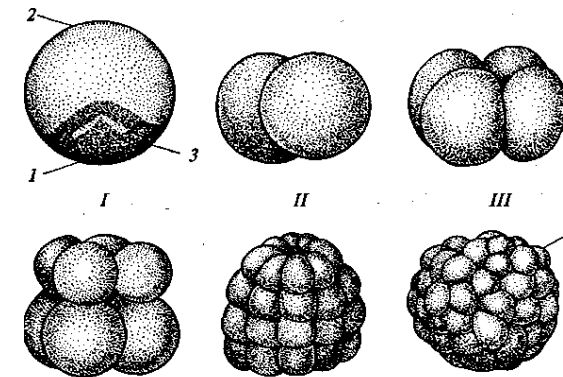


Рис. 16. Последовательность (1–VI) дробления яйцеклетки ланцетника: 1 – вегетативный полюс; 2 – анимальный полюс; 3 – скопление желтка; 4 – клетки бластодермы.

Зарисуйте бластулу. На рисунке обозначьте: 1) бластодерму; 2) бластоцель.

#### Строение гаструлы ланцетника

Гаструла имеет вид двустенной чаши с наружным (эктодермальным) и внутренним (энтодермальным) листками с широко зияющим blastopore, ведущим в blastocoel. Blastopore ограничен dor-

сальной, вентральной и боковыми губами. Найдите на слайде с изображением гастролы эктодерму, энтодерму, бластопор, ограниченный губами, и первичную полость тела – гастрощель.

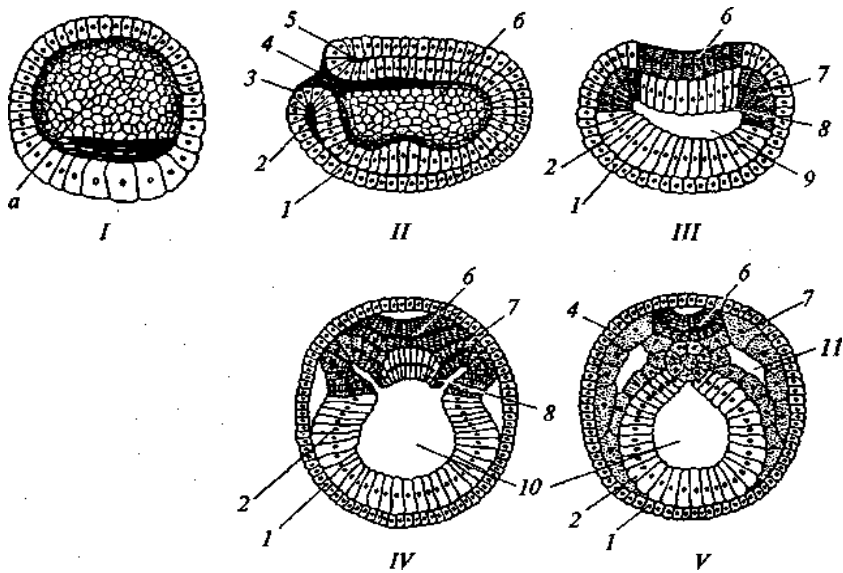


Рис. 17. Эмбриогенез ланцетника:

I – бластула; а – бластоцель; б – гастрощель; II–IV – гастрология; V – нейрула; 1 – эктодерма; 2 – энтодерма; 3 и 5 – нижняя и верхняя губы бластопора; 4 – бластопор; 6 – нервная пластинка; 7 – мезодерма; 8 – хорда; 9 – полость первичной кишки; 10 – полость вторичной кишки; 11 – целом.

Зарисуйте строение гастролы. На рисунке обозначьте:  
1) эктодерму; 2) энтодерму; 3) бластопор; 4) гастрощель.

#### Стадия нейрулы. Продольный разрез ланцетника

На данной стадии развития на слайде под эктодермой на спинной стороне локализуется нервная трубка, под которой проходит плотный тяж клеток – хорда. Симметрично по бокам от них располагаются сомиты, образующиеся из дорсальной мезодермы. Вентральная мезодерма, превращающаяся в спланхнотом, расщеплена на два листка – париетальный и висцеральный, которые ограничивают целомическую полость.

Рассмотрите строение нейрулы на слайде.

Зарисуйте в альбом стадию нейрулы. На рисунке обозначьте: 1) эктодерму; 2) нервную трубку; 3) хорду; 4) мезодерму; 5) энтодерму (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

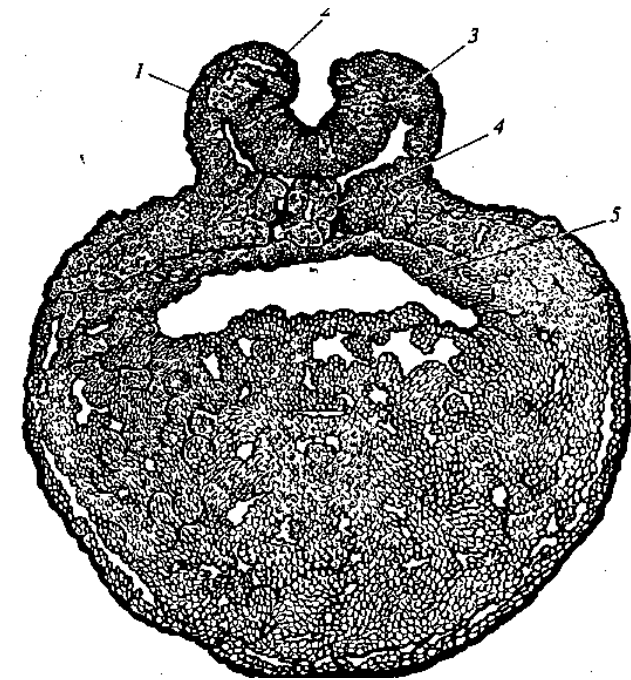


Рис. 18. Ранняя нейрула лягушки (поперечный срез):

1 – эктодерма; 2 – нервный валик; 3 – медуллярная пластинка; 4 – хорда; 5 – энтодерма.

#### Задания для самоподготовки

1. Знать:
  - а) строение половых клеток;
  - б) типы яйцеклеток;
  - в) оплодотворение и его биологическую сущность;
  - г) дробление и его типы;
  - д) отличие дробления зародыша от митотического деления соматических клеток;
  - е) строение бластулы;

- ж) строение гаструлы;
  - з) гисто- и органогенез;
  - и) производные экто-, энто- и мезодермы.
2. Выполнить тестовые задания.

### Тестовые задания

1. Внутренний зародышевый листок гаструлы называется:
- а) эктодерма;
  - б) мезодерма;
  - в) энтодерма;
  - г) бластодерма;
  - д) мезенхима.
2. Отверстие, с помощью которого гастральная полость сообщается с окружающей средой:
- а) бластопор;
  - б) гастрощель;
  - в) бластоцель;
  - г) цитостом;
  - д) целом.
3. Процесс образования нервной трубки у зародыша называется:
- а) сегментация;
  - б) нейруляция;
  - в) дробление;
  - г) дифференциация;
  - д) гастрюляция.
4. Нервная система формируется:
- а) из эктодермы;
  - б) мезодермы;
  - в) энтодермы;
  - г) бластодермы;
  - д) мезенхимы.
5. Скелетная мускулатура развивается:
- а) из энтодермы;
  - б) сомитов;
  - в) энтодермы;
  - г) бластодермы;
  - д) мезодермы.

## ТЕМА 15. ГЕНЕТИКА. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ. МОНО-, ДИ-, ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. НАСЛЕДОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ У ЧЕЛОВЕКА (2 часа)

**Цель занятия.** На основании знаний основных законов Менделя и форм взаимодействия аллельных и неаллельных генов уметь прогнозировать проявление признаков в потомстве. Одной из основных задач является изучение закономерностей наследования признаков по Менделю. Для этого необходимо умение составлять генетические схемы наследования менделирующих признаков и рассчитывать вероятность проявления их в потомстве.

### Аудиторная работа

**Содержание.** Решение задач, моделирующих закономерности моно- и дигибридного скрещивания.

**Оборудование.** Таблицы: моногибридное скрещивание; дигибридное скрещивание; анализирующее скрещивание.

Образование гамет при моно-, ди- и полигибридном скрещивании

**Задача 1.** Сколько типов гамет и какие образует особь: а) гомозиготная по доминантному гену; б) гомозиготная по рецессивному гену; в) гетерозиготная?

**Задача 2.** Сколько типов гамет и какие образует особь: а) рецессивная дигомозигота (aabb); б) доминантная дигомозигота (AABB); в) дигетерозигота (AaBb)?

### Определение генотипа и фенотипа потомков по генотипу родителей

#### Моногибридное скрещивание

**Задача 3.** У пшеницы ген карликового роста (А) доминирует над геном нормального роста (а). Определите генотип и фенотип потомства при скрещивании: а) гомозиготной карликовой пшеницы с нормальной; б) двух гетерозиготных карликовых растений пшеницы.

**Задача 4.** У человека карий цвет глаз (В) доминирует над голубым (b): а) гомозиготный кареглазый мужчина женился на гомозиготной голубоглазой женщине. Какой цвет глаз будут иметь дети? б) гетерозиготная кареглазая женщина вышла замуж за гетерозиготного кареглазого мужчину. Может ли ребенок от этого брака быть голубоглазым?

**Задача 5.** У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью. Какое потомство можно ожидать от скрещивания комолого быка с рогатыми коровами, если известно, что в прошлом одна из этих коров принесла от этого быка рогатого теленка?

**Задача 6.** Скрещивание между собой морских свинок, отличающихся всклокоченной шерстью, дало 18 всклокоченных и 5 гладких потомков. Какая часть всклокоченных потомков гомозиготна по этому признаку?

#### Множественный аллелизм у животных.

##### Наследование групп крови системы АВО у человека

Множественный аллелизм проявляется увеличением числа аллельных генов, контролирующих тот или иной признак на популяционно-видовом уровне.

Так, в системе АВО группы крови контролируются тремя аллелями ( $I^0$  рецессивный – I группа;  $I^A$  доминантный – II группа;  $I^B$  доминантный – III группа;  $I^A I^B$  доминантный – IV группа – кодоминирование), что меняет распределение генотипов в потомстве по сравнению с менделевским.

**Задача 7.** Известно, что кровь первой группы можно переливать всем людям, кровь второй группы – только лицам второй или четвертой группы, кровь третьей группы – только лицам третьей или четвертой группы, а кровь четвертой группы – только людям четвертой группы. Всегда ли возможно переливание крови матери ее детям? А крови сестры ее родному брату?

**Задача 8.** У мужчины 0(I) группа крови, у его жены – АВ(IV). Определите группы крови и генотип их детей.

**Задача 9.** В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного имеют 0(I) и А(II) группы крови, родители другого А(II) и АВ(IV). Анализ показал, что дети имеют 0(I) и АВ(IV) группы крови. Определите, кто чей сын.

#### Решение задач на определение типов гамет при моно-, ди- и полигибридном скрещивании

При решении любых задач по генетике необходимой предпосылкой является определение типов продуцируемых особью гамет. Для правильного решения этого вопроса следует твердо помнить закон «чистоты» гамет: *из каждой пары аллельных генов только один* попадает в гамету. Общее число типов гамет, продуцируемых особью, равно  $2^n$ , где  $n$  – число пар аллельных генов, из которых аллели неодинаковы.

#### Решение задач на определение фенотипа и генотипа детей по генотипу родителей

Для примера разберем решение задачи 3 (вариант «а»). В условии даны фенотипы и генотипы родительских форм – карликовая гомозиготная особь и особь нормального роста. Надо определить фенотипы и генотипы потомков первого поколения.

Для решения сначала важно правильно записать условия задачи и схему скрещивания с использованием генетической символики.

Признак	Определяющий ген
Карликовый рост	A
Нормальный рост	a

Затем определяем генотипы и продуцируемые гаметы родительских форм. По условию задачи растение с карликовым ростом гомозиготно. Следовательно, его генотип AA. Вторая родительская форма имеет нормальный рост. Поскольку ген нормального роста рецессивен, растение может быть только гомозиготным и иметь генотип aa (иначе проявится доминантный ген).

Эти данные записывают в виде схемы скрещивания. Родительские формы обозначают буквой P, первое поколение –  $F_1$  второе поколение –  $F_2$ .

После этого определяем типы гамет, продуцируемые родительскими формами. Поскольку оба родителя гомозиготны, они производят только один тип гамет. Пшеница карликового роста дает гаметы (яйцеклетки), несущие ген A, пшеница нормального роста – гаметы (спермии), несущие ген a. Гаметы записываем на следующей строчке под генотипом первого поколения  $F_1$  – Aa, так как они

получают от одного родителя ген *A*, а от другого – ген *a*. Следовательно, все потомки в первом поколении  $F_1$  гетерозиготны. Ген *A* доминантен, поэтому все растения имеют карликовый рост.

В варианте «б» задачи 3 по условию скрещиваются два гетерозиготных организма. Сначала определяем, какие типы гамет продуцируют исходные формы. Они продуцируют два типа гамет: одна половина гамет несет ген *A*, другая – ген *a*. Сочетание этих гамет дает три генотипа:  $\frac{1}{4}$  особей имеет генотип *AA*,  $\frac{2}{4}$  – генотип *Aa*,  $\frac{2}{4}$  – генотип *aa*. Особи с генотипами *AA* и *Aa* фенотипически одинаковы, имеют карликовый рост, особи с генотипом *aa* – нормальный рост.

При скрещивании этого типа в отношении человека следует иметь в виду, что говорить о точном количественном соотношении генотипов в потомстве нельзя, так как у человека число детей слишком мало для получения достоверности результатов. Поэтому можно говорить только о вероятности количественных соотношений генотипов.

Схема скрещивания

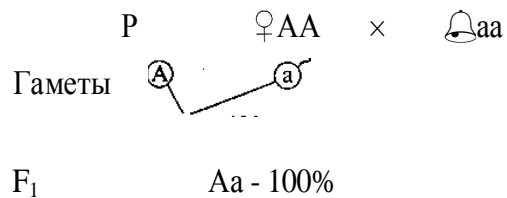
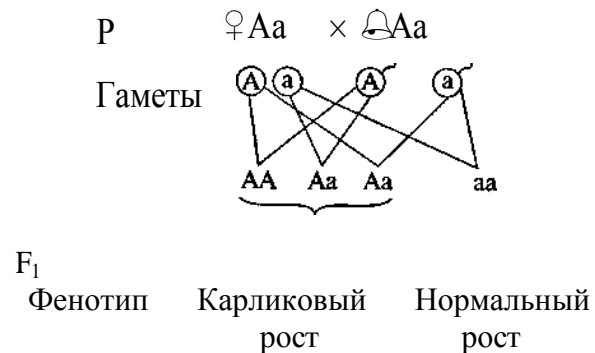


Схема скрещивания



Решение задач по множественному аллелизму

При множественном аллелизме для одного признака в популяции существуют не 2 аллеля, а большее их количество, например 3, 4 и т.д. Так, 4 аллеля, отвечающие за окраску кролика, обозначают *C*, *c<sup>h</sup>*, *c<sup>ch</sup>*, *c*. Однако у каждого организма присутствуют только 2 аллеля из этой серии (группы). Поскольку при скрещивании два организма могут иметь 4 различных аллеля, количество их комбинаций (генотипов) в потомстве может быть очень велико. По соотношению генотипов первого  $F_1$ , и второго  $F_2$  поколений они отличаются от менделевского.

Для примера разберем решение задачи 8 (вариант «а»). По условию кролик со сплошной пигментацией, гетерозиготный по гену альбинизма, скрещен с гималайским кроликом, гетерозиготным также по гену альбинизма. Надо определить генотипы и фенотипы первого поколения  $F_1$ .

Сначала напишем генотипы исходных форм. Кролик со сплошной окраской имеет гены *C* (сплошная окраска) и *c*, генотип – *Cc*. Гималайский кролик имеет гены *c<sup>h</sup>* и *c*, генотип – *c<sup>h</sup>c*.

Затем напишем схему скрещивания и производные гаметы.

Схема скрещивания

Р	♀ <i>Cc</i>	×	♂ <i>c<sup>h</sup>c</i>		
Гаметы	( <i>C</i> ) ( <i>c</i> )		<i>c<sup>h</sup></i> <i>C</i>		
$F_1$	<i>Cc<sup>h</sup></i>	<i>c<sup>h</sup>c</i>	<i>Cc</i>	<i>cc</i>	
Фенотип	Сплошной темный	Гималайский	Сплошной темный	Альбинос	
	25%	25%	25%	25%	

Поскольку вместо двух аллелей в образовании зиготы участвуют 3 аллеля (*C*, *c<sup>h</sup>*, *c*), количество генотипов и фенотипов у потомков отличается от менделевского и образует 4 генотипа: особи с генотипами *Cc* и *Cc<sup>h</sup>* имеют сплошную темную окраску; особь с генотипом *c<sup>h</sup>c* – гималайскую; особь *cc* – альбинос. Соотношение расщепления по генотипу вместо 3: 1 составляет 2:1:1.



Если один признак контролируется четырьмя аллелями, то разнообразие гено- и фенотипов соответственно увеличивается.

Ди- и полигибридное скрещивание

**Задача 10.** У морских свинок вихрастая (розеточная) шерсть (P) доминирует над гладкой (p), а черная окраска тела (B) над белой (b). Гомозиготная розеточная черная свинка скрещена с белой гладкошерстной свинкой, а) Какой генотип и фенотип будет у потомства F<sub>1</sub>, и F<sub>2</sub>? б) Какая часть розеточных черных особей потомства F<sub>2</sub> будет гомозиготна по обоим признакам?

**Задача 11.** Полидактилия (шестипалость) и близорукость передаются как доминантные аутосомные признаки. Какова вероятность рождения детей без аномалий в семье, если оба родителя имеют оба недостатка, но являются гетерозиготными по обоим признакам?

**Задача 12.** У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а способность лучше владеть правой рукой – над леворукостью, причем гены обоих признаков находятся в различных хромосомах. Голубоглазый правша женится на кареглазой правше. У них родились двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. От второго с другой кареглазой правой у этого же мужчины родилось девять кареглазых детей – все правши. Каковы генотипы всех трех родителей?

**Задача 13.** Кареглазый правша женился на голубоглазой левше. Какое потомство в отношении указанных признаков следует ожидать в такой семье? Рассмотрите два случая: когда мужчина гомозиготен по обоим признакам и когда он по ним гетерозиготен?

**Задача 14.** Наследственная слепота у людей может быть обусловлена многими причинами. В этой задаче мы будем иметь в виду два вида слепоты, причем причина каждого определяется своим рецессивным геном. Насколько вероятно, что ребенок родится слепым, если отец и мать страдают одним и тем же видом наследственной слепоты? Если различными?

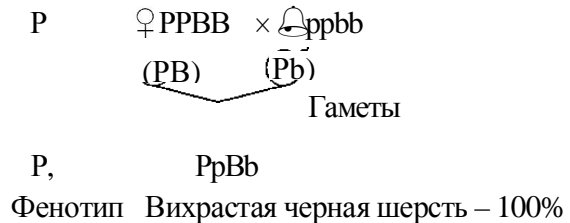
### Решение задач по дигибридному скрещиванию

Для примера разберем решение задачи 11 (вариант «а»). Ген розеточной (вихрастой) шерсти (P) доминирует над геном гладкой шерсти (p), а черная окраска тела (B) – над белой (b). По условию гомозиготная розеточная черная свинка скрещена с гладкошерстной белой. Надо определить генотип, фенотипы первого F<sub>1</sub> и второго F<sub>2</sub> поколений.

Признак	Ген
Вихрастая шерсть (розеточная)	P
Гладкая шерсть	p
Черная шерсть	B
Белая шерсть	b

Затем определим генотип родителей и их гаметы. Генотип свинки с вихрастой (розеточной) черной шерстью – PPBB, гладкошерстной белой – ppbb. Оба родителя гомозиготны, поэтому они производят только один тип гамет – PB и pb.

Для определения гено- и фенотипа в первом поколении F<sub>1</sub> напишем схему скрещивания:



Для определения генотипов потомков следует использовать решетку Пеннета.

Схема скрещивания

P	♀ PpBb	×	♂ PpBb	
Гаметы	(Pb) (PB) (pB) (pb)		(Pb) (PB) (pB) (pb)	
♀	♂			
	PB	Pb	pB	pB
PB	PPBB	PPBb	PpBB	PpBb

(Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

- Знать:
  - опыты Менделя по моногибридному скрещиванию и выводы из них;

- б) цитологическое обоснование «чистоты гамет»;
  - в) закон Менделя о свободном комбинировании признаков и его цитологическое обоснование;
  - г) менделирующие признаки у человека;
  - д) отклонения в наследовании признаков от закона Менделя: множественный аллелизм, формы аллельных генов (доминирование, кодоминирование, промежуточное наследование, сверхдоминирование), формы взаимодействия неаллельных генов (комплементарность, эпистаз, полимерия);
  - е) понятие генотипа как системы взаимодействия генов.
2. Выполнить тестовые задания.

### Тестовые задания

1. В браке женщины с I группой крови и мужчины с IV группой крови у потомков наблюдается кровь:
- а) I группы;
  - б) II группы;
  - в) III группы;
  - г) IV группы;
  - д) все перечисленные.
2. «Чистота» гамет означает:
- а) наличие в гамете только одного гена;
  - б) наличие в гамете одного из пары аллельных генов;
  - в) наличие в гамете разных аллельных генов;
  - г) наличие в гамете одной пары аллелей; д) отсутствие в гамете генов.
3. Количество типов гамет тригетерозиготного организма (AaBbCc) при свободном наследовании:
- а) 4;
  - б) 8;
  - в) 9;
  - г) 6;
  - д) 16.
4. Какие группы крови будут наблюдаться у потомства при браке гетерозиготной женщины с III группой крови и мужчины с I группой крови:
- а) I;
  - б) II;

- в) III;
- г) IV.

5. Назовите форму взаимодействия аллельных генов, когда оба гена у гетерозиготной особи реализуются в признак в каждой клетке:
- а) полное доминирование;
  - б) неполное доминирование;
  - в) сверхдоминирование;
  - г) кодоминирование;
  - д) аллельное исключение.

### ТЕМА 16. ХРОМОСОМНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ НАСЛЕДСТВЕННОГО МАТЕРИАЛА. КАРИОТИП И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА (2 часа)

**Цель занятия.** Уметь: 1) дифференцировать различные типы хромосом, приводить кариотипирование и определять пол человека по соматическим клеткам; 2) идентифицировать структурные компоненты хромосом (центромера, теломера) и различные формы хромосом (мета-, субмета- и акроцентрические) в кариотипе человека, мухи, дрозофилы и растений; 3) идентифицировать компактизированные и декомпактизированные участки (эу- и гетерохроматин) в политенных хромосомах насекомых; 4) различать аутосомы и половые хромосомы в кариотипе человека и мухи дрозофилы; 5) выявлять половой хроматин в клетках слизистой оболочки рта человека для диагностики хромосомных болезней; 6) на основании знаний закона Моргана прогнозировать наследование признаков у человека и других организмов при полном и неполном сцеплении генов; 7) применять генеалогический и цитогенетический методы медицинской генетики для прогнозирования и диагностики наследственных болезней человека.

Кариотипирование используется для пренатальной диагностики и профилактики хромосомных болезней.

Умение составлять генетические схемы наследования и рассчитывать вероятность проявления сцепленных (полно, неполно, с полом) признаков у потомков необходимо для прогнозирования развития нормальных и патологических признаков. Особенно важны эти знания в гинекологии, педиатрии и медицинской генетике.

Умение составлять и анализировать родословную позволяет выявить характер наследования признаков (аутосомного, доминантного, аутосомно-рецессивного и сцепленного с полом). Цитогенетический метод применяется для диагностики хромосомных болезней человека.

### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) хромосомный набор мухи дрозофилы (самки и самца) (микропрепарат); 2) нормальный кариотип человека (микропрепарат); 3) метод выявления полового хроматина в клетках слизистой оболочки рта человека (мазок); 4) решение задач по сцеплению генов; 5) составление родословных; 6) анализ родословных, отражающий типы наследования признаков; 7) анализ фотокариограммы (кариотипирование) нормального кариотипа человека (мужского и женского); 8) анализ фотокариограммы (кариотипирование) больных с хромосомными нарушениями.

**Оборудование.** 1. Таблицы: кариотип мухи дрозофилы; кариотип человека; опыт Моргана; сцепление с полом; идеограмма хромосом человека; кариотипы больных с хромосомными нарушениями. 2. Микропрепараты: хромосомный набор мухи дрозофилы. 3. Раздаточный материал: предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, стаканы с водой, деревянные шпатели, краситель; фотокариограммы здоровых людей и больных с хромосомными нарушениями; глазные ножницы, глазные пинцеты, клей, кисточки для клея. 4. Микроскопы.

### Кариотипы мухи дрозофилы, человека

Рассмотрите на микропрепарате кариотип самки мухи дрозофилы при малом, а затем при большом увеличении микроскопа.

Прежде всего, сосчитайте число хромосом и определите, четное оно или нечетное.

Затем рассмотрите отдельные хромосомы. Увидите, что их размер и форма неодинаковы. Каждая хромосома определенного типа имеет гомологичную себе пару, что является общим принципом организации генетического материала у эукариот.

Сначала найдите пару наиболее крупных хромосом, изогнутых в виде широко развернутой римской цифры V. Центромера этих хромо-

сом находится посередине, т.е. они метацентрические. Это хромосома пары 2.

Затем найдите хромосомы пары 3. Они также имеют форму римской цифры V, но немного короче, чем пара 2, также метацентрические.

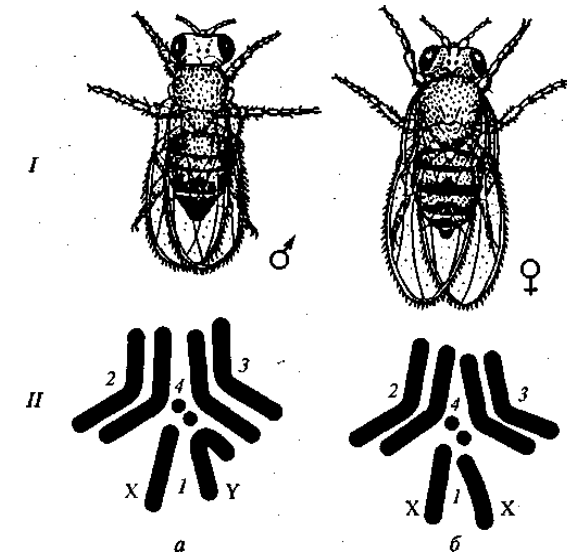


Рис. 19. Фенотип (I) и кариотип (II) мухи дрозофилы: а – самца; б – самки; 1–4 – пары хромосом; X, Y – половые хромосомы.

Хромосомы пары 4 очень мелкие, округлой формы.

И, наконец, найдите пару 1 хромосом, представленную половыми хромосомами (X-хромосомы). Они прямые, палочковидные, по размеру приближаются к хромосомам пары 2.

У самца хромосомы пар 2, 3 и 4 имеют такое же строение, как и хромосомы самки. Половые хромосомы самца, в отличие от хромосом самки, неодинаковы. Одна X-хромосома прямая, палочковидная (такая же, как у самки), другая изогнута в виде крючка, субметацентрическая (X-хромосома).

Зарисуйте в альбом хромосомный набор самки и самца. На рисунке обозначьте: 1) пару хромосом I – половые хромосомы (X и X); 2) аутосомы (хромосомы пар 2, 3, 4).

### Нормальный кариотип человека

Нормальный кариотип человека рассмотрите на микропрепарате культуры лейкоцитов сначала при увеличении  $\times 40$ .

Все поле зрения покрыто лейкоцитами. Они имеют округлую форму, компактное округлое темноокрашенное ядро, окруженное ободком светло-голубой цитоплазмы. Среди них найдите хромосомы, лежащие вне клеток, в виде небольших сплетений (метафазная пластинка), в которых хромосомы расположены по отношению друг к другу на большем или меньшем расстоянии.

Просмотрите препарат и найдите такую метафазную пластинку, хромосомы которой лежат на значительном расстоянии и поэтому хорошо различимы.

После этого переведите иммерсионный объектив в рабочее положение и рассмотрите строение хромосом этого набора. Они различаются по размеру и форме. Найдите мета-, субмета- и акроцентрические хромосомы. Попробуйте сосчитать количество хромосом каждого типа.

Зарисуйте метацентрические, субметацентрические и акроцентрические хромосомы. На рисунке обозначьте: 1) хроматиды; 2) центромеры; 3) плечи.

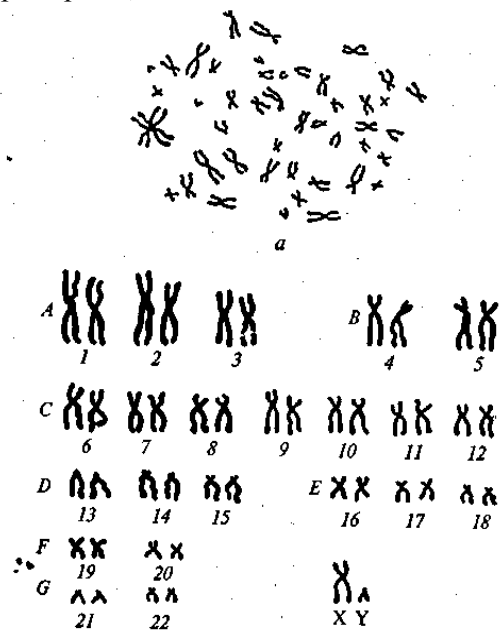


Рис. 20. Хромосомный набор мужчины: а – кариотип; б – идиограмма: А–С – группы аутом; Х, У – половые хромосомы; 1 – 22 – отдельные аутом.

### X-половой хроматин в ядрах соматических клеток

Изучить по рисункам и готовым препаратам эпителиальные клетки слизистой оболочки полости рта.

В поле зрения видны эпителиальные клетки слизистой оболочки полости рта с хорошо покрашенными ядрами. В последних можно заметить половой хроматин в форме небольшого плосковыпуклого образования, прилегающего к ядерной оболочке. От других хроматиновых глыбок он отличается размерами (крупнее), плотностью и характером расположения.

Обратите внимание, что на препаратах из ротовой полости мужчин половой хроматин встречается гораздо реже, чем на препаратах из ротовой полости женщин (обнаруживается в 40–60 % клеточных ядер).

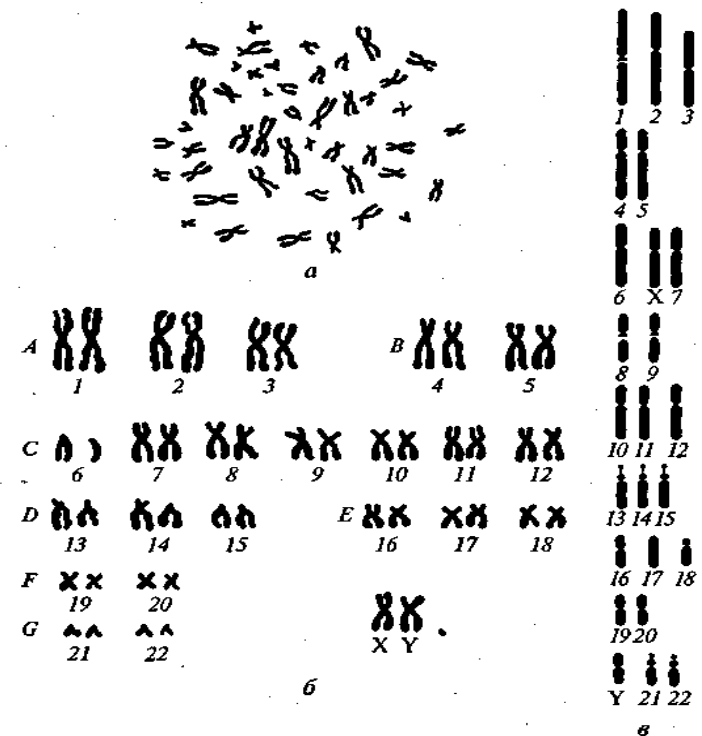


Рис. 21. Хромосомный набор женщины: а – кариотип; б – идиограмма: А – G – группы аутом; Х, У – половые хромосомы; 1 – 22 – отдельные аутом; в – типы хромосом: метацентрическая (1); субметацентрическая (4, 5); акроцентрическая (21, 22).

Зарисуйте препарат в альбом. На рисунке обозначьте: 1) цитоплазму клетки; 2) ядерную оболочку; 3) хроматиновые глыбки в ядре; 4) половой хроматин.

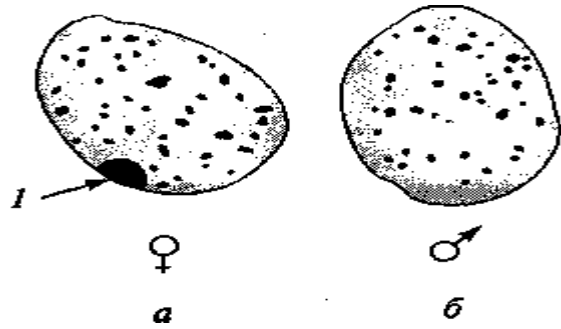


Рис. 22. Половой хроматин в ядрах соматических клеток человека:  
а) ядро клетки нормальной женщины: 1 – половой хроматин;  
б) ядро клетки нормального мужчины.

### Полное и неполное сцепление генов

**Задача 15.** Определите, какие типы гамет могут образоваться у дигетерозиготного организма ( $aB \parallel Ab$ ), если: а) кроссинговер произошёл вне фрагмента А – В; б) кроссинговер произошёл в участке хромосом между локусами генов А и В; в) между гомологичными хромосомами не произошло кроссинговера.

**Задача 16.** Определите вероятность образования гамет различного типа у дрозофил: а) генотип организма  $AaBb$ ; неаллельные гены локализованы в негомологичных хромосомах; б) генотип организма (самка)  $aB \parallel Ab$ ; частота кроссинговера 10%, 20%.

**Задача 17.** Определите относительную частоту генотипов и фенотипов у потомков P (при скрещивании дрозофил (частота кроссинговера 8%):

а) самка и самец имеют генотипы  $aB \parallel Ab$ ; б) самка и самец имеют генотипы  $ab \parallel AB$ .

### Решение задач по сцеплению генов

При анализе исследования сцепленных признаков у дигибридов мы будем иметь дело с образованием гамет четырех типов: двух типов, в которых сцепленные гены не разошлись, и двух типов крос-

соверных гамет, в которых хромосомы обменялись гомологичными участками.

Однако если в случае несцепленных признаков у дигибридов гаметы всех четырех типов образовывались в равных количествах, то при сцеплении число тех или иных гамет зависит от расстояния между генами. Это расстояние принято исчислять в морганидах. Одной морганиде соответствует 1% образования гамет, в которых гомологичные хромосомы обменялись участками.

Например, у мухи дрозофилы расстояние между геном, определяющим цвет тела, и геном, от которого зависит длина крыльев, равно 17 морганидам.

Следовательно, если принять, что у дигибридов по цвету тела и длине крыльев (генотип  $AaBb$ ) оба доминантных гена расположены в одной хромосоме, а оба рецессивных – в другой, то кроссоверных гамет образуется 17% (8,5%  $Ab$  и 8,5%  $aB$ ), а некроссоверных – 83% (41,5%  $AB$  и 41,5%  $ab$ ). В этом случае второе поколение будет расщепляться на четыре фенотипических класса не в соотношении 9:3:3:1, а соответственно числу образовавшихся гамет с перекрестом или без перекреста и вероятностей их попарного слияния.

У каждого вида животных и растений существует строго определенное число групп сцепления, которое равно гаплоидному набору хромосом. Например, у комнатной мухи 6 групп сцепления, у человека – 23 группы, у мухи дрозофилы – 4 группы.

### Наследование, сцепленное с полом

**Задача 18.** Отец и сын – дальтоники, а мать различает цвета нормально. Правильно ли будет сказать, что в этой семье сын унаследовал свой недостаток от отца?

**Задача 19.** Дочь дальтоника выходит замуж за сына дальтоника, причем жених и невеста различают цвета нормально. Каким будет зрение их детей?

**Задача 20.** Ген черной масти у кошек сцеплен с полом. Аллель этого гена соответствует рыжей масти. Не одна из этих аллелей не доминирует, т.к. гетерозиготные животные имеют пятнистую окраску (ее называют «черепаховой»). Почему черепаховые коты встречаются очень редко? Какими будут котята от скрещивания черепаховой кошки с черным котом?

### Решение задач по сцеплению с полом

В качестве примера разберем решение задачи 25 (вариант «а»). По условию задачи женщина, страдающая дальтонизмом, вышла замуж за мужчину с нормальным зрением. Надо определить, каким будет восприятие цвета у сыновей и дочерей.

Известно, что ген восприятия цвета расположен в X-хромосоме, а в Y-хромосоме соответствующий ему локус и аллельный ген отсутствуют. В связи с этим в диплоидном наборе мужчин есть только один аллель, отвечающий за восприятие цвета, а у женщин – два, так как они имеют две X-хромосомы.

Схему скрещивания для задач этого типа составляют несколько иначе, чем схемы для признаков, не сцепленных с полом. В этих схемах указывают символы не только генов, но и половых хромосом особей мужского и женского пола – X и Y. Это необходимо, чтобы показать отсутствие второго аллеля у особей мужского и женского пола.

По условию задачи схема скрещивания будет выглядеть следующим образом. Женщина имеет две X-хромосомы, и в каждой из них содержится рецессивный ген цветовой слепоты ( $X^wX^w$ ). Мужчина имеет только одну X-хромосому, несущую ген нормального цветового зрения ( $X^w$ ), и Y-хромосому, не содержащую аллельного гена.

<b>P</b>	$X^wX^w$	×	$X^wY$	
<b>Гаметы</b>	$X^w$		$X^w$	<b>Y</b>
<b>F<sub>1</sub></b>	$X^wX^w$		$X^wY$	

Сначала обозначают две X-хромосомы женщины и указывают, что они содержат гены дальтонизма. Затем обозначают хромосомы мужчины ( $X^wY$ ). Ниже вписывают гаметы, которые они производят. У женщины они одинаковы, все содержат X-хромосому с геном дальтонизма. У мужчины половина гамет несет X-хромосому с геном нормального цветового восприятия, а половина – Y-хромосому, не содержащую аллеля. После этого определяют генотипы F<sub>1</sub>.

Все девочки получают одну X-хромосому от отца, которая содержит ген нормального зрения (W), а другую X-хромосому от матери, содержащую ген цветовой слепоты (w).

Таким образом, девочки получают два гена Ww, а в связи с тем, что доминирует ген нормального зрения, у них не будет дальтонизма.

Все мальчики получают свою единственную X-хромосому от матери и расположенный в ней ген цветовой слепоты (w). Поскольку второй аллель у мальчиков отсутствует, они будут страдать дальтонизмом (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

- Знать:
  - строение и химический состав хромосом;
  - структурные компоненты хромосом;
  - типы хромосом;
  - понятие кариотипа и правила хромосом;
  - половой хроматин и его формы в соматических клетках человека;
  - диагностику хромосомных болезней человека по половому хроматину соматических клеток;
  - закон Моргана и его цитологическое обоснование;
  - расчет расстояния между генами в хромосоме у дрозофилы и человека;
  - сцепленное с полом наследование.
- Выполнить тестовые задания.

### Тестовые задания

- Половой хроматин (тельце Барра) – это:
  - генетически неактивная одна из двух X-хромосом в соматических клетках;
  - генетически активная одна из двух X-хромосом в соматических клетках;
  - гетерохроматин;
  - структурный (конститутивный) гетерохроматин;
  - эухроматин.
- Центромера у акроцентрических хромосом располагается:
  - посередине хроматиды;
  - несколько сдвинута к одному концу;
  - у одного конца;
  - в центре;
  - сильно сдвинута к одному концу.
- «Группа сцепления» – это:
  - совокупность генов, отвечающих за развитие одного признака;
  - совокупность генов, расположенных в одной хромосоме;

- в) все гены данного организма;  
 г) гены, расположенные в одинаковых локусах;  
 д) система взаимодействующих генов.
4. Через X-хромосому наследуется вместе с предыдущим:  
 а) резус-фактор;  
 б) группа крови;  
 в) полидактилия;  
 г) гемофилия;  
 д) дальтонизм.
5. Женский пол гетерогаметен:  
 а) у дрозофилы;  
 б) человека;  
 в) клопа;  
 г) птицы;  
 д) бабочки.

## ТЕМА 17. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ. СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ДНК, РНК (2 часа)

**Цель занятия.** Уметь моделировать этапы процесса биосинтеза белка (кодирование наследственной информации, репликации, транскрипции, трансляции). Знание этапов биосинтеза белка позволяет понять механизм реализации наследственной информации на молекулярном уровне в норме и возможные молекулярные механизмы возникновения генных мутаций, а также взаимосвязь гено- и фенотипа.

### Аудиторная работа

**Содержание.** 1. Моделирование структуры молекулы ДНК. 2. Решение задач: а) на определение строения молекулы белка по структуре молекулы ДНК; б) определение структуры молекулы ДНК по молекуле белка; в) изучение зависимости между изменением триплетного состава ДНК и аминокислотной последовательностью полипептидов.

**Оборудование.** Таблицы: кодоны разных аминокислот, строение ДНК и РНК, строение молекулы белка, блоки составляющих элементов нуклеотидов.

## Определение строения молекулы белка по структуре молекулы ДНК

**Задача 21.** В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности: ТАГАЦТЦЦЦАЦАЦГ. Какова последовательность нуклеотидов в другой цепочке этой же молекулы?

**Задача 22.** Пользуясь таблицей триплетов генетического кода, определить, какие аминокислоты кодируются следующими триплетами: ГГТ; ААГ; ЦТТ; ТЦГ; АГТ; ААА.

**Задача 23.** В какой последовательности расположиться нуклеотиды ДНК, комплементарные следующему составу:

ГАЦЦГГААТЦГТГАТЦАГ?

## Определение структуры ДНК по строению молекулы белка

Таблица 26 – Генетический код мРНК  
 (подчеркнуты кодоны-терминаторы)

Первая буква	Вторая буква								Третья буква
	У		Ц		А		Г		
У	УУУ УУЦ	Фен	УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ	Сер	УАУ УАЦ	Тир	УГУ УГЦ	Цис	У Ц
	УУА УУГ	Лей			УАА УАГ	нон-сенс нон-сенс	УГА УГГ	нон-сенс	А Г
Ц	ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ	Лей	ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ	Про	ЦАУ ЦАЦ	Гис	ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ	Арг	У Ц А Г
А	АУУ АУЦ	Иле	АЦУ АЦЦ	Тре	ААУ ААЦ	Асн	АГУ АГЦ	Сер	У Ц
	АУА АУГ	Мет	АЦА АЦГ		ААА ААГ	Лиз	АГА АГГ	Арг	А Г
Г	ГУУ ГУЦ	Вал	ГЦУ гцц ГЦА ГЦГ	Ала	ГАУ ГАЦ	Асп	ГГУ ГГЦ	Гли	У Ц
	ГУА ГУГ		ГАА ГАГ		Глу	ГГА ГГГ	А Г		

**Задача 24.** Фрагмент молекулы белка миоглобина содержит аминокислоты, расположенные в следующем порядке: валин – аланин –

глутаминовая кислота – тирозин – серин – глутамин. Напишите структуру участка молекулы ДНК, кодирующего эту последовательность аминокислот.

Состав кодонов, кодирующих аминокислоты.

**Задача 25.** Участки молекулы иРНК имеют следующий состав нуклеотидов: а) ГУЦГАЦААГУЦАГЦЦАА. Указать порядок расположения аминокислот в белковой молекуле, синтезируемой на этой и-РНК.

**Задача 26.** Участок гена имел следующий состав нуклеотидов: ТГГ ТЦГ ЦАГ ГАГ ГГГ ТТТ. Определить, как изменится состав кодируемых им аминокислот, если под влиянием ионизирующей радиации: а) выбит 10 слева нуклеотид; б) выбиты 10, 11 и 12 нуклеотиды?

#### **Зависимость между изменениями триплетного состава ДНК и последовательностью аминокислот в полипептиде**

**Задача 27.** В 6-м триплете гена (ЦТТ), кодирующего синтез (в цепи гемоглобина, произошла мутация, в результате которой в полипептиде вместо глутаминовой кислоты на шестом месте оказался валин. Определите, какой триплет появился в гене.

**Задача 28.** В результате мутации на участке гена, содержащего 6 триплетов: ААЦ – ТАТ – ГАЦ – АЦЦ – ГАА – ААА, произошло замещение в 3-м триплете: вместо гуанина обнаружен цитозин. Напишите состав аминокислот в полипептиде до и после мутации.

#### **Пояснения к решению задач по молекулярной генетике**

1. Находим триплеты, кодирующие каждую из указанных аминокислот (в таблице указаны кодоны иРНК, а не ДНК, поскольку в синтезе белка участвуют непосредственно молекулы иРНК, а не ДНК). Код для аминокислот: валина – УУГ, аланина – ЦУГ, глицина – ГУГ и т.д. Если аминокислота закодирована несколькими кодонами, то можно выбрать любой из них.

Затем выписываем кодоны всех аминокислот в последовательности, соответствующей порядку аминокислот. Полученная цепочка отражает строение молекулы иРНК: УУГ – ЦУГ – ГУГ...

2. Определяем строение той цепочки ДНК, которая кодировала строение иРНК. Для этого под кодоном молекулы иРНК записываем комплементарный ему кодон молекулы ДНК.

Состав кодонов ДНК определите сами: ААТ – ГАЦ – ЦАЦ – ТАТ...

3. ДНК состоит из двух цепочек, поэтому под кодонами 1-й цепочки ДНК записываем кодоны 2-й цепочки, образованные по принципу комплементарности:

1-я цепочка ДНК: ААТ ГАЦ ЦАЦ ТАТ...

2-я цепочка ДНК: ТТГ ЦТГ ГТГ АТА...

Соединяем нуклеотиды 1-й цепочки вертикальными линиями с комплементарными им нуклеотидами 2-й цепочки и получаем структуру участка молекул ДНК.

Разберем решение задачи 27. Дано строение гена (ДНК), требуется определить строение белка.

1. Выписываем нуклеотиды ДНК, разбираем их на триплеты, получаем кодоны цепи молекулы ДНК: ААЦ – ГАЦ – ТАТ...

2. Затем составляем триплеты иРНК, комплементарные кодомам ДНК, и записываем их строчкой ниже:

ДНК: ААЦ - ГАЦ - ТАТ...

иРНК: УУГ - ЦУГ - АУА...

3. Определяем по табл. 3.1, какая аминокислота закодирована каждым триплетом иРНК.

4. Строение белка: валин – аланин – лизин... и др.

ДНК: ААТ - ГАЦ - ТАТ...

иРНК: УУГ - ЦУГ - АУА...

↓ ↓ ↓

Белок: лейцин – аланин – лизин...

(Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

#### **Задания для самоподготовки**

1. Знать:

- строение молекул ДНК, РНК, рРНК, тРНК;
  - генетический код и его свойства;
  - этапы биосинтеза белка (транскрипция, созревание, трансляция).
2. Выполнить тестовые задания.

#### **Тестовые задания**

1. Что является мономером ДНК:

- азотистые основания;
- пентоза;
- пурины;



- г) нуклеотид;
  - д) аминокислота.
2. Как называется процесс узнавания тРНК своей аминокислоты:
- а) репликация;
  - б) транскрипция;
  - в) рекогниция;
  - г) трансляция;
  - д) авторепродукция?
3. Что такое антикодон:
- а) триплет, кодирующий нити молекулы ДНК;
  - б) триплет, антикодирующий нити молекулы ДНК;
  - в) триплет тРНК;
  - г) триплет иРНК;
  - д) триплет мРНК.
4. Как называется процесс образования на ДНК и РНК:
- а) комплементарность;
  - б) трансляция;
  - в) терминация;
  - г) транскрипция;
  - д) авторепродукция?
5. Выберите понятия, соответствующие вырожденности генетического кода: а) кодирование одной аминокислоты двумя, тремя и четырьмя триплетами;
- б) идентичность у всех организмов;
  - в) отсутствие разделительных знаков между триплетами;
  - г) совпадение порядка расположения кодонов в иРНК с порядком кодируемых аминокислот в белке;
  - д) одинаковые аминокислоты кодируются одинаковыми триплетами у всех организмов.

**ТЕМА 18. ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ОСНОВЫ  
МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКИ. ИЗУЧЕНИЕ  
НОРМАЛЬНЫХ И МУТИРОВАННЫХ МУХ ДРОЗОФИЛЫ.  
СОСТАВЛЕНИЕ РОДОСЛОВНЫХ  
(2 часа)**

**Цель занятия.** Уметь оценивать форму изменчивости, факторы, ее вызывающие, и в зависимости от этого прогнозировать воз-

можность и степень проявления наследственной патологии. Уметь составлять родословную, анализировать фотокариограмму.

Мутационная изменчивость – причина большинства наследственных болезней. Знание причин и механизмов возникновения мутаций позволяет прогнозировать, предупреждать и лечить наследственные болезни.

**Аудиторная работа**

**Содержание.** Изучить: 1) мутации мухи дрозофилы; 2) составление родословных; 3) анализ родословных, отражающий типы наследования признаков; 4) анализ фотокариограмм (кариотипирование) нормального кариотипа человека (мужского и женского); 5) анализ фотокариограмм (кариотипирование) больных с хромосомными нарушениями.

**Оборудование.** 1. Таблицы: схема классификации мутаций, формы мутационной изменчивости, нормальный кариотип мухи дрозофилы; изменение генетического материала мухи дрозофилы; кариотипы людей с хромосомными болезнями. 2. Микропрепараты: нормальный кариотип мухи дрозофилы; кариотип мухи дрозофилы с мутациями.

**Изучение нормальных особей мухи дрозофилы**

Рассмотрите внешнее строение мухи дрозофилы на микропрепарате и определите пол особей.

Муhy дрозофилы имеют мелкие размеры, отделы тела хорошо разграничены. У нормальных мух тело серого цвета, глаза – красного. Глаза расположены по бокам головы. Кроме того, на ней локализируются короткие сяжки. Грудной отдел серого цвета несет 3 пары членистых конечностей и пару прозрачных плоских крыльев.

Обратите внимание на то, что длина крыльев превышает длину тела. На брюшке видны поперечные полосы темного цвета – скелетные хитиновые пластинки, или тергиты (рис. 20). Самки, в отличие от самцов, имеют более широкое закругленное брюшко, на котором видны 8 тергитов в виде узких поперечных полос темного цвета.

У самцов брюшко более узкое. На передней части брюшка расположены 2 тергита. Задняя часть брюшка имеет сплошную темную окраску за счет слияния тергитов между собой.

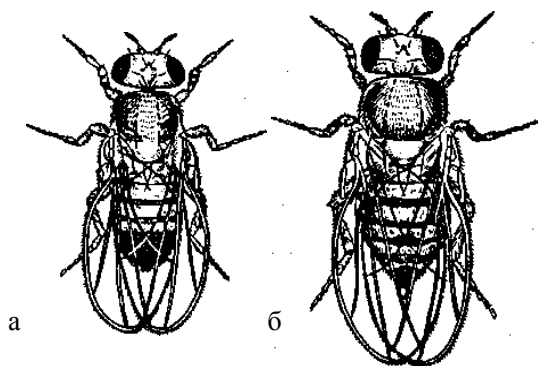


Рис. 23. Муха дрозофила:  
а – самец; б – самка

Зарисуйте самца и самку мухи дрозофилы. На рисунке обозначьте: 1) самца; 2) самку.

### Мутации мухи дрозофилы

На микропрепаратах изучите внешнее строение мух дрозофил с различными видами мутаций. На каждом микропрепарате помещены особь с нормальным фенотипом, а также особи с каким-либо одним видом мутации.

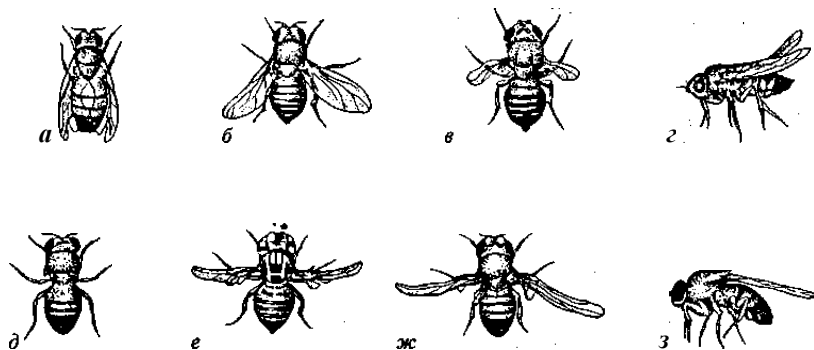


Рис. 24. Мутации у мухи дрозофилы:

а – вырезка на концах крыльев; б – пузыревидные крылья;  
в – зачаточные крылья; г – поднятые крылья; д – бескрылые;  
е – узкие глаза; ж – раздвоенные глаза; з – токсивидные ноги.

Найдите следующие наиболее распространенные виды мутаций:

Bar – узкие, полосковидные глаза;

White – белые глаза;

Black – черная окраска тела;

Yellow – желтая окраска тела;

Vestigial – зачаточные крылья;

Curly – изогнутые крылья;

Cut – вырезка на крыле;

Apterous – бескрылая форма.

Рассмотрите на препаратах мутации мух. Зарисуйте их в альбоме. Под рисунком укажите виды мутаций. Затем перерисуйте в альбоме таблицу.

Таблица 27 – Мутации мухи дрозофилы

Название мутации	Фенотипическое проявление	Тип наследования	Локус, вид мутации
Bar	Узкие, полосковидные глаза	Доминантный	Хромосома 1. Локус 1,5. Хромосомная перестройка (дубликация)
White	Белые глаза	Рецессивный	Хромосома 1. Локус 1,5. Генная мутация
Black	Черная окраска тела	То же	Хромосома 2. Локус 48,5. Генная мутация
Yellow	Желтая окраска тела	»	Хромосома 1. Локус 0,0. Генная мутация
Curly	Изогнутые крылья	Доминантный	Хромосома 2. Локус 8,5.
Vestigial	Зачаточные крылья	Рецессивный	Генная мутация
Cut	Вырезка на крыле	То же	Хромосома 2. Локус 67. Генная мутация. Хромосома 1. Локус 1,5. Генная мутация

**Генеалогический метод** включает составление и анализ родословных.

## Составление родословных

Правила составления родословных. Лицо, по отношению к которому составляют родословную (изучают наследственность семьи), называется *пробандом*, его сестры и братья – *сибсами*. Лиц женского пола обозначают кружком, лиц мужского пола – квадратом. Пробанда отмечают стрелочкой. Символы членов семьи, несущих исследуемый признак, выделяют с помощью цвета или штрихов.

Каждому поколению семьи отводят одну сторону. На ней слева направо в ряд располагают символы членов семьи в порядке рождения, соединенные с проведенной над ними горизонтальной линией. Символы лиц, состоящих в браке, соединяют линией брака.

Римскими цифрами обозначают последовательные поколения, арабскими – потомков одного поколения.

**Задача 29.** Пробанд страдает ночной слепотой. Два его брата также больны. По линии отца пробанда страдающих ночной слепотой не было. Мать пробанда больна. Две сестры и два брата матери пробанда здоровы и имеют только здоровых детей. По материнской линии известно: бабушка больна, дед здоров, сестра бабушки больна, брат здоров. Прадедущка со стороны матери страдал ночной слепотой, родственники здоровы. Составьте родословную семьи и проанализируйте ее.

**Задача 30.** Пробанд – женщина-правша. Ее две сестры – правши, два брата – левши. Мать – правша. У нее два брата и сестра, все правши. Бабка и дед – правши. Отец пробанда – левша, его сестра и брат – левши, другие два брата и сестра – правши. Составьте родословную.

**Задача 31.** Составьте родословную вашей семьи, проследив наследование любого произвольно выбранного признака (цвет глаз, цвет волос, свободная мочка уха, вьющиеся и прямые волосы и т.д.).

Цитогенетический метод позволяет изучить кариотип человека в метафазе клеточного деления. Чаще всего исследуют лимфоциты крови человека или клетки кожи плода, находящегося в амниотической жидкости, взятой при амниоцентезе. Взятые ткани обрабатывают колхицином, гипотоническим раствором, а затем специально окрашивают. С микропрепарата делают фотографию, анализ которой позволяет поставить диагноз.

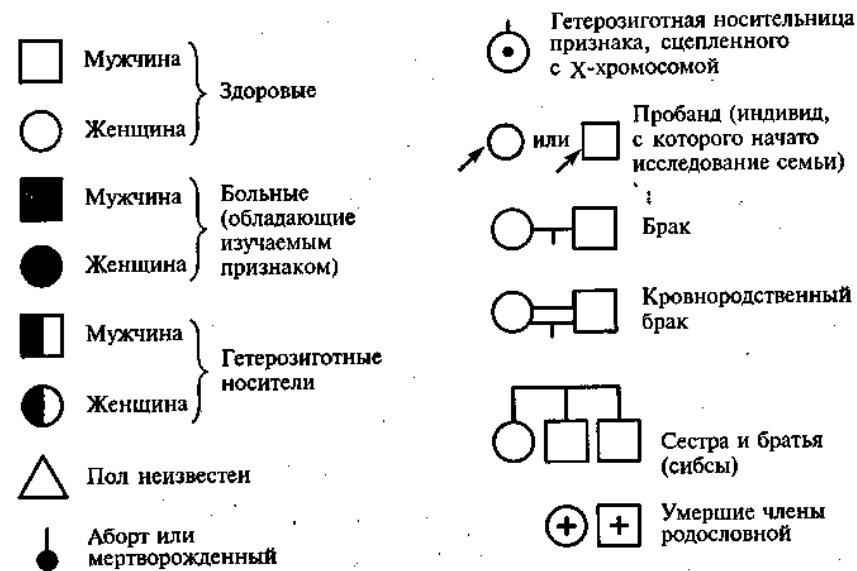


Рис. 25. Условные обозначения для составления родословных.

## Анализ фотокариограммы здорового человека

Прежде всего, на чистой странице альбома напишите в два ряда номера пар хромосом: 1, 2, 3, 4 и т.д.

На фотокариограмме здорового человека изображены хромосомы в стадии метафазы (метафазная пластинка). С помощью глазных ножниц разрежьте фотографию на несколько фрагментов (2–3–4), сосчитайте число хромосом в каждом из них и определите их общее число, а затем осторожно вырежьте каждую хромосому. По мере вырезания идентифицируйте хромосомы согласно размерам и форме, подбирайте гомологичные пары.

После того как все хромосомы вырезаны, еще раз окончательно проверьте правильность подбора гомологичных пар и покажите работу преподавателю.

Сначала определите хромосомы пар 1 и 2 – наиболее крупные по размерам. Пара 3 хромосом имеет меньшую длину, чем хромосомы пар 7, 2, по форме относится к метацентрическим. Пары хромосом 1–3 образуют группу А.

Хромосомы пар 4 и 5 очень сходны по размеру и форме (субметацентрические), поэтому дифференцировать их не нужно, важно отнести их в группу В.



Рис. 26. Кариотип (а) и идиограмма (б) мужчины:  
1–22 – пары аутосом; X, Y – половые хромосомы.

Хромосомы, относящиеся к парам 6–12, составляют группу С. Они имеют средние размеры, в основном субметацентрические, хотя различия в длине плеч несколько варьируют. Точно идентифицировать отдельные пары в пределах группы трудно и делать это не нужно.

С хромосомами пары 8 этой группы по размеру и форме сходна X-хромосома. В связи с этим ее нередко первоначально помещают в группу С. Позднее, когда хромосомы в основном подобраны, найдите X-хромосому среди хромосом этой группы и переместите ее в пару 23.

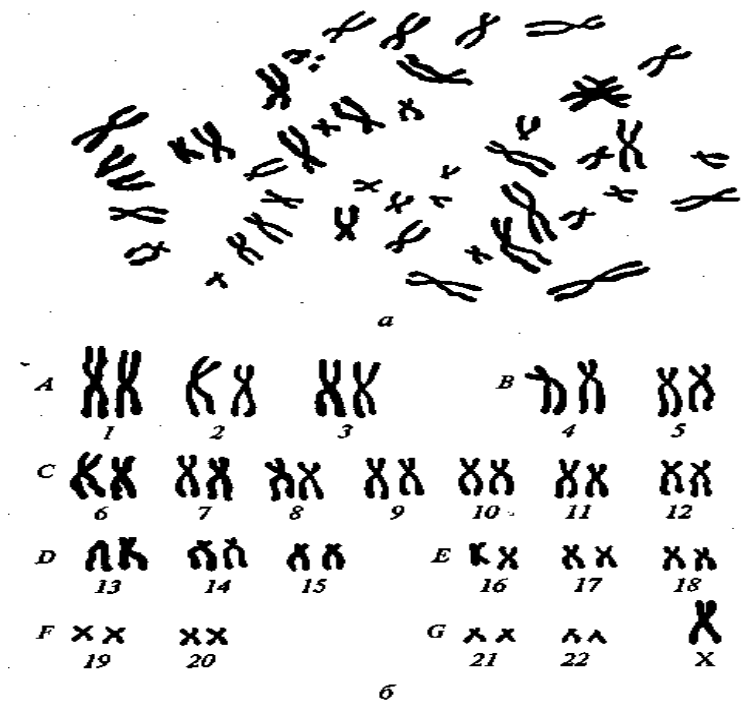


Рис. 27. Кариотип (а) и идиограмма (б) больной с синдромом Шершевского–Тернера (моносомия по паре половых хромосом):  
1–22 – пары аутосом; X – половая хромосома.

Хромосомы пар 13–15 (группа D) легко найти, так как они имеют средние размеры и типичную акроцентрическую форму.

Пары 16–18 (группа E) представлены хромосомами меньших размеров, мета- и субметацентрическими. Среди них легче всего идентифицировать пару 16, поскольку она метацентрическая.

Хромосомы пар 19 и 20 (группа F) короткие, по форме ближе к метацентрическим.

Хромосомы пар 21 и 22 (группа G) самые короткие, акроцентрические.

Пара хромосом 23 у женщин представлена двумя X-хромосомами, одинаковыми по строению. Как уже указывалось, X-хромосома по размеру соответствует паре хромосом 8, по форме – метацентрическая.

У мужчин пара 23 состоит из хромосом X и Y. Y-хромосома по размеру и форме соответствует хромосомам пар 21 и 22, имеет параллельное расположение длинных плеч.

Подобрав гомологичные пары хромосом, определите, кому принадлежит данный кариотип – мужчине или женщине.

Затем наклейте хромосомы на лист альбома. Хромосомы, образующие одну группу, объедините (сверху или снизу) фигурной скобкой и укажите группу (A, B и т.д.).

Затем напишите сделанный на основании анализа фотокариограммы вывод. Укажите количество хромосом, нормальный кариотип или нет, мужской или женский и почему.

### Анализ фотокариограмм больных с хромосомными нарушениями

Работа проводится так же, как и предыдущая. Хромосомы следует вырезать, подобрать пары гомологичных хромосом и наклеить на страницу альбома.

В выводе следует указать характер хромосомных нарушений: общее количество хромосом, в какой паре хромосом и в каком направлении (моносомия, трисомия и т.д.) произошло изменение их числа, а также название болезни или синдрома (рис. 24, 25) (Н.В. Чебышев, 2005; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

1. Знать:
  - а) фенотипическую изменчивость, ее характеристики и значение в медицине;
  - б) понятие нормы реакции;
  - в) комбинационную изменчивость и механизмы ее возникновения;
  - г) мутации, мутагенные факторы;
  - д) характеристики мутаций на различных уровнях поражения наследственности;
  - е) особенности наследственности человека;
  - ж) основные методы изучения наследственности человека и их роль в диагностике наследственных болезней (генеалогический, биохимический, близнецовый, цитогенетический, популяционно-статистический, дермато-глифический);
  - з) основные группы наследственных болезней;

и) хромосомные болезни человека, их характеристики и диагностику.

2. Выполнить тестовые задания.

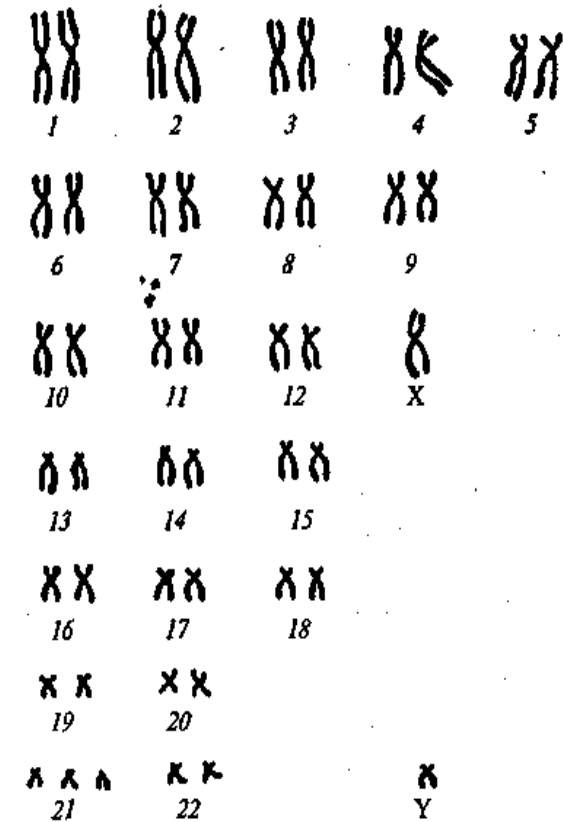


Рис. 28. Хромосомный набор мужчины при болезни Дауна (трисомия по 21-й паре аутосом):

1–22 – аутосомы; X, Y – половые хромосомы.

### Тестовые задания

1. Летальные мутации:
  - а) повышают жизнеспособность организма;
  - б) вызывают гибель в эмбриональном состоянии;

- в) понижают жизнеспособность;  
г) уменьшают продолжительность жизни;  
д) повышают плодовитость.
2. Трисомия – это:
- а) увеличение числа хромосом в кариотипе, кратное полиплоидному ( $3n$ );  
б) увеличение числа хромосом в наборе  $2n$  на одну пару гомологичных хромосом ( $2n + 2$ );  
в) увеличение числа хромосом в наборе  $2n$  на одну хромосому ( $2n + 1$ );  
г) уменьшение числа хромосом в наборе на одну пару гомологичных хромосом ( $2n - 2$ );  
д) уменьшение числа хромосом в наборе  $n$  на одну хромосому ( $n - 1$ ).
3. Кариотип при синдроме Дауна:
- а) 47 хромосом XXУ;  
б) 47 хромосом XXX;  
в) 47 хромосом XXО;  
г) 47 хромосом, трисомия пары 21;  
д) 47 хромосом, трисомия пары 18.
4. В соматических клетках женщины с синдромом Шерешевского – Тернера:
- а) 2 тельца Барра;  
б) 1 тельце Барра;  
в) 3 тельца Барра;  
г) тельце Барра в 50 % клеток;  
д) тельце Барра отсутствует.
5. Термином «сибс» обозначают:
- а) лицо, по отношению к которому анализируют родословную;  
б) его родителей;  
в) его детей;  
г) его братьев;  
д) его сестер.

---

---

### РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ПАРАЗИТОЛОГИИ

#### ТЕМА 19. МЕДИЦИНСКАЯ ПАРАЗИТОЛОГИЯ. МЕДИЦИНСКАЯ ПРОТОЗООЛОГИЯ. КЛАСС САРКОДОВЫЕ. ДИЗЕНТЕРИЙНАЯ АМЕБА (2 часа)

Медицинская протозоология изучает простейших, имеющих медицинское значение.

**Цель занятия.** Уметь идентифицировать представителей типа Простейшие (дизентерийную амёбу, лейшманию висцеральную, лейшманию кожную, лямблию, трихомонаду, малярийного плазмодия, токсоплазму, балантидия) и обосновать методы диагностики и профилактики вызываемых ими заболеваний.

Представители типа Простейшие являются возбудителями паразитарных заболеваний человека (амебиаза, лейшманиоза, трихомониаза, лямблиоза, токсоплазмоза, балантидиаза, малярии и т.д.).

Детальное знание морфофункциональной характеристики и особенностей жизненных циклов паразитов позволяет проводить дифференциальную диагностику паразитарных заболеваний. От результатов последней зависят характер лечения и разработка профилактических мероприятий.

#### Аудиторная работа

**Содержание.** 1. Изучение микропрепаратов (дизентерийная амёба, лейшмания висцеральная, лейшмания кожная, лямблия, трихомонада, малярийный плазмодий, токсоплазма, балантидий). 2. Изучение строения и жизненных циклов простейших.

**Оборудование.** 1. Таблицы: систематика простейших; строение и жизненные циклы отдельных представителей (дизентерийная амёба, лейшмания висцеральная, лейшмания кожная, лямблия, трихомонада, малярийный плазмодий, токсоплазма, балантидий). 2. Микроскопы.

Таблица 28 – Простейшие, имеющие медицинское значение

Класс	Вид	Заболевание
Саркодовые	Дизентерийная амeba	Амебиаз
	Лейшмания висцеральная	Висцеральный лейшманиоз
	Лейшмания кожная	Кожный лейшманиоз
Жгутиковые	Трихомонада	Мочеполовой трихомониаз
	Лямблия	Лямблиоз
Споровики	Малярийный плазмодий	Трехдневная малярия
	Токсоплазма	Токсоплазмоз
Инфузории	Балантидий	Балантидиоз

## КЛАСС САРКОДОВЫЕ

### Дизентерийная амeba

Рассмотрите под микроскопом мазок фекалий больного амебиазом (микроскоп, увеличение x90). На препарате в поле зрения видны остатки непереваренной пищи, клетки кишечного эпителия, среди которых находятся амeбы, отличающиеся от них более крупными размерами.

Дизентерийная амeba имеет округлую или овальную форму, так как при обработке препарата псевдоподии втягиваются. Для ядра характерно наличие звездчатой кариосомы, локализуемой точно в центре. Хроматин ядра, как правило, располагается в виде радиальных цепей.

Строение ядра является главным признаком, позволяющим отличить на препарате амeбу от других клеток или других видов амeб. В эндоплазме некоторых амeб можно видеть темные округлые тельца. Это эритроциты, фагоцитированные амeбой. Обычно эритроциты окружены светлой зоной, представляющей собой пищеварительную вакуоль. Наличие эритроцитов в цитоплазме дизентерийной амeбы является важным диагностическим признаком, позволяющим отличить ее от кишечной амeбы, питающейся бактериями.

Зарисуйте амeбу в альбом. На рисунке обозначьте: 1) ядро; 2) кариосому; 3) пищеварительные вакуоли амeбы с фагоцитированными эритроцитами.

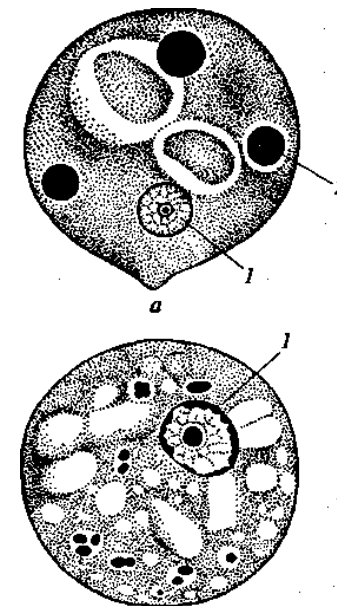


Рис. 29. Амeбы, обитающей в кишечнике человека: а – дизентерийная; б – кишечная; 1 – ядро; 2 – фагоцитированные эритроциты.

### Жизненный цикл дизентерийной амeбы

Изучите жизненный цикл дизентерийной амeбы по учебной таблице. Зарисуйте схему жизненного цикла амeбы в альбом.

## ТЕМА 20. КЛАСС ЖГУТИКОВЫЕ. ЛЕЙШМАНИИ

### Лейшмания в культуре – жгутиконосная форма

В поле зрения видны жгутиковые формы лейшманий, лежащие группами или обособленно. Рассмотрите форму их тела. Передний конец лейшманий расширен и округлен, задний заострен. Цитоплазма окрашена в сине-фиолетовый цвет. Крупное ядро, расположенное ближе к заднему концу тела, имеет красно-фиолетовую окраску. На переднем конце тела виден точкообразный блефаропласт, от которого отходит жгутик (рис. 27, а). В такой форме лейшманий обнаруживаются в слюне переносчика-москита.

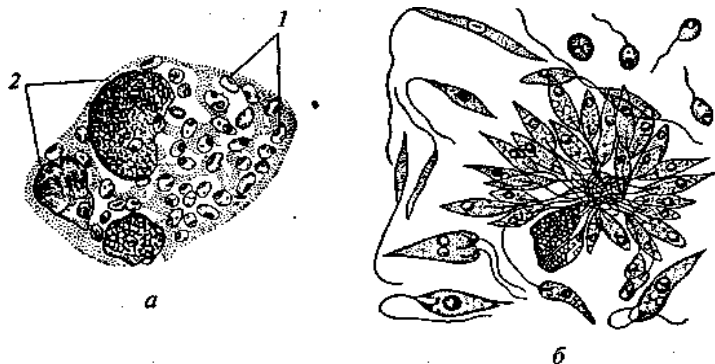


Рис. 30. Лейшмания:

а – паразиты в клетке хозяина: 1 – лейшманий;  
2 – ядра клетки хозяина; б – жгутиковые формы в культуре.

Зарисуйте лейшманий. На рисунке обозначьте: 1) цитоплазму; 2) ядро; 3) блефаропласт; 4) жгутик.

#### Лейшмания в тканях – внутриклеточная безжгутиковая форма

На готовых препаратах с отпечатками или срезами органов зараженных животных рассмотрите крупные клетки тканей хозяина с большими ядрами.

Цитоплазма отдельных клеток заполнена мелкими тельцами округлой или овальной формы – лейшманиями. Рассматривая тело лейшмании, найдите крупное ядро красно-фиолетового цвета, расположенное ближе к заднему концу, и палочкообразный блефаропласт. У внутриклеточной формы жгутик отсутствует. Иногда лейшмании обнаруживают между клетками после гибели пораженных тканевых элементов.

Зарисуйте несколько клеток, пораженных лейшманиями. На рисунке обозначьте: 1) тканевую клетку хозяина (цитоплазму, ядро); 2) лейшманию (цитоплазму, ядро, блефаропласт).

**Трихомонада кишечная** возбудитель кишечного трихомониаза – антропоноза.

**Географическое распространение** – повсеместно.

**Локализация** – паразита в просвете слепой кишки и нижних отделах тонкого кишечника.

**Морфологическая характеристика.** Существует лишь в вегетативной форме. Вегетативная форма размером 8-12 мкм, грушевидная, имеет аксостиль, цитостом, 1 ядро, 3-4 свободных жгутика и один жгутик тянется вдоль всего тела по краю ундулирующей мембраны.

#### Цикл развития

**Инвазионная форма.** Вегетативная форма попадает к человеку через рот. Заражение происходит алиментарным способом, при проглатывании трихомонады с немывтыми овощами, фруктами, некипяченой водой.

**Патогенное действие.** Вопрос о патогенности спорный. Считается, что трихомонада может вызывать воспалительный процесс в кишечнике, так как иногда обнаруживают трихомонад с заглоченными эритроцитами. Трихомониаз чаще сопутствует патологическим процессам в кишечнике, вызванным другими причинами.

**Источник заражения** - больной человек и носитель.

#### Диагностика

Микроскопическое исследование свежих мазков жидких фекалий. Обнаружение в них вегетативных форм.

**Профилактика:**

- а) общественная – охрана воды и почвы от загрязнения фекалиями;
- б) личная – соблюдение правил личной гигиены (мытьё рук, овощей, фруктов и кипячение воды).

### ТЕМА 21. КЛАСС СПОРОВИКИ. МАЛЯРИЙНЫЙ ПЛАЗМОДИЙ. ТОКСОПЛАЗМА. БАЛАНТИДИИ

#### Малярийный плазмодий

Рассмотрите мазок крови больного трехдневной малярией. В поле зрения видны клетки крови – эритроциты и лейкоциты. Эритроциты, имеющие округлую форму, составляют основную массу клеток. Они окрашены в бледно-розовый цвет и не содержат ядра. Лейкоцитов мало. Как правило, они имеют крупные сегментированные ядра, окрашенные в фиолетовый цвет.

Найдите эритроциты, пораженные плазмодием. Они несколько



увеличены в размерах, содержат мелкую зернистость розового цвета (зерна Шюффнера). Внутри пораженного эритроцита находятся трофозоиты, т. е. растущие и питающиеся стадии плазмодиев.

**Стадия кольцевидного трофозоида.** Найдите раннюю стадию – кольцевидный трофозоит. В этой стадии паразиты имеют округлую форму и небольшие размеры (1,3–1,6 диаметра эритроцита). При окраске по Романовскому–Гимзе цитоплазма видна в виде узкого ободка голубой окраски. Ядро, лежащее на периферии паразита, окрашено в фиолетово-красный цвет. Вакуоль, находящаяся внутри цитоплазмы трофозоида, не окрашивается и создает впечатление пустоты в центре тела. Паразит напоминает форму кольца или перстня, с чем и связано его название.

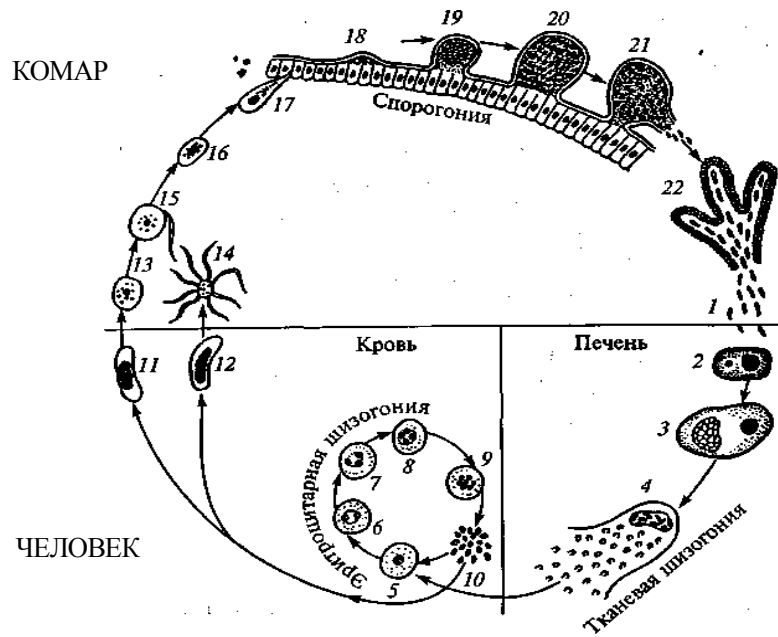


Рис. 31. Жизненный цикл возбудителя тропической малярии (малярийного плазмодия):

1 – выход спорозоитов из протока слюнной железы и внедрение их в клетки печени; 2–4– тканевая шизогония; 5–10 – эритроцитарная шизогония; 11, 12 – гаметоциты; 13 – женская гамета; 14 – образование микрогамет; 15 – оплодотворение; 16 – зигота; 17 – оокинета; 18–20 – развитие ооцист; 21 – разрыв зрелой ооцисты и выход спорозоитов; 22 – спорозоиты в слюнной железе.

Зарисуйте непораженный эритроцит и эритроцит с кольцевидным трофозоитом.

**Стадия юного трофозоида.** На препарате найдите стадию юного трофозоида. В этой стадии паразит достигает значительно больших размеров и занимает менее половины эритроцита. Вакуоль уменьшается, цитоплазма сохраняет сине-голубую окраску. В ней видны зерна темно-бурого пигмента – продукта распада гемоглобина, используемого паразитом для питания.

Зарисуйте в альбом эритроцит, содержащий юный трофозоит. На рисунке обозначьте: 1) пораженный эритроцит; 2) юный трофозоит (ядро, цитоплазму, псевдоподии, вакуоль).

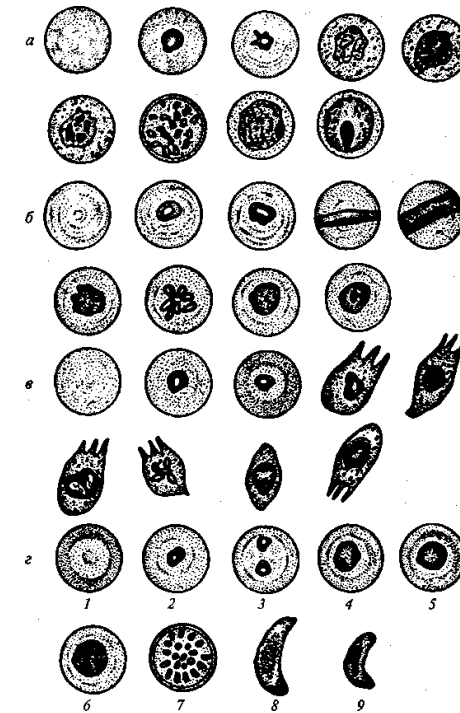


Рис. 32. Эритроцитарные формы возбудителей малярии человека: а – трехдневной малярии; б – четырехдневной малярии; в – малярии овале; г – тропической малярии: 1 – непораженные эритроциты; 2 – кольцевидные трофозоиты; 3 – юные трофозоиты; 4 – половозрелые трофозоиты; 5 – взрослые трофозоиты; 6 – незрелые шизонты; 7 – зрелые шизонты; 8 – женские гаметоциты; 9 – мужские гаметоциты.

**Стадия взрослого трофозоида.** В этой стадии паразит занимает почти весь эритроцит. Его вакуоль чаще отсутствует или имеет очень малые размеры, объем цитоплазмы и ядра больше, чем у половозрелого трофозоида. В цитоплазме плазмодия содержится наибольшее количество пигмента, образовавшегося от переваренного гемоглобина.

**Шизонит в стадии деления.** Найдите на препарате пораженный эритроцит в начальной стадии деления шизонта. В этой стадии ядро паразита уже разделилось на 10–20 частей, а деление цитоплазмы еще не произошло. В эритроците видны голубая цитоплазма шизонта и заключенные в ней ядра ярко-красного цвета. Сосчитайте число ядер.

Зарисуйте в альбом эритроцит с делящимся шизонитом.

На рисунке обозначьте: 1) цитоплазму шизонита; 2) ядра.

### Токсоплазма

На препарате видно, что токсоплазмы расположены вне клетки, а некоторые – внутри нее. Обратите внимание на характерную полукруглую форму тела, один конец которого закруглен, другой – заострен. Цитоплазма окрашена в фиолетовый цвет, а крупное зернистое ядро в центре тела – в красный.

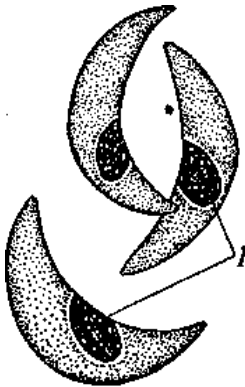


Рис. 33. Токсоплазма:  
1 – ядра.

Зарисуйте токсоплазму. На рисунке обозначьте: 1) цитоплазму; 2) ядро.

### Субмикроскопическое строение и жизненный цикл токсоплазмы

Изучите схему жизненного цикла и схему субмикроскопического строения токсоплазмы.

### Балантидий

Обратите внимание на крупные размеры и округлую форму паразита.

На окрашенных препаратах цитоплазма имеет желтовато-коричневый цвет. Найдите на переднем конце тела ротовое отверстие (цитостом) в виде треугольной щели. Большое ядро бобовидной или палочковидной формы темно-коричневого цвета (макронуклеус) расположено в средней части тела.

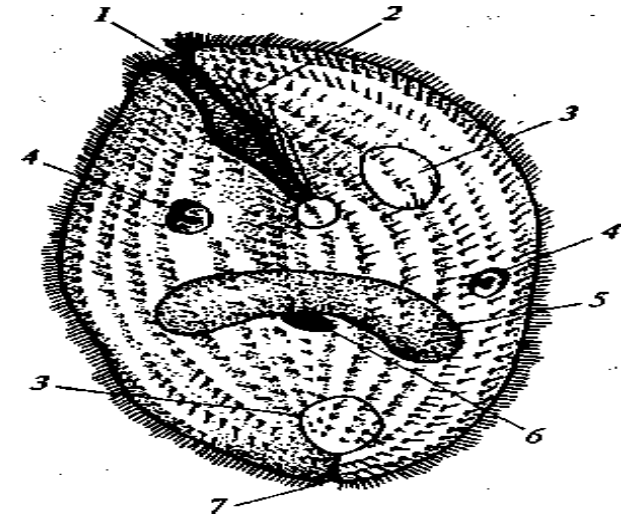


Рис. 34. Балантидий:

1 – цитостом; 2 – цитофаринкс; 3 – сократительные вакуоли;  
4 – пищеварительная вакуоль; 5 – макронуклеус; 6 – микронуклеус;  
7 – выделительная пора.

Найдите две пульсирующие вакуоли в виде светлых пузырьков округлой формы: одна расположена в задней, другая – в средней части тела. Иногда в теле балантидия видны округлые образования темного цвета – пищеварительные вакуоли.

Зарисуйте вегетативную форму балантидия. На рисунке обозначьте: 1) цитостому; 2) макронуклеус; 3) сократительные вакуоли; 4) пищеварительные вакуоли (если видны) (Н.В. Чебышев, 2005; Н.В. Чебышев, 2010).

#### Задания для самоподготовки

- Знать:
  - классификацию типа простейших;
  - общую морфологическую характеристику типа;
  - органеллы передвижения простейших;
  - размножение простейших;
  - морфологические отличия и жизненные циклы дизентерийной амебы, лейшмании висцеральной, лейшмании кожной, лямблии, трихомонады, малярийного плазмодия в разных стадиях, токсоплазмы, балантидия;
  - методы лабораторной диагностики и профилактики протозойных инвазий.
- Выполнить тестовые задания.

#### Тестовые задания

- Количество ядер в цисте кишечной амебы:
  - 8;
  - 12;
  - 4;
  - 1;
  - 2.
- Для диагностики лямблиоза используют:
  - фекалии;
  - пунктат из печени;
  - отделяемое влагалища;
  - мокроту;
  - дуоденальное содержимое.
- Для диагностики трихомониаза используют:
  - мокроту;
  - дуоденальное содержимое;
  - пунктат из печени;
  - отделяемое от влагалища и уретры;
  - кровь.

- Для человека инвазионная стадия малярийного плазмодия:
  - шизонт;
  - микрогаметоциты;
  - спорозоит;
  - макрогаметоциты;
  - мирозоит.
- Возбудитель токсоплазмоза проникает в организм человека:
  - трансмиссивно;
  - воздушно-капельным путем;
  - контактно-бытовым путем;
  - активно через кожу;
  - алиментарно.

#### Контрольные вопросы

- Тип Простейшие. Общая характеристика. Размножение. Медицинское значение.
- Класс саркодовые. Представители, их морфологические отличия, жизненный цикл.
- Класс жгутиковые. Представители, их морфологические отличия, жизненный цикл.
- Класс споровики. Представители, их морфологические отличия, жизненный цикл.
- Класс инфузории. Представители, их морфологические отличия, жизненный цикл.
- Методы диагностики и профилактики заболеваний, вызванных представителями типа Простейших.

#### ТЕМА 22. ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ. КЛАСС СОСАЛЬЩИКИ. ПЕЧЕНОЧНЫЙ СОСАЛЬЩИК (2 часа)

**Цель занятия.** Уметь определять сосальщиков (трематод) – возбудителей заболеваний человека и использовать морфологические критерии при профилактике и диагностике вызываемых ими заболеваний (трематодозов).

Трематодозы – заболевания, вызываемые паразитированием сосальщиков (трематод), распространены во многих странах, в том

числе и в странах СНГ. На территории России наиболее распространены описторхоз (бассейны Оби, Иртыша, Камы), клонорхоз (бассейн Амура), на территории Средней Азии, Закавказья – фасциолез. На основании знаний морфологических особенностей и жизненных циклов необходимо уметь проводить диагностические исследования и профилактические мероприятия.

Таблица 29 – Плоские черви, имеющие медицинское значение

Тип	Класс	Вид	Заболевание
Плоские черви	Сосальщикообразные (трематоды)	Печеночный сосальщик	Фасциолез
		Кошачий сосальщик	Описторхоз
		Ланцетовидный сосальщик	Дикроцелиоз
		Легочный сосальщик	Парагонимоз
		Кровяные сосальщикообразные	Шистосомоз
		Китайский сосальщик	Клонорхоз

### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) пищеварительную систему печеночного сосальщика; 2) выделительную систему печеночного сосальщика; 3) строение кошачьего сосальщика; 4) строение китайского сосальщика; 5) строение ланцетовидного сосальщика; 6) строение легочного сосальщика.

**Оборудование.** 1. Таблицы: систематика типа Плоские черви, строение сосальщикообразных (печеночного, кошачьего, ланцетовидного, китайского, легочного); строение выделительной и пищеварительной систем трематод; жизненные циклы сосальщикообразных. 2. Макропрепараты: печень рогатого скота, пораженная фасциолезом. 3. Микропрепараты: пищеварительная система печеночного сосальщика; выделительная система фасциолы; тотальный препарат кошачьего, китайского, легочного и ланцетовидного сосальщикообразных. 4. Микроскопы.

### Печеночный сосальщик – пищеварительная система

Рассмотрите пищеварительную систему, инъецированную тушью, на препарате печеночного сосальщика.

Найдите на конце конусовидного расширения фасциолы ротовую

присоску, внутри которой находится ротовое отверстие. От него начинается узкая и короткая глотка, которая переходит в пищевод. Последний, образует две главные ветви кишечника – правую и левую с многочисленными боковыми ответвлениями, оканчивающимися слепо. Оба кишечных канала не доходят до конца тела и заканчиваются слепо.

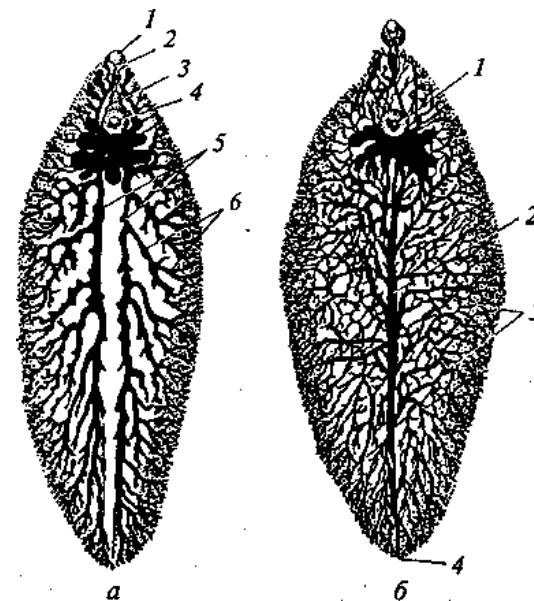


Рис. 35. Печеночный сосальщик:

а – пищеварительная система: 1 – ротовая присоска и ротовое отверстие; 2 – глотка; 3 – пищевод; 4 – брюшная присоска; 5 – главные ветви кишечника; 6 – боковые ветви кишечника; б – выделительная система, состоящая из многочисленных выделительных канальцев: 1 – брюшная присоска; 2 – главный выделительный ствол; 3 – выделительные канальцы; 4 – выделительное отверстие.

Кзади от глотки находится брюшная присоска правильной округлой формы.

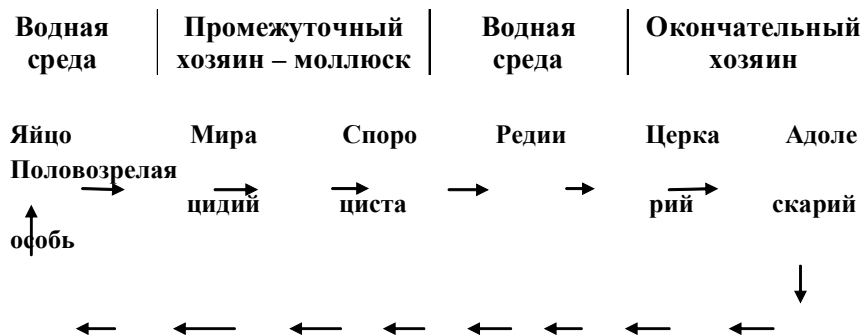
Зарисуйте пищеварительную систему печеночного сосальщика (фасциолы). На рисунке обозначьте: 1) ротовую присоску; 2) глотку; 3) главные ветви кишечника; 4) боковые ветви кишечника; 5) брюшную присоску.

### Печеночный сосальщик – выделительная система

На препарате рассмотрите выделительную систему печеночного сосальщика и найдите центральный канал, который заканчивается выделительным отверстием (порой) на заднем конце тела. В центральный канал впадают многочисленные более мелкие каналы, которые образуются из мельчайших собирательных канальцев, пронизывающих все тело трематоды.

Зарисуйте выделительную систему печеночного сосальщика. На рисунке обозначьте: 1) собирательные канальцы; 2) центральный выделительный канал; 3) выделительную пору.

Цикл развития. Биогельминт. Окончательные хозяева – травоядные животные, свиньи и человек. Промежуточный хозяин – пресноводный моллюск, малый прудовик.



Между маткой и семенниками расположены яичник и семяприемник. Яичник имеет меньшие размеры и округлую форму. Семяприемник более крупный, овальной формы. Желточники расположены латерально от ветвей кишечника, на уровне матки.

Между семенниками хорошо виден широкий изогнутый 8-образный выделительный канал.

Зарисуйте препарат в альбом. На рисунке обозначьте: 1) ротовую присоску; 2) брюшную присоску; 3) глотку; 4) ветви кишечника; 5) половую клоаку; 6) семенники; 7) яичник; 8) семяприемник; 9) матку; 10) желточники.

Цикл развития. Биогельминт. Окончательные хозяева – рыба, медведи и человек. Промежуточные хозяева: первый – речной моллюск, второй – рыба.

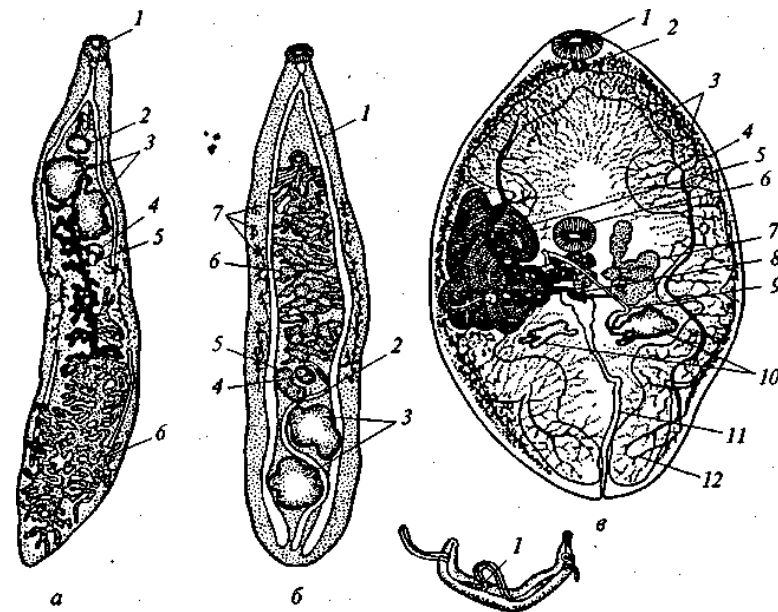
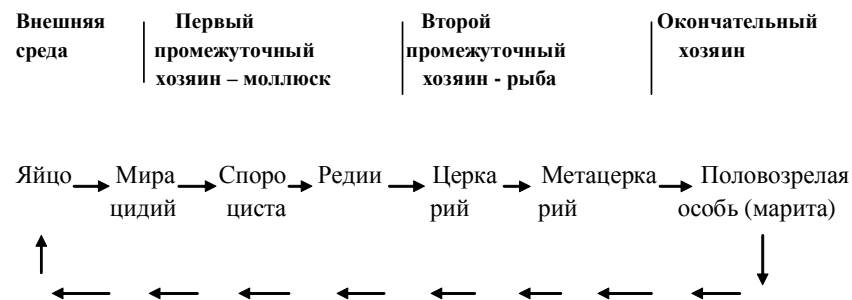


Рис. 36. Сосальщико – паразиты человека:

а – ланцетовидный сосальщик: 7 – ротовая присоска; 2 – циррус; 3 – семенники; 4 – семяприемник; 5 – яичник; 6 – матка; б – кошачий сосальщик: 1 – канал пищеварительной системы; 2 – выделительный канал; 3 – семенники; 4 – яичник; 5 – семяприемник; 6 – матка; 7 – желточники; в – легочный сосальщик: 1 – ротовая присоска; 2 – глотка; 3 – желточники; 4 – нервный ствол; 5 – матка; 6 – брюшная присоска; 7 – яичник; 8 – циррус; 9 – семяпровод; 10 – семенники; 11 – выделительный канал; 12 – слепое окончание пищеварительного канала; г – кровяной сосальщик: 1 – самка в геникоформном канале самца.



### Ланцетовидный сосальщик

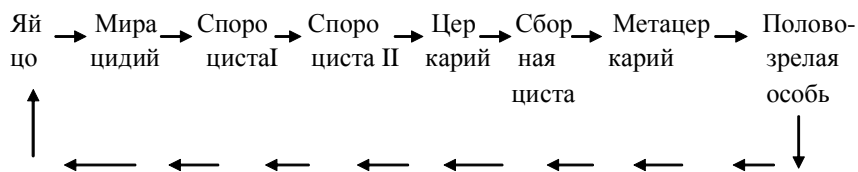
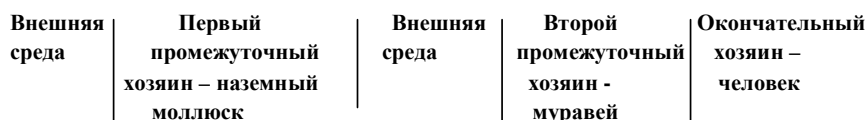
Рассмотрите препарат ланцетовидного сосальщика (дикроцелиума). Изучите по схеме жизненный цикл паразита.

Найдите на переднем конце тела ротовую присоску и немного позади от нее – брюшную. Рассмотрите пищеварительную систему: ротовое отверстие, короткую глотку, переходящую в пищевод, две неразветвленные ветви кишечника, отходящие от пищевода и оканчивающиеся слепо.

Рассмотрите половую систему. В передней части тела расположены два крупных овальных семенника. Матка занимает заднюю половину тела. Немного позади от второго семенника находится маленький округлой формы яичник.

Зарисуйте препарат в альбом. На рисунке обозначьте: 1) ротовую присоску; 2) брюшную присоску; 3) глотку; 4) ветви кишечника; 5) половую клоаку; 6) семенники; 7) яичник; 8) семяприемник; 9) матку; 10) желточники.

Цикл развития. Биогельминт. Окончательные хозяева – травоядные животные и человек. Промежуточные хозяева: первый – наземные моллюски, второй – муравьи.



### Легочный сосальщик

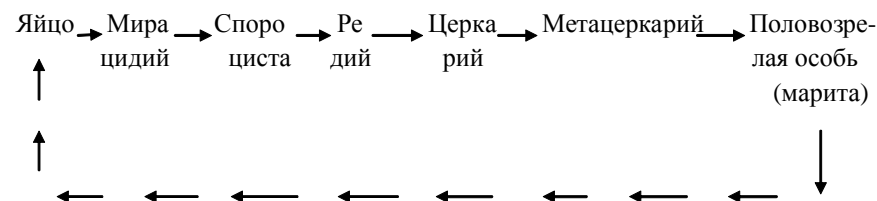
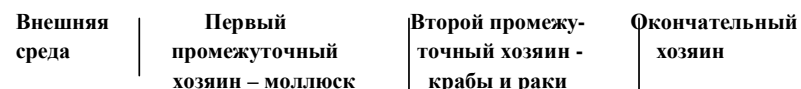
Рассмотрите строение легочного сосальщика на микропрепарате. Это крупный округлой формы гельминт. Ротовая присоска расположена терминально на переднем конце тела, брюшная – почти на середине тела.

Рассмотрите пищеварительную систему: ротовое отверстие, глотку и кишечные каналы. Неразветвленные каналы кишечника, проходя по боковым сторонам тела, образуют многочисленные изгибы.

В средней части тела, позади брюшной присоски, находятся многолопастный яичник и матка, расположенные на одном уровне. Позади матки видны два крупных пятилопастных семенника. Латерально от каналов кишечника располагаются желточники.

Зарисуйте в альбом легочного сосальщика. На рисунке обозначьте: 1) ротовую присоску; 2) брюшную присоску; 3) канальца кишечника; 4) яичник; 5) семенники; 6) матку; 7) желточники; 8) выделительный канал.

Цикл развития. Биогельминт. Окончательные хозяева – кошка, собака, тигр, свинья, леопард и человек. Промежуточные хозяева: первый – пресноводные моллюски, второй – раки и крабы.



(Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

- Знать:
  - общую характеристику типа плоских червей;
  - характеристику класса сосальщиков;
  - строение, жизненный цикл, лабораторную диагностику сосальщиков – паразитов человека (кошачий, печеночный, ланцетовидный, китайский, легочный, кровяной).
- Выполнить тестовые задания.
- Заполнить таблицу.

Таблица для заполнения в альбоме.

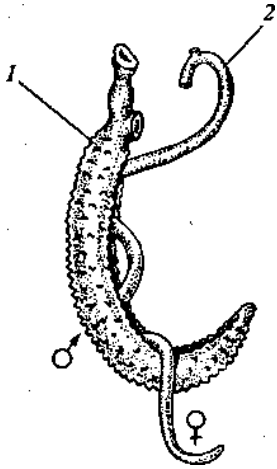


Рис. 37. Кровяной сосальщик: половозрелые самец (1) и самка (2): кутикула самца покрыта бугорками; на переднем конце – ротовая присоска, ниже – брюшная; тонкая и гладкая самка выступает из отверстия геникоформного канала; на переднем конце самки видна брюшная присоска.

Таблица 30 – Сосальщики – паразиты человека

Название гельминта	Географическое распространение	Локализация в организме	Окончательный хозяин	Промежуточный хозяин	Личиночные стадии	Инвазионная стадия для человека	Профилактика	Диагностика

### Тестовые задания

- Для представителей класса Сосальщики характерны системы органов:
  - пищеварительная;
  - выделительная;
  - половая;
  - дыхательная;
  - кровеносная.
- Функция желточников:
  - образование яйцеклеток;
  - оплодотворение;

- образование сперматозоидов;
  - образование питательных веществ для зародыша;
  - образование оболочки яйца.
- Человек заражается дикроцелиозом:
    - случайно съев муравья;
    - через немытые овощи и фрукты;
    - купаясь в водоеме;
    - употребляя в пищу недоваренных раков и крабов;
    - употребляя в пищу непрожаренную рыбу.
  - Промежуточный хозяин печеночного сосальщика:
    - рак;
    - моллюск;
    - рыба;
    - муравей;
    - краб.
  - Человек заражается описторхозом:
    - случайно съев муравья;
    - через немытые овощи и фрукты;
    - купаясь в водоеме;
    - употребляя в пищу недоваренных раков и крабов;
    - употребляя в пищу непрожаренную рыбу.

### Ситуационные задачи

**Задача 1.** Больной обратился к врачу с жалобами на кровяные выделения с мочой. Из анамнеза выявлено, что недавно он прибыл из Индии, где отдыхал, много купался в бассейнах, океане и некоторых реках.

Какие обследования необходимо провести? Ваш предположительный диагноз?

**Задача 2.** К врачу обратились члены одной семьи, жители города Омска. У них наблюдались сходные симптомы заболеваний (повышенная температура тела, желтуха, боли в животе справа и тошнота). Из анамнеза выявлено, что они заболели месяц назад после того, как поели вяленую рыбу, которую сами выловили в Иртыше и приготовили.

Какие необходимо провести обследования? Ваш предположительный диагноз?

**ТЕМА 23. ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ. КЛАСС ЛЕНТОЧНЫЕ ЧЕРВИ. СВИНОЙ И БЫЧИЙ ЦЕПНИ. ЭХИНОКОКК. ЛЕНТЕЦ ШИРОКИЙ (2 часа)**

**Цель занятия.** Уметь определять свиного, бычьего, карликового цепней, широкого лентеца, эхинококка и альвеококка на препаратах и использовать знания их морфологии и жизненных циклов для лабораторной диагностики и профилактики цестодозов.

Ленточные черви (цестоды) вызывают часто встречающиеся у человека гельминтозы. Знание морфологических особенностей и жизненных циклов ленточных червей необходимо для понимания их патогенного влияния на организм человека, диагностики вызываемых ими заболеваний, проведения санитарно-просветительской работы и правильного выбора профилактических мер.

**Аудиторная работа**

**Содержание.** Изучить строение: 1) сколексов и зрелых проглоттид свиного и бычьего цепней; 2) ленточную форму эхинококка; 3) финну эхинококка (макропрепарат); 4) ленточную форму альвеококка (тотальный препарат); 5) финну альвеококка (макропрепарат); 6) ленточную форму карликового цепня (тотальный микропрепарат); 7) поперечный срез головки широкого лентеца; 8) зрелый членик широкого лентеца; 9) жизненные циклы указанных цестод.

Таблица 31 – Ленточные черви – паразиты человека

Тип	Класс	Вид	Заболевание
Плоские черви	Ленточные черви	Альвеококк	Альвеококкоз
		Широкий лентец	Дифиллоботриоз
		Эхинококк	Эхинококкоз
		Карликовый цепень	Гименолепидоз
		Свиной цепень (вооруженный)	Тениоз Цистицеркоз
		Бычий цепень (невооруженный)	Тениаринхоз

**Оборудование.** 1. Таблицы: систематика типа Плоские черви, строение и жизненный цикл свиного цепня, бычьего цепня; виды финн; строение эхинококка, альвеококка, карликового цепня, широкого лентеца, финн цестод. 2. Макропрепараты: стробила свиного цепня; финны в мышцах свиньи; печень крупного рогатого скота, пораженная финнами эхинококка; стробила широкого лентеца; органы крысы, зараженной альвеококкозом. 3. Микропрепараты: сколекс свиного цепня; зрелая проглоттида свиного цепня; сколекс бычьего цепня; зрелая проглоттида бычьего цепня; тотальные препараты эхинококка, альвеококка, карликового цепня; поперечный срез сколекса широкого лентеца; зрелый членик широкого лентеца. 4. Микроскопы.

**Сколекс свиного цепня**

Рассмотрите готовый микропрепарат сколекса (головки) свиного цепня с помощью микроскопа. Изучите форму и расположение органов фиксации паразита. Обратите внимание, что его присоски образованы циркулярной мышцей и имеют правильную округлую форму с углублением в середине. У свиного цепня должны быть 4 присоски. Между ними расположен венчик из двух рядов крючьев, поэтому цепень называется вооруженным. Зарисуйте сколекс и шейку. На рисунке обозначьте: 1) сколекс; 2) присоски; 3) венчик с крючьями; 4) шейку.

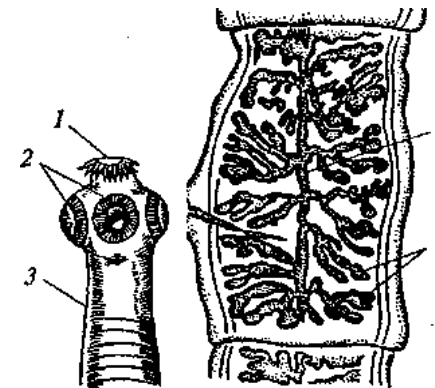


Рис. 38. Свиной цепень:

а – головка: 1 – хоботок (венчик) с крючьями; 2 – присоски; 3 – шейка; б – зрелый членик: 1 – основной ствол матки; 2 – боковые ветви.



### Зрелый членик свиного цепня

Правильно сориентируйте препарат. Продольные размеры членика больше, чем поперечные. Внутри членика располагается матка.

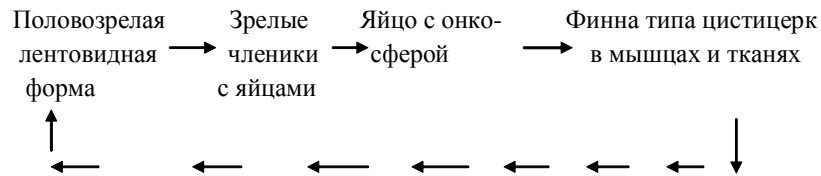
Остальные органы половой системы атрофированы. Сбоку членика находится половая клоака.

Найдите центральный ствол матки и сосчитайте число боковых ветвей, отходящих от него с одной (левой или правой) стороны. Их должно быть 7–12, что является диагностическим признаком тениоза.

Зарисуйте препарат. На рисунке обозначьте: 1) центральный ствол матки; 2) боковые ветви (от 7 до 12).

Жизненный цикл. Биогельминт. Окончательный хозяин только человек. Промежуточные хозяева – свинья, иногда человек.

Окончательный хозяин - человек	Внешняя среда	Промежуточный хозяин - свинья, человек
--------------------------------	---------------	--



### Сколекс бычьего цепня

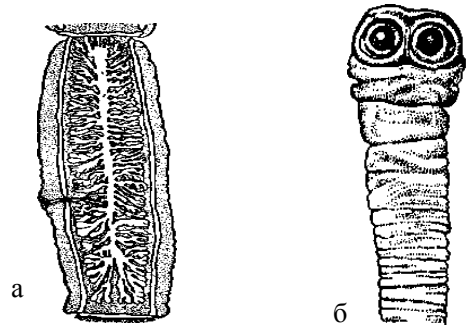


Рис. 39. Бычий цепень:

а – зрелый членик бычьего цепня (видна матка с большим количеством боковых ветвей); б – сколекс бычьего цепня (видны присоски; крючья отсутствуют).

Рассмотрите готовый микропрепарат сколекса бычьего цепня и обратите внимание, что органы фиксации представлены только присосками. Крючья отсутствуют (отсюда название – невооруженный цепень).

Зарисуйте сколекс и шейку. На рисунке обозначьте: 1) сколекс; 2) присоски; 3) шейку.

### Зрелый членик бычьего цепня

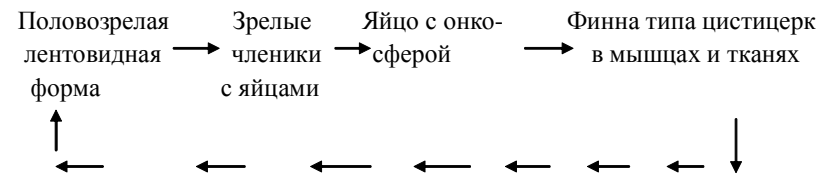
Обратите внимание на большое количество боковых ветвей матки в членике. Сосчитайте их число с одной стороны от центрального ствола (их должно быть от 17 до 35) и зарисуйте.

Различное количество боковых ветвей матки в зрелом членике цепней позволяет определить вид паразита.

Зарисуйте препарат в альбом, на рисунке обозначьте: 1) половую клоаку; 2) центральный ствол матки; 3) боковые ветви матки (от 17 до 35).

Жизненный цикл. Биогельминт. Окончательный хозяин – человек. Промежуточные хозяева – крупный рогатый скот, овцы, козы, ламы.

Окончательный хозяин - человек	Внешняя среда	Промежуточный хозяин - крупный рогатый скот, овцы, козы, ламы
--------------------------------	---------------	---



### Эхинококк

Эхинококк имеет незначительные размеры: его длина составляет 3–7 мм. Сколекс характерной удлинённой формы. На нем хорошо видны присоски и два ряда крючьев. Шейка длинная и тонкая. Стробила состоит всего из трех или четырех проглоттид. Первый членик бесполой, молодой, второй (иногда и третий) – гермафродитный, но органы половой системы различаются с трудом. Последний членик – зрелый; он значительно крупнее предыдущих как по длине, так и по ширине. Внутри зрелого членика видна матка, наполненная яйцами.

Обратите внимание, что у эхинококка матка имеет хорошо выраженные боковые выпячивания неправильной формы. Этот признак отличает эхинококка от альвеококка. Половое отверстие расположено в задней части членика.

Зарисуйте эхинококк. На рисунке обозначьте: 1) сколекс; 2) присоски и крючья; 3) шейку; 4) гермафродитный членик; 5) зрелый членик; 6) матку, наполненную яйцами; 7) половое отверстие.

Жизненный цикл. Биогельминт. Окончательный хозяин – псовые. Промежуточные хозяева – крупный рогатый скот, овцы, ламы и человек.

Промежуточный хозяин – человек, крупный рогатый скот, овцы, ламы | Окончательный хозяин – собака

Яйцо → Онкосфера → Финна (эхинококк) → Половозрелая форма

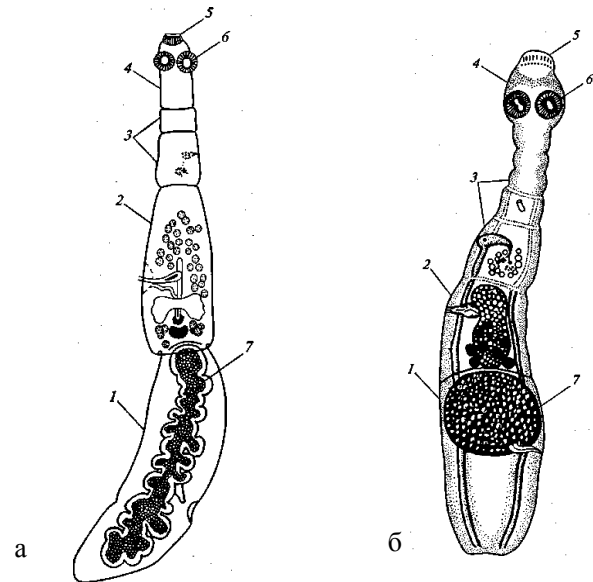


Рис. 40. Эхинококк (а) и альвеококк (б):

1 – зрелый членик; 2 – гермафродитный; 3 – незрелый членик; 4 – головка; 5 – хоботок с крючьями; 6 – матка; 7 – матка.

### Поперечный срез сколекса головки широкого лентеца

Поперечный срез сколекса широкого лентеца имеет овальную форму. Ботрии – присасывательные щели – видны в виде двух глубоких щелевидных полостей, расположенных на противоположных сторонах среза.

### Зрелый членик широкого лентеца

У зрелых члеников лентеца ширина значительно преобладает над длиной. Внутри членика рассмотрите матку, имеющую характерную розетковидную форму, образованную неразветвленной трубкой, свернутой в петлю. Матка открытого типа, имеет отверстие, заполнена желтоватыми яйцами. Половая клоака широкого лентеца, в отличие от цепня, расположена у переднего края членика по средней линии и имеет вид круглого диска с отверстием. Семенники и желточники имеют вид мелких пузырьков, неотличимы друг от друга и располагаются в боковых частях членика.

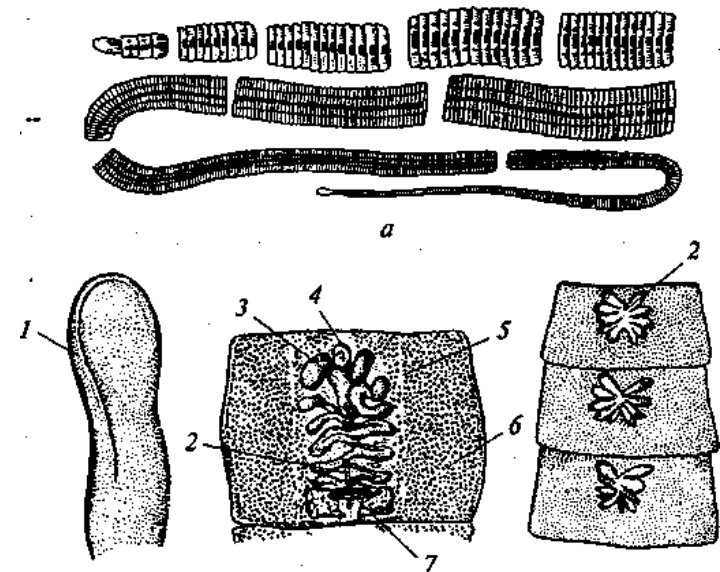


Рис. 41. Широкий лентец:

а – стробила; б – головка; в – гермафродитный членик; г – зрелые членики; 1 ботрия; 2 – матка; 3 – выводное отверстие матки; 4 – циррусная сумка; 5 желточники; 6 – семенники; 7 – яичник.

Жизненный цикл. Биогельминт. Окончательные хозяева – человек и рыба, промежуточные хозяева: первый – пресноводные рачки, второй – пресноводные рыбы (щука, судак, налим, лососевые и др.).

**Водная среда: яйцо → корацидий.**

**Промежуточные хозяева: рачки, рыбы → онкосфера → церкоид → плероцеркоид.**

**Окончательный хозяин: человек, рыба, промежуточные → половозрелая особь.**

(Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

- Знать:
  - общую характеристику класса Ленточные черви;
  - общее строение и жизненные циклы свиного (вооруженного), бычьего (невооруженного), карликового цепней, широкого лентеца, эхинококка и альвеококка;
  - строение сколексов свиного, бычьего цепней и широкого лентеца;
  - строение члеников свиного и бычьего цепней и широкого лентеца.
- Выполнить тестовые задания.
- Решить ситуационные задачи.
- Зарисовать перечисленных паразитов и заполнить таблицу.

Таблица 32 – Ленточные черви – паразиты человека

Название гельминта	Географическое распространение	Локализация в организме	Окончательный хозяин	Промежуточный хозяин	Личиночные стадии	Инвазионная стадия для человека	Профилактика	Диагностика

### Тестовые задания

- Какие системы органов характерны для класса Ленточные черви:
  - пищеварительная;
  - выделительная;
  - нервная;
  - половая;
  - кровеносная?
- В каких члениках имеются полностью развитые мужская и женская половые системы:
  - незрелые;
  - гермафродитные;
  - зрелые;
  - оторвавшиеся от стробилы;
  - молодые?
- Назовите промежуточных хозяев вооруженного цепня:
  - собака;
  - свинья;
  - кошка;
  - человек;
  - корова.
- Каким образом поступает пища в организм ленточных червей:
  - через рот;
  - через присоски;
  - через поверхность тела;
  - через протонефридальную систему;
  - через микротрихии?
- Каким путем человек заражается карликовым цепнем:
  - через грязные руки;
  - через кожу;
  - через плохо прожаренное или проваренное мясо;
  - через сырую воду;
  - через рыбу?

### Ситуационные задачи

**Задача 1.** Во время санитарно-эпидемиологического контроля говядины на рынке в мясе обнаружены пузырьки величиной с горошину в количестве 8–10 шт. на 1 дм<sup>2</sup>.

Каков диагноз? Каковы действия санитарного врача? Дайте рекомендации по использованию мяса.

**Задача 2.** У больного наряду с нарушением пищеварения отмечается тяжелая форма анемии. Лабораторные исследования показали наличие в фекалиях больного крупных яиц округлой формы, размером 70x45 мкм с крышечкой на одном из полюсов. При опросе больного выяснилось, что незадолго до болезни он употреблял в пищу свежемороженную рыбу (строганину).

Каков предположительный диагноз?

**Задача 3.** В больницу поступил пациент с жалобами на желтуху, слабость, тошноту и изредка возникающую рвоту. При обследовании выявлено округлое образование в печени диаметром 7 см. Пациент по профессии пастух. Пасты стадо овец ему помогают несколько собак.

Какие необходимо провести исследования? Ваш предположительный диагноз и тактика?

## ТЕМА 24. ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ. КЛАСС СОБСТВЕННО КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ. СВИНАЯ АСКАРИДА. ОСТРИЦА. ВЛАСОГЛАВ. ТРИХИНЕЛЛА (2 часа)

**Цель занятия.** Уметь определять на препаратах возбудителей наиболее распространенных заболеваний (нематодозов) человека: аскаридоза, энтеробиоза, трихинеллеза, анкилостомоза, трихоцефаллеза, некатороза и дракункулеза.

Таблица 33 – Круглые черви

Тип	Класс	Вид	Заболевание
Круглые черви	Собственно круглые черви	Кривоголовка	Анкилостомоз
		Аскарида	Аскаридоз
		Ришта	Дракункулез
		Острица	Энтеробиоз
		Некатор	Некатороз
		Власоглав	Трихоцефаллез
		Трихинелла	Трихинеллез

Класс Собственно круглые черви представляет большой интерес с точки зрения медицины, поскольку к нему относится более половины всех гельминтов, патогенных для человека. Некоторые из вызываемых ими заболеваний могут быть причиной смерти человека. Детальное изучение морфологической характеристики, биологических особенностей, жизненных циклов паразитических собственно круглых червей является той основой, которая позволяет провести дифференциальную диагностику заболеваний. От результатов последней зависят тактика лечения больного и разработка профилактических мероприятий.

### Аудиторная работа

**Содержание.** Изучить: 1) внешний вид аскариды; 2) внутреннее строение аскариды; 3) строение острицы (самки и самца); 4) жизненные циклы аскариды и острицы; 5) строение власоглава (самки и самца); 6) строение анкилостомы; 7) строение инкапсулированной личинки трихинеллы в мышцах; 8) строение яиц различных гельминтов – паразитов человека; 9) жизненные циклы перечисленных гельминтов; 10) методику ветеринарной диагностики трихинеллеза.

**Оборудование.** 1. Таблицы: систематика типа Круглые черви: внешнее строение аскариды, острицы; строение и жизненные циклы власоглава, трихинеллы; строение и жизненный цикл анкилостомы; строение яиц паразитических червей. 2. Макропрепараты: половая система самки и самца аскариды; легкие морской свинки при экспериментальном аскаридозе; внутреннее строение аскариды. 3. Микропрепараты: поперечный срез аскариды; острица; власоглав; половозрелая трихинелла; мышцы, пораженные инкапсулированными личинками трихинелл; анкилостома; смесь яиц гельминтов. 4. Компрессорий. 5. Микроскопы.

### Внешнее строение свиной аскариды

Половозрелая свиная аскарида по внешнему и внутреннему строению чрезвычайно сходна с человеческой аскаридой, поэтому является удобным объектом для изучения на лабораторных занятиях.

Тело аскариды имеет цилиндрическую форму, заострено на переднем и заднем концах; длина тела самки – 30–40 см, самца – 15–25 см.

Сначала определите пол паразита. Отличительным признаком самца служит задний конец тела, загнутый на брюшную сторону.

У самки на границе передней трети тела можно видеть узкий кольцевидный желобок. На брюшной стороне в желобке расположено половое отверстие (его следует рассмотреть с помощью ручной лупы). Определите вентральную сторону тела паразита, а также передний и задний концы тела. Боковые стороны найти легко. По боковым сторонам вдоль тела от переднего конца до заднего просвечивают выделительные каналы в виде двух тонких темных полос.

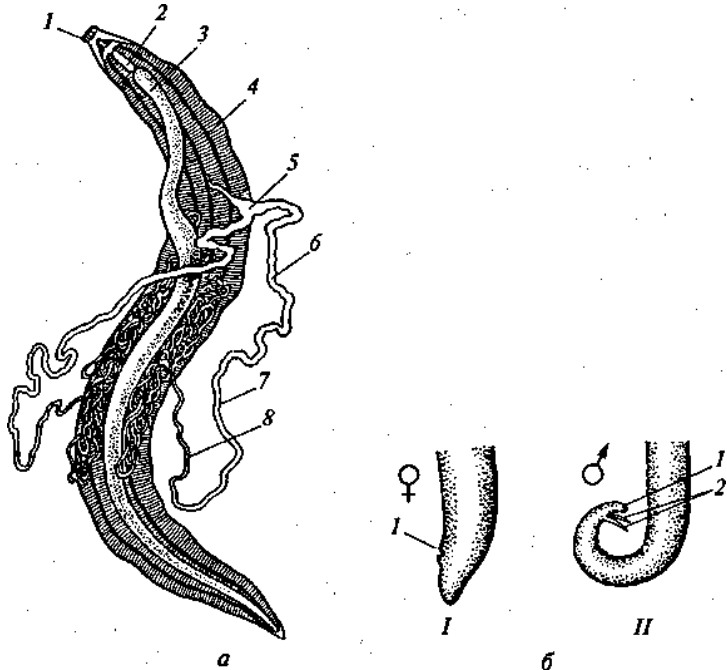


Рис. 42. Строение человеческой аскариды:

а – самка: 1 – губы; 2 – мускулистая часть пищевода; 3 – кишечник; 4 – боковой валик гиподермы; 5 – влагалище; 6 – матка; 7 – яичевод; 8 – яичник; б – задний конец тела самки (I) и самца (II): 1 – анальное отверстие; 2 – спиккулы.

#### Поперечный срез аскариды (самка)

Тело аскариды на поперечном срезе имеет округлую форму. Стенка тела образована кожно-мускульным мешком, состоящим из трех слоев. Сначала найдите четко очерченный наружный слой кутикулы, затем – гиподермы. Самый внутренний слой – продольные мышцы.

Гиподерма (один слой) образует расширения – это спинной, брюшной и два боковых валика. В них проходят стволы нервной и каналы выделительной систем. Рассмотрите органы, расположенные в первичной полости тела аскариды.

Прежде всего, рассмотрите части половой системы, имеющие на поперечном срезе вид округлых дисков различного диаметра.

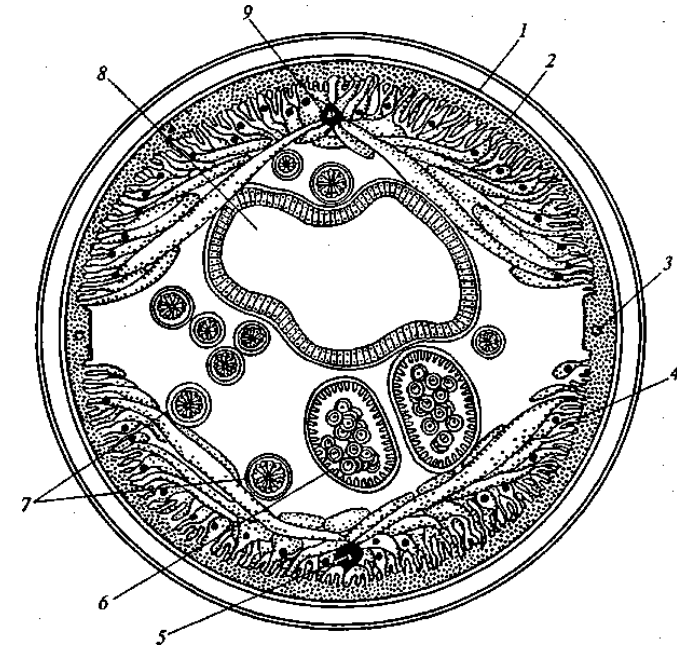


Рис. 43. Самка аскариды (поперечный срез):

1 – кутикула; 2 – гиподерма; 3 – канал выделительной системы в боковом валике гиподермы; 4 – мышцы; 5 – брюшной нервный ствол; 6 – матка; 7 – яичники; 8 – кишка; 9 – спинной нервный ствол в валике гиподермы.

Основную массу составляют срезы яичников, имеющие наименьший диаметр. Яичеводы имеют больший диаметр и тонкую стенку, в середине находится просвет, где можно видеть различное количество половых клеток округлой формы. Обычно на срезе аскариды обнаруживается всего 1–2 среза яичеводов. Матки выделяются большим поперечным сечением и толщиной стенок. Просвет маток заполнен большим количеством яиц паразита.

Рассмотрев различные отделы половой системы, найдите кишечник. Иногда он сохраняет округлую форму, но чаще сплюснен и приобретает неправильные контуры. Отличительным признаком служит толстая стенка с частой поперечной исчерченностью.

Зарисуйте препарат в альбом. На рисунке обозначьте: 1) кутикулу; 2) гиподерму; 3) мышечный слой; 4) первичную полость тела; 5) кишечник; 6) матки; 7) яйцеводы; 8) яичники.

### Острица

Острица – возбудитель наиболее распространенного заболевания – энтеробиоза. Изучите строение острицы на тотальном микропрепарате. Острица имеет цилиндрическое тело длиной 10–12 мм. Передний конец слегка закруглен, иногда вокруг рта можно видеть вздутие кутикулы (везикулу), участвующее в фиксации гельминта к стенке кишечника. Задний конец тела самки, в отличие от конца тела самца, сильно заострен (отсюда название – острица). У самца задний конец скруглен.

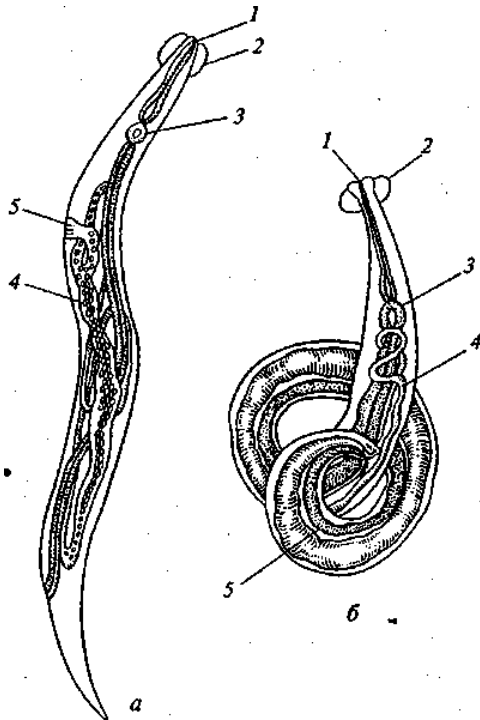


Рис. 44. Острица:  
а – самка: 1 – рот; 2 – везикула; 3 – бульбус пищевода; 4 – матка; 5 – половое отверстие;  
б – самец: 1 – рот; 2 – везикула; 3 – бульбус пищевода; 4 – семенник; 5 – семяизвергательный канал.

В передней части тела хорошо виден начальный отдел пищеварительной трубки. Найдите пищевод и шаровидный бульбус (расширение пищевода), составляющие переднюю кишку. Найдите анальное отверстие, расположенное в задней части тела.

Зарисуйте самца и самку острицы. На рисунке обозначьте: 1) везикулу (если видно); 2) бульбус пищевода; 3) анальное отверстие; 4) острый задний конец тела самки.

### Власоглав

Власоглав, так же как и острица, является одним из наиболее распространенных гельминтов человека.

Рассмотрите строение паразита на тотальном микропрепарате под микроскопом. Особенности строения гельминта определяет его название: передний конец тела власоглава резко сужен по сравнению с задним. В суженной части тела проходит только пищевод. Все органы половой системы и основные отделы пищеварительного тракта расположены в заднем, расширенном отделе. Половая система имеет вид спирально изогнутой трубки.

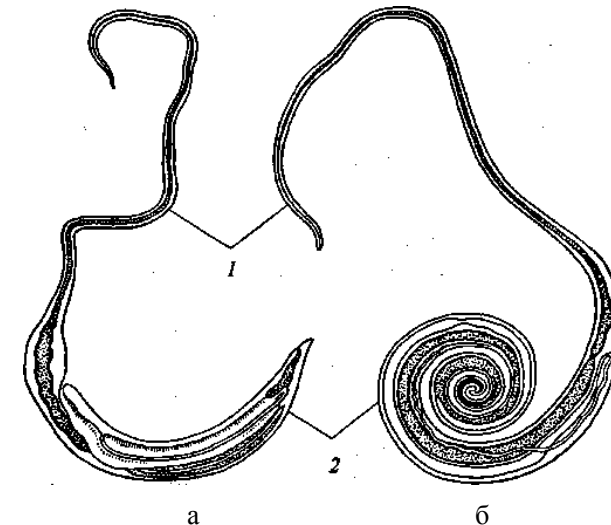


Рис. 45. Власоглав:  
а – самка; б – самец; 1, 2 – соответственно передний и задний концы тела.

Определите пол паразита по заднему концу тела. У самца на заднем закругленном конце тела найдите спикуну (копулятивный орган).

Зарисуйте самца и самку власоглава. На рисунке обозначьте: 1) передний конец тела; 2) задний конец тела; 3) пищеварительный тракт; 4) половую систему; 5) спикуну (если видно).

### Инкапсулированные личинки трихинеллы в мышцах

Рассмотрите под микроскопом кусочек мышцы животного, пораженного трихинеллезом. Рассматривая препарат с помощью микроскопа, увидите мышечные волокна (розово-красного цвета) с характерной поперечной исчерченностью. Среди мышечных волокон располагаются капсулы с личинками трихинеллы (рис. 46). Капсулы имеют овальную форму. Некоторые из них по форме напоминают лимон. В полости капсулы можно видеть спирально свернутую личинку. Иногда внутри капсулы находится не одна, а две личинки. Обратите внимание на толщину оболочки капсулы.

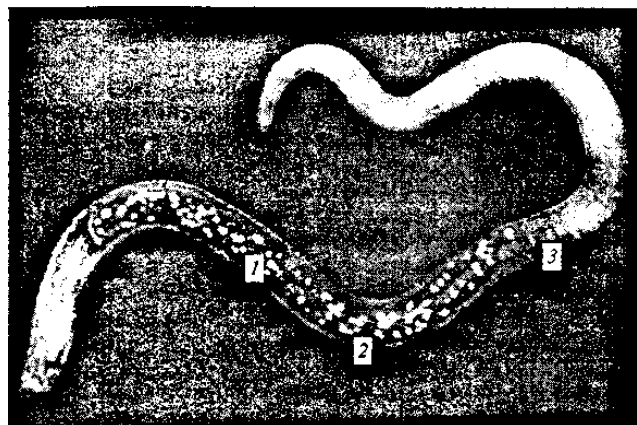


Рис. 46. Половозрелая трихинелла:

1 – люминесцентная краска; 2 – кожно-мускульный мешок; 3 – просвечивающийся кишечник.

Сначала зарисуйте в альбом общий вид препарата, отразив количество капсул, а затем рядом зарисуйте крупно 2–3 капсулы. Подсчитайте количество капсул в микропрепарате и укажите его в альбоме. На рисунке обозначьте: 1) мышечные волокна; 2) капсулы; 3) личинки трихинеллы.

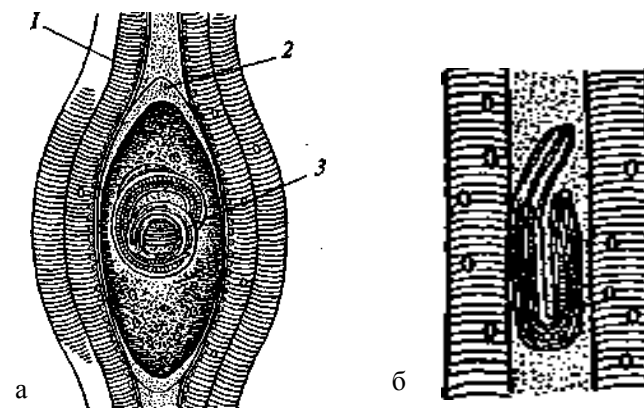


Рис. 47. Личинка трихинеллы в мышцах:

а – инкапсулированная личинка: 1 – мышечные волокна; 2 – капсула; 3 – личинка; б – неинкапсулированная.

### Изучение яиц гельминтов – паразитов человека на препарате смеси яиц

На микропрепарате смеси яиц различных гельминтов (сосальщико, ленточные и круглые черви) рассмотрите яйца под микроскопом.

Яйцо печеночного сосальщика по сравнению с яйцами других сосальщиков имеет наиболее крупные размеры (130–150) x (7–90) мкм. Форма яиц печеночного сосальщика овальная, окраска от бледно-желтой до желто-бурой. На верхнем полюсе яйца найдите крышечку, через которую выходит мирацидий. На противоположном полюсе заметно утолщение скорлупы.

Яйца ланцетовидного сосальщика гораздо более мелкие. Они имеют удлиненно-овальную форму, поскольку задний полюс яйца несколько расширен. Яйца окрашены в коричневый цвет; крышечка заметна лучше, чем у яйца печеночного сосальщика.

Яйца кошачьего сосальщика самые мелкие из яиц сосальщиков. Они имеют бледно-желтую окраску и тонкую двухконтурную оболочку, несколько утолщенную на полюсе, противоположном крышке.

Яйца цепней (свиного и бычьего) сходны по строению: имеют шаровидную форму и бесцветную оболочку с радиальной исчерченностью.

После того как определите яйцо свиного цепня, рассмотрите при увеличении  $\times 40$  радиальную исчерченность оболочки. Исчерченность является характерным признаком яиц цепней. Затем, регулируя контрастность с помощью конденсора, попробуйте рассмотреть внутри онкосферы крючья в виде тонких темных полосок.

Как правило, на препарате видны не яйца, а онкосферы, поскольку наружная мягкая оболочка яйца легко разрушается при изготовлении препарата.

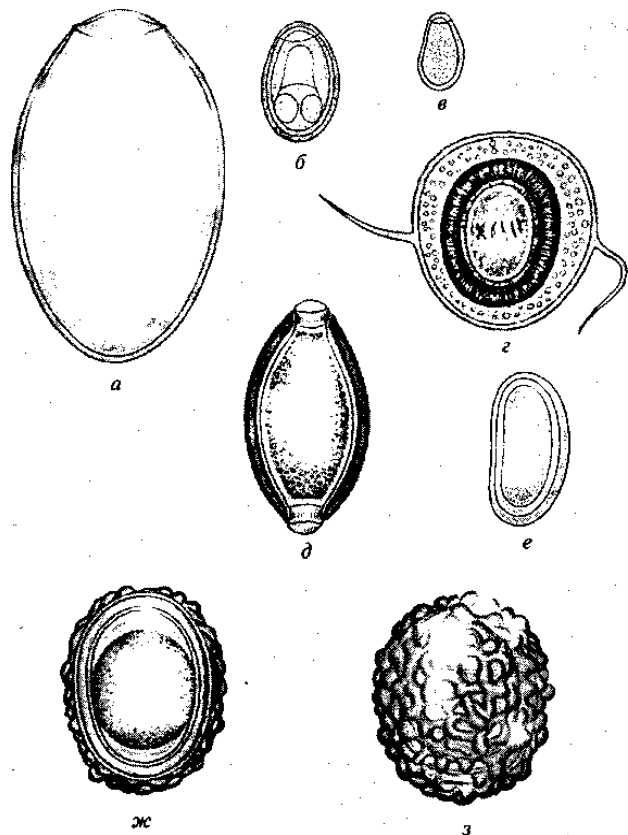


Рис. 48. Яйца важнейших паразитических червей:

а – печеночного сосальщика; б – ланцетовидного сосальщика; в – кошачьего сосальщика; г – цепней (свиного и бычьего); д – власоглава; е – острицы; ж – яйцо аскариды (вид в оптическом разрезе); з – яйцо аскариды (вид с наружной поверхности).

Яйца острицы также мелкие, овальной формы, бесцветные, длина яйца равна примерно диаметру онкосферы цепней. Характерным признаком является асимметрия: одна сторона яйца выпуклая, другая – более плоская.

Яйца власоглава отличить на препарате легко благодаря их характерной форме. Яйца мелкие; по размерам равны яйцам острицы. Форма яйца напоминает лимон или бочонок; на обоих полюсах находятся «пробочки». Хорошо видна бесцветная двухконтурная оболочка. Внутри яйца видны личинки на различных стадиях развития.

Яйцо аскариды отличается округлой формой, крупными размерами, буро-коричневой окраской и сложной системой оболочек.

Зарисуйте яйца гельминтов. На рисунке обозначьте: 1) оболочку; 2) «пробочки» (если есть); 3) содержимое яйца и крышечку (если есть) (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

#### Задания для самоподготовки

1. Знать:
  - а) понятия о био- и геогельминтах;
  - б) строение круглых червей на примере аскариды;
  - в) морфологические особенности строения и жизненные циклы аскариды, острицы, власоглава, трихинеллы, анкилостомы (кривоголовки) и ришты;
  - г) методы овогельминтоскопии и строение яиц гельминтов.
2. Выполнить тестовые задания.
3. Решить ситуационные задачи.
4. Зарисовать в тетрадь.

Таблица 34 – Круглые черви – паразиты человека

Название гельминта	Вызываемое заболевание	Био- или геогельминт	Окончательный и промежуточный хозяева	Локализация в организме человека	Пути заражения	Лабораторная диагностика	Профилактика



## Тестовые задания

1. Какую роль играет полостная жидкость нематод:
  - а) гидроскелет;
  - б) внутренняя среда;
  - в) пищеварительная функция;
  - г) создание тургора;
  - д) выделительная функция.
2. Через какое время яйцо острицы становится инвазионным:
  - а) через 4–6 ч;
  - б) через 1–2 дня;
  - в) через 2–3 нед.;
  - г) через месяц;
  - д) через 2 мес.
3. Назовите отличия самцов круглых червей от самок:
  - а) меньше размеры тела;
  - б) больше размеры тела;
  - в) передний конец тела загнут на брюшную сторону;
  - г) задний отдел загнут на брюшную сторону;
  - д) наличие спикюла.
4. Каким путем человек заражается анкилостомозом:
  - а) через сырую воду;
  - б) через грязные руки
  - в) через кожу;
  - г) через плохо прожаренное мясо;
  - д) через рыбу.
5. В каких органах локализуется власоглав в организме больного:
  - а) в двенадцатиперстной кишке;
  - б) слепой кишке;
  - в) толстой кишке;
  - г) желудке.

## Ситуационные задачи

**Задача 1.** В мазке, сделанном путем соскоба с перианальных складок ребенка, обнаружены бесцветные яйца размером 50x30 мкм, одна сторона уплощенная, другая выпуклая.

Каким видом нематод заражен ребенок? Какие рекомендации следует дать родителям по профилактике?

**Задача 2.** Ребенок съел немытую клубнику.

Какими видами круглых червей может заразиться ребенок?

**Задача 3.** Человек съел непрожаренную свинину, через 15 дней почувствовал мышечные боли, появились отек век и высокая температура тела (до 40 °С).

Какие исследования необходимо провести?

## Контрольные вопросы

1. Тип Плоские черви. Общая характеристика. Происхождение. Медицинское значение.
2. Характеристика класса Сосальщики. Приспособление их к паразитическому образу жизни.
3. Печеночный сосальщик. Кошачий и ланцетовидный сосальщики. Строение, локализация, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика.
4. Кровяные сосальщики. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика. Профилактика. Географическое распространение.
5. Легочный сосальщик. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика.
6. Класс Плоские черви. Медицинское значение представителей класса.
7. Бычий цепень. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика.
8. Свиной цепень. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика (отличия от бычьего цепня), профилактика.
9. Цистицеркоз человека, пути заражения, диагностика, профилактика.
10. Лентец широкий. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, географическое распространение.
11. Карликовый цепень. Строение, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика.
12. Эхинококк и альвеококк. Сравнительная характеристика строения, жизненный цикл, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика.
13. Природно-очаговые гельминтозы. Методы профилактики.

14. Тип Круглые черви. Значение с точки зрения медицинской паразитологии. Характеристика типа на примере класса Собственно круглые черви. Понятие о био- и геогельминтах.
15. Острица. Строение, частота распространения, жизненный цикл, локализация, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, действие на организм человека.
16. Аскарида. Строение, частота распространения, жизненный цикл, локализация, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, действие на организм человека.
17. Власоглав. Строение, частота распространения, жизненный цикл, локализация, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, действие на организм человека.
18. Трихинелла. Строение, частота распространения, жизненный цикл, локализация, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, действие на организм человека.
19. Анкилостомиды: анкилостома и некатор. Географическое распространение, жизненный цикл, локализация, пути заражения, лабораторная диагностика, профилактика, действие на организм.
20. Ришта. Строение, жизненный цикл, локализация, лабораторная диагностика, профилактика.
21. Основные методы борьбы с гельминтозами. Понятие о дегельминтации. Принцип девастации. Овогельминтоскопия.

**ТЕМА 25. ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ.  
КЛАСС ПАУКООБРАЗНЫЕ  
(2 часа)**

Членистоногие являются: 1) ядовитыми животными; 2) экто- и эндопаразитами; 3) промежуточными, окончательными хозяевами паразитов; 4) специфическими переносчиками заболеваний, вызываемых простейшими, бактериями и вирусами, в том числе эпидемических – тифов, чумы и др.; 5) неспецифическими переносчиками возбудителей многих желудочно-кишечных заболеваний: цист простейших, яиц гельминтов, бактерий и вирусов.

Клещи домашней пыли, хлебные, амбарные клещи, выделения тараканов и других членистоногих вызывают аллергические реакции.

Определение видовой принадлежности членистоногих позволяет установить клинический диагноз заболеваний, пути их распространения, организовывать систему противоэпидемических и профилактических мероприятий в очаге.

**Цель занятия.** Уметь охарактеризовать особенности строения класса Паукообразные, определять на препаратах представителей этого класса (скорпионов, пауков, клещей), знать их медицинское значение, обосновывать меры борьбы с ними.

Таблица 35 – Классификация типа Членистоногие

Тип Членистоногие		
Подтип Жабернодышащие	Подтип Хелицеровые	Подтип Трахейнодышащие
Класс Ракообразные	Класс Паукообразные: отряд Скорпионы; отряд Сольпуги (фаланги); отряд Пауки; надотряд Клещи	Класс Насекомые: отряд Таракановые; отряд Вши; отряд Клещи; отряд Блохи; отряд Двукрылые (мухи, комары, москиты, мошки, оводы, слепни)

**Конкретные цели.** 1. На основании особенностей строения уметь определять скорпионов, паука-тарантула, таежного клеща.

2. Уметь выявлять адаптивные признаки паукообразных, определяющие их медицинское значение.

3. Уметь обосновывать медицинское значение представителей класса Паукообразные.

Класс Паукообразные имеет важнейшее медицинское значение. Паукообразные являются:

- ядовитыми животными – скорпионы, пауки;
- эктопаразитами – клещи.

Клещи являются переносчиками возбудителей заболеваний (вирусов и бактерий): клещевого энцефалита, туляремии, клещевого сыпного и возвратного тифов, болезни Лайма (клещевого боррелиоза) и др.

Клещ чесоточный зудень является эндопаразитом – продерывает ходы в коже.

Таблица 36 – Медицинское значение класса Паукообразные

Отряд, вид	Медицинское значение
Отряд Скорпионы	Ядовитые животные
Отряд Пауки:	
каракурт	То же
тарантул	»
Надотряд Клещи:	
чесоточный зудень	Возбудитель чесотки. Продерывает ходы в коже (эндопаразит)
Семейство Иксодовые:	
таежный клещ	Переносчик таежного (весенне-летнего) энцефалита, туляремии
собачий клещ	Специфический переносчик энцефалита западных районов, туляремии
дермацентор пиктус	Специфический переносчик клещевого сыпного тифа, туляремии
дермацентор маргинатус	То же
Семейство Аргасовые:	
поселковый клещ	Специфический переносчик клещевого возвратного тифа
клещи домашней пыли	Вызывают аллергические реакции, астму
хлебные, амбарные клещи	То же

Многие мелкие клещи – хлебные, амбарные, клещи домашней пыли – вызывают аллергические реакции.

Знание морфологии, биологии и экологии паукообразных необходимо:

- 1) для оказания медицинской помощи при укусах;
- 2) оценки эпидемической обстановки в природных очагах заболеваний;
- 3) разработки противоэпидемических и профилактических мероприятий (Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Задания для самоподготовки

1. Знать:

- а) понятия трансмиссивных и природно-очаговых заболеваний;
- б) характеристику типа Членистоногие;
- в) морфологические особенности класса Паукообразные – отрядов Скорпионы, Пауки и надотряда Клещи;
- г) цикл развития клещей;
- д) отличительные признаки строения и медицинское значение таежного клеща, чесоточного зудня, иксодовых и аргасовых клещей.

### Аудиторная работа

**Содержание.** На микро- и макропрепаратах изучить строение: 1) скорпиона; 2) пауков на примере тарантула; 3) клещей на примере таежного (иксодового) клеща.

Цикл развития клещей изучить на примере стадий развития таежного (иксодового) клеща:

Яйцо → Личинка → Нимфа → Взрослая особь (имаго)

Изучить отличительные признаки строения иксодовых и аргасовых клещей.

**Оборудование:** 1) таблицы: по систематике типа Членистоногие и класса Паукообразные; по строению паукообразных – скорпионов, пауков, клещей; 2) микропрепараты; 3) макропрепараты.

2. Выполнить тестовые задания.

### Тестовые задания

1. Паукообразные входят:
  - а) в отряд Скорпионы;
  - б) подтип Хелицерообразные;
  - в) класс Насекомые;
  - г) подтип Трахейнодышащие.
2. Клещи входят:
  - а) в класс Паукообразные;
  - б) класс Насекомые;
  - в) отряд Скорпионы;
  - г) подтип Трахейнодышащие.

3. Отделы тела клещей:
- а) голова, грудь, брюшко, ротовой аппарат;
  - б) головогрудь, брюшко, ротовой аппарат;
  - в) единое слитное образование с ротовым аппаратом;
  - г) голова с укрепленным на ней ротовым аппаратом, представленным хелицерами и педипальпами.
4. Вид ротового аппарата клещей:
- а) грызуще-сосущий;
  - б) сосуще-лижущий;
  - в) сосущий;
  - г) колюще-сосущий.
5. Клеши являются переносчиками возбудителей:
- а) желудочно-кишечных заболеваний;
  - б) чумы;
  - в) весенне-летнего энцефалита;
  - г) малярии.

### Скорпион

Строение скорпиона изучить на макропрепарате.

Тело скорпиона удлинненное, состоит из двух отделов – головогруды и членистого брюшка.

Ротовой аппарат скорпиона, как и всех представителей класса Паукообразные, состоит из хелицер и педипальп (видоизмененных конечностей). Педипальпы скорпионов вооружены клешнями.

Брюшко скорпиона состоит из 13 члеников – сегментов. Последний сегмент загнут в острый крючок, у основания которого имеются ядовитые железы. Своей добыче скорпион наносит укол жалом.

Подсчитайте число ходильных ног скорпиона. Как и все паукообразные, скорпионы имеют четыре пары ходильных ног.

Зарисуйте скорпиона в альбом. На рисунке обозначьте: 1) хелицеры; 2) педипальпы с клешнями; 3) головогрудь; 4) последний членик брюшка с жалом; 5) ходильные ноги с указанием их числа.

### Паук тарантул

Строение тарантула изучить на макропрепарате.

Тело тарантула (рис. 48,б), как и у всех пауков, состоит из двух отделов: головогруды и брюшка, соединенных тонким стебельком. В отличие от скорпионов, брюшко у пауков нечленистое.

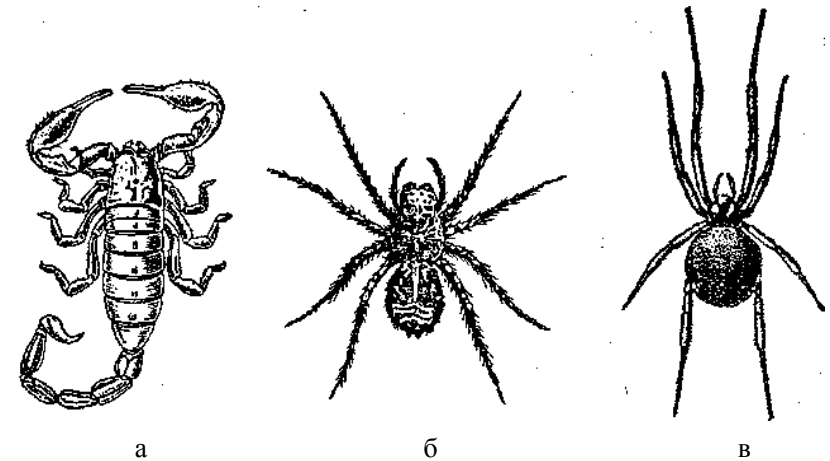


Рис. 49. Скорпионы и пауки:

а – скорпион песчаный; б – тарантул степной; в – каракурт (самка).

Ротовой аппарат паука представлен хелицерами и педипальпами. Сравните их строение с хелицерами и педипальпами скорпиона. В чем их отличие?

Подсчитайте число ходильных ног паука.

Зарисуйте в альбом паука. На рисунке обозначьте: 1) головогрудь; 2) брюшко; 3) хелицеры; 4) педипальпы; 5) ходильные ноги с указанием их числа.

### Личинка таежного клеща

Строение личинки клеща рассмотрите на макропрепарате под микроскопом МБР-1.

Тело клещей, в отличие от скорпионов и пауков, не разделено на отделы, а является единым слитным образованием, на котором находится ротовой аппарат, представленный хелицерами и педипальпами.

Форма тела иксодовых клещей каплеобразная, передняя часть спинной поверхности покрыта уплотненным хитиновым щитком.

Сосчитайте число ходильных ног личинки клеща. Их три. По этому признаку личинку отличают от следующих стадий: нимфы и взрослой формы – имаго. На теле личинки нет дыхательных отверстий, поскольку кислород поступает в ее тело диффузно через еще тонкие покровы – кутикулу.

На конце тела личинки видно анальное отверстие.

Зарисуйте личинку. На рисунке обозначьте: 1) ротовой аппарат; 2) ходильные ноги с указанием числа их пар; 3) анальное отверстие.

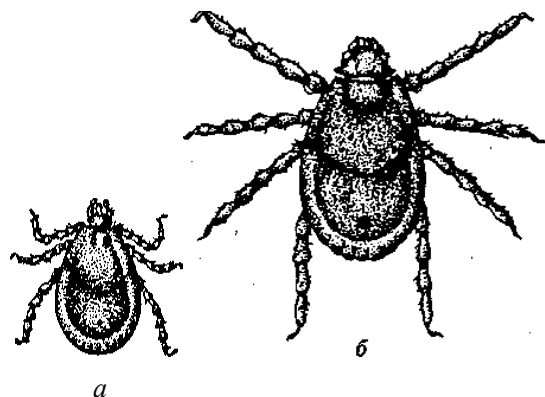


Рис. 50. Таяжный клещ:  
а – личинка; б – нимфа.

#### Нимфа таяжного клеща

Под микроскопом МБР-1 рассмотрите нимфу клеща с брюшной стороны.

Нимфа сходна с личинкой формой тела, но крупнее ее.

У нимфы, в отличие от личинки, четыре пары ходильных ног и у основания последней четвертой пары ног имеются два дыхательных отверстия – стигмы. Появление дыхательных отверстий объясняется тем, что хитиновый покров нимф более плотный и воздух не может поступать сквозь него диффузно.

На заднем конце тела нимфы видно анальное отверстие.

Зарисуйте нимфу в альбом. Для экономии времени конечности рисуйте только с одной стороны. На рисунке обозначьте: 1) ротовой аппарат; 2) ходильные конечности с указанием числа их пар; 3) дыхательные отверстия – стигмы; 4) анальное отверстие.

#### Взрослая форма (имаго) таяжного клеща

Рассмотрите взрослую форму иксодового таяжного клеща под микроскопом МБС-1.

Взрослая форма клеща – имаго намного крупнее личинки и нимфы.

Взрослую форму рассмотрите с брюшной стороны. Обратите внимание на отсутствие расчлененности тела клещей. Форма тела иксодовых клещей каплеобразная, на переднем конце выступает ротовой аппарат.

Сосчитайте число ходильных ног взрослой формы и определите, отличается ли оно от числа ног нимфы.

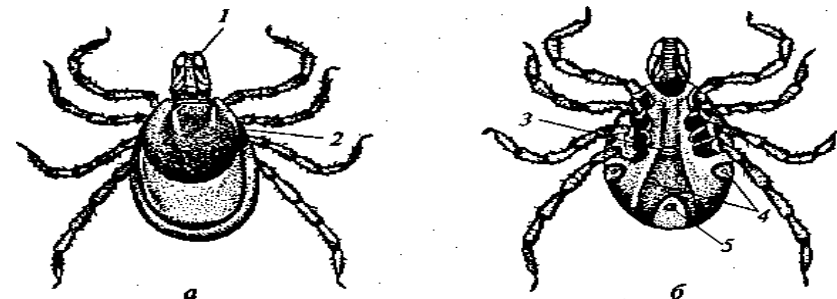


Рис. 51. Таяжный клещ (взрослая особь, самка):  
а – вид со спинной стороны; б – вид с брюшной стороны;  
1 – ротовой аппарат; 2 – спинной щиток; 3 – половое отверстие;  
4 – дыхальца; 5 – анальное отверстие.

У основания последней пары ног найдите дыхательные отверстия – стигмы, на заднем конце тела – анальное отверстие.

Отличием взрослой формы от нимфы является наличие полового отверстия. Найдите половое отверстие в виде щели между основаниями второй пары ног у самца клеща или четвертой пары ног – у самки.

Определите пол рассматриваемого клеща. У самца спинной щиток покрывает почти всю поверхность спины; у самки – только переднюю треть, чтобы при кровососании покровы могли растягиваться как можно сильнее.

Зарисуйте взрослого клеща. На рисунке обозначьте: 1) ротовой аппарат; 2) ходильные конечности с указанием числа их пар; 3) дыхательные отверстия – дыхальца; 4) анальное отверстие; 5) половую щель.

#### Ротовой аппарат таяжного клеща

Строение ротового аппарата изучите на препарате взрослой формы клеща или на макете.

Ротовой аппарат клещей, как и всех представителей подтипа Хелицеровые, состоит из двух пар элементов – хелицер и педипальп (являющихся видоизмененными конечностями).

Непосредственно к телу прилегает основание педипальп, от которого отходит также хоботок с острыми зубцами, обращенными острием назад. Из-за такого строения зубцов извлечь ротовой аппарат клеща из кожи человека очень трудно.

Хоботок состоит из двух пластин – верхней и нижней, между которыми спрятаны хелицеры. Хелицеры состоят из двух члеников, заканчивающихся острыми зубцами.

При попадании на тело животного клещ прокалывает его кожу хоботком, а затем разводит хелицеры в стороны, прочно закрепляясь таким образом на теле хозяина. Насытившись кровососанием, клещ сближает хелицеры и высвобождает ротовой аппарат.

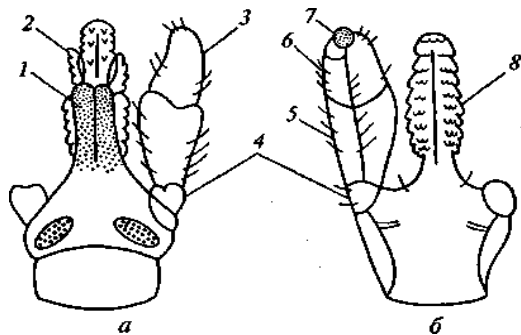


Рис. 52. Ротовой аппарат клеща:

а – вид со спинной стороны; б – вид с брюшной стороны;  
1 – футляр хелицер; 2 – крючья хелицер; 3 – пальпа;  
4 – 7 членики пальпы; 8 – хоботок.

Зарисуйте (крупно!) в альбом ротовой аппарат клеща. На рисунке обозначьте: 1) основание педипальп; 2) пальпы; 3) хоботок с зубцами; 4) хелицеры.

### Клещ чесоточный зудень

Рассмотрите препарат чесоточного зудня под микроскопом МБР-1.

Обратите внимание на отличия формы и размеров его тела от иксодового клеща. Тело чесоточного зудня округлое, покрыто щетинками, конечности и ротовой аппарат очень короткие. Ротовой аппа-

рат грызущего типа, им чесоточный зудень проделывает ходы в коже. Дыхание через всю поверхность тела. Обратите внимание на расположение ног зудня: две пары ног находятся по бокам ротового аппарата, а две – на заднем конце тела. Две первые пары ног снабжены присосками. Половая щель находится между ногами четвертой пары. На заднем конце тела имеется анальное отверстие.

Зарисуйте чесоточного зудня в альбом. На рисунке обозначьте: 1) ротовой аппарат; 2) ходильные ноги с указанием их числа.

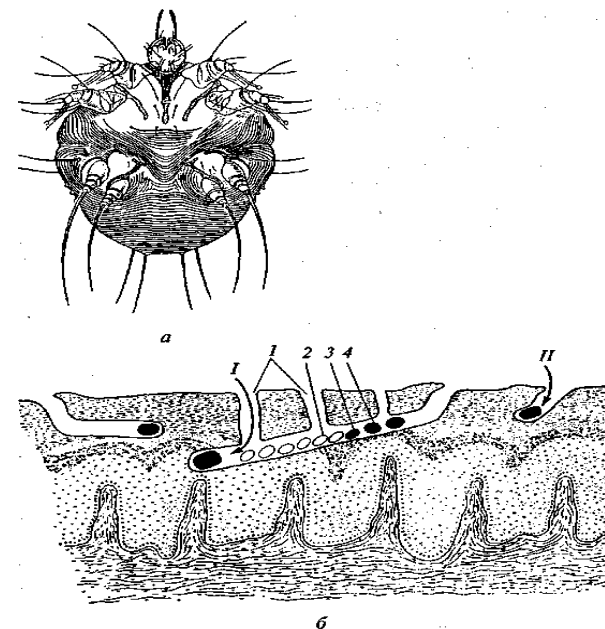


Рис. 53. Клещ чесоточный зудень:

а – самка; б – ходы в коже, проделанные самкой (I) и самцом (II);  
1 – входное отверстие хода, проделанного самкой; 2 – яйца зудня;  
3 – личинка; 4 – нимфа.

### КЛАСС НАСЕКОМЫЕ

**Цель занятия.** Уметь охарактеризовать особенности строения класса Насекомые, определять на препаратах представителей этого класса (вшей, блох, мух, тараканов, комаров, мошек, москитов), знать их медицинское значение, обосновывать меры борьбы с ними.

### Задания для самоподготовки

#### 1. Уметь:

- а) охарактеризовать общие особенности строения насекомых на примере черного таракана;
- б) охарактеризовать особенности строения головной и платяной вшей – переносчиков сыпного и возвратного вшиных тифов и идентифицировать их;
- в) идентифицировать блох – переносчиков чумы;
- г) идентифицировать малярийных и немалярийных комаров в стадиях кладки яиц, личинок, куколок и имаго;
- г) охарактеризовать особенности строения мух и идентифицировать комнатную муху – неспецифического переносчика возбудителей желудочно-кишечных заболеваний.

2. На основании знания медицинского значения и жизненных циклов указанных насекомых уметь обосновывать меры борьбы с ними, меры профилактики болезней и противоэпидемические мероприятия в очаге.

**Мотивационная характеристика.** Класс Насекомые имеет важнейшее медицинское значение.

Разные виды насекомых являются:

- 1) постоянными или временными эктопаразитами – вши, блохи, комары и др.;
- 2) специфическими и неспецифическими переносчиками опасных заболеваний, вызываемых бактериями, вирусами и простейшими, в том числе вызывающих эпидемии – чуму, эпидемический сыпной вшиный тиф и т.д.

Знание морфологии, биологии и экологии насекомых необходимо: для оказания медицинской помощи больным; оценки эпидемической обстановки в очагах заболеваний; разработки противоэпидемических и профилактических мероприятий.

### Задания для самоподготовки

#### 1. Знать:

- а) общую характеристику класса Насекомые, особенности их строения, циклы развития с полным и неполным превращением;
- б) строение, жизненный цикл и медицинское значение вшей, блох, комаров, мух, тараканов, других насекомых;

- в) профилактические мероприятия по предупреждению болезней, вызываемых и переносимых насекомыми.

Таблица 37 – Медицинское значение класса Насекомые

Отряд, вид	Медицинское значение
<b>Отряд Блохи:</b>	Временные эктопаразиты
крысиная блоха	Специфический переносчик чумы, переносчик туляремии
человеческая блоха	То же
<b>Отряд двукрылые:</b>	Временные эктопаразиты
Семейство Комары:	Переносчики более 50 заболеваний, вызываемых вирусами, бактериями и гельминтами
малярийный комар	Специфический переносчик малярийного плазмодия – возбудителя малярии
обыкновенный комар	Переносчик возбудителей многих вирусных и бактериальных инфекций, в том числе японского энцефалита, желтой лихорадки и др.

(Н.В. Чебышев, 2004; Н.В. Чебышев, 2010).

### Аудиторная работа

**Содержание.** На макро- и микропрепаратах изучить: 1) строение таракана, головной, платяной и лобковой вшей, блох; 2) стадии развития малярийного и немалярийного комаров.

Оборудование: 1) таблицы: систематика класса Насекомые; строение представителей разных отрядов насекомых: вшей, блох, комаров, мух, тараканов; 2) микропрепараты; 3) макропрепараты.

2. Выполнить тестовые задания.

### Тестовые задания

#### 1. Строение насекомых:

- а) голова, грудь, брюшко, 4 пары конечностей;
- б) головогрудь, брюшко, 3 пары конечностей;
- в) голова, грудь, брюшко, 3 пары конечностей;
- г) головогрудь, брюшко, 4 пары конечностей.

#### 2. Тип ротового аппарата комнатной мухи:

- а) сосущий;

- б) сосуще-лижущий;
  - г) грызуще-сосущий;
  - г) колюще-сосущий.
3. Медицинское значение малярийных комаров:
- а) переносчики таежного энцефалита;
  - б) переносчики малярии;
  - в) переносчики сыпного тифа;
  - г) возбудители малярии.
4. Медицинское значение платяных вшей:
- а) возбудители сыпного тифа, переносчики педикулеза;
  - б) возбудители чесотки, переносчики миазов;
  - в) возбудители педикулеза, переносчики сыпного и возвратного тифов;
  - г) возбудители чесотки и педикулеза.
5. Заболевания, в распространении которых участвуют насекомые:
- а) таежный энцефалит, малярия, педикулез;
  - б) малярия, чесотка, сыпной тиф;
  - в) желудочно-кишечные инфекции, чесотка, педикулез;
  - г) чума, желудочно-кишечные инфекции, педикулез.

### Блоха человеческая. Блоха крысиная

Микропрепараты блох рассмотрите сначала невооруженным глазом. Обратите внимание, что тело блох сплющено с боков, крылья отсутствуют.

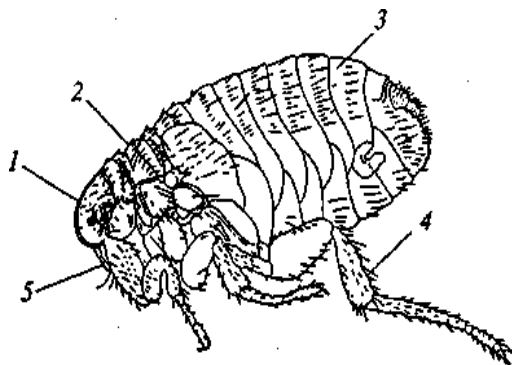


Рис. 54. Крысиная блоха:

- 1 – голова; 2 – грудь; 3 – брюшко; 4 – третья, прыгательная пара ног;
- 5 – усики, ротовой аппарат.

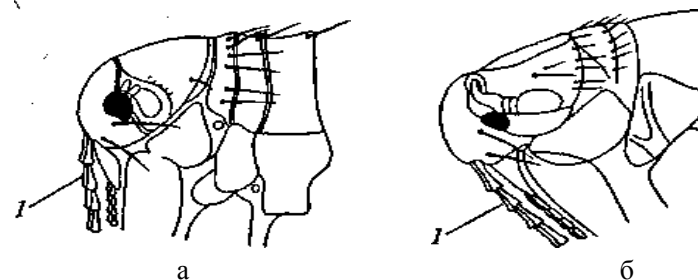


Рис. 55. Головы блох различных видов:

- а – человеческой; б – крысиной; 1 – ротовые органы.

Под микроскопом МБС-1 рассмотрите препарат более подробно. Убедитесь, что тело блохи также имеет три отдела: голову, грудь и членистое брюшко. Сосчитайте число ног блохи и отметьте строение последней пары – прыгательные.

На голове блох имеются глаза, ротовой аппарат, усики и хитиновые придатки в виде волосков, щетинок и зубцов. По различиям в их строении определяют видовую принадлежность блох. Так, ротовые органы человеческой блохи расположены прямо, а крысиной – косо по отношению к голове.

Определите, какого вида блоха имеется на вашем препарате.

Зарисуйте блоху. На рисунке обозначьте: 1) голову; 2) грудь; 3) брюшко; 4) третью прыгательную пару ног; 5) усики, ротовой аппарат.

### Личинки обыкновенного и малярийного комаров

Рассмотрите микропрепараты личинок комаров под микроскопом МБС-1. Убедитесь, что личинки имеют головку, грудь и сегментированное брюшко. На головке находятся глаза, усики и придатки – веерообразные опахала, помогающие при питании.

Найдите разницу в строении личинок обыкновенного и малярийного комаров: на заднем конце тела личинок обыкновенного комара имеется трубковидный дыхательный сифон, а личинки малярийного комара сифона не имеют и дышат через два дыхательных отверстия – дыхальца (стигмы).

Зарисуйте в альбоме все стадии развития обыкновенного и малярийного комаров. У личинок обозначьте: 1) дыхательный сифон у обыкновенного комара; 2) пару стигм у малярийного комара.

Заполните таблицу (укажите различия).



Таблица для заполнения в альбоме.

Таблица 38 – Морфологические различия обыкновенного и малярийного комаров

Вопрос	Обыкновенный комар	Малярийный комар
1. Личинка		
2. Куколка		
3. Голова самки		
4. Голова самца		

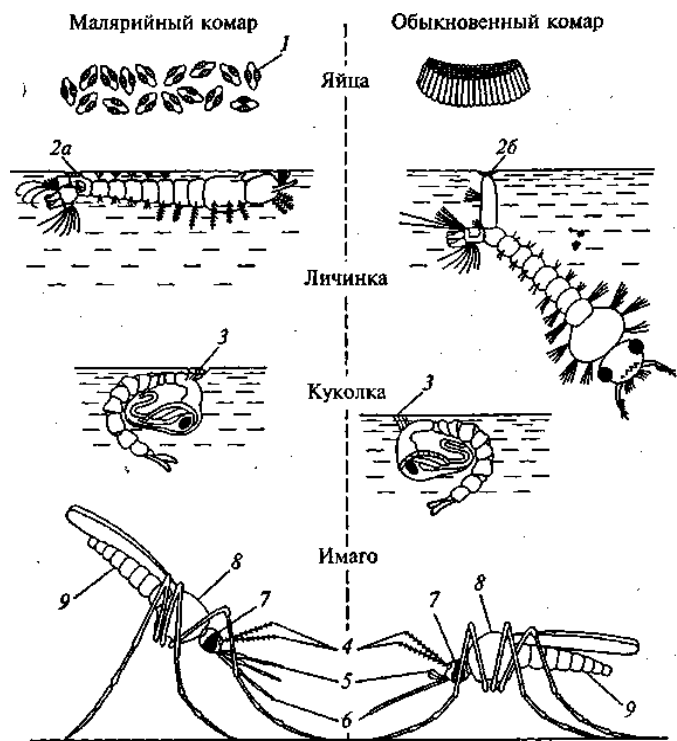


Рис. 56. Отличительные признаки обыкновенного и малярийного комаров:

1 – поплавки яиц; 2а – дыхальце личинки; 2б – дыхательный сифон; 3 – дыхательные сифоны куколок; 4 – антенны имаго (взрослой стадии); 5 – нижнечелюстные щупики; 6 – хоботок; 7 – головка; 8 – грудь; 9 – брюшко взрослого комара (самки).

### Куколки обыкновенного и малярийного комаров

Рассмотрите микропрепараты куколок комаров под микроскопом МБС-1. Форма тела куколок комаров похожа на запятыю. Куколки имеют крупную головку, грудь и сегментированное брюшко. На головке имеются глаза, усики, ротовой аппарат и пара дыхательных трубочек – сифонов.

В отличие от куколок всех других насекомых, куколки комаров подвижные.

Найдите разницу в строении куколок обыкновенного и малярийного комаров. Они различаются по форме дыхательных сифонов: дыхательные сифоны у куколок обыкновенного комара – трубковидной (цилиндрической формы), а у малярийного комара – воронковидной.

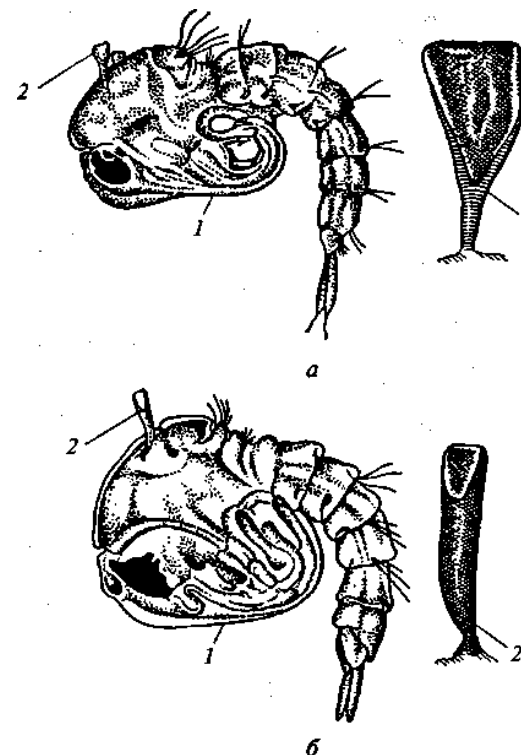


Рис. 57. Куколки комаров:

а – малярийного; б – обыкновенного: 1 – общий вид сбоку; 2 – дыхательные сифоны.

Зарисуйте куколки обыкновенного и малярийного комаров. На рисунках куколок обозначьте: 1) голову; 2) грудь; 3) брюшко; 4) дыхательные сифоны (крупно!) с указанием их формы – цилиндрическая или воронковидная.

### Головки самцов обыкновенного и малярийного комаров

Рассмотрите микропрепарат головок самцов обыкновенного и малярийного комаров под микроскопом МБС-1.

Большую часть головки комаров занимают фасеточные глаза. Рассмотрите придатки головки – ротовые аппараты и усики (сяжки). В отличие от самок усики самцов более опушенные – снабжены длинными пушистыми волосками.

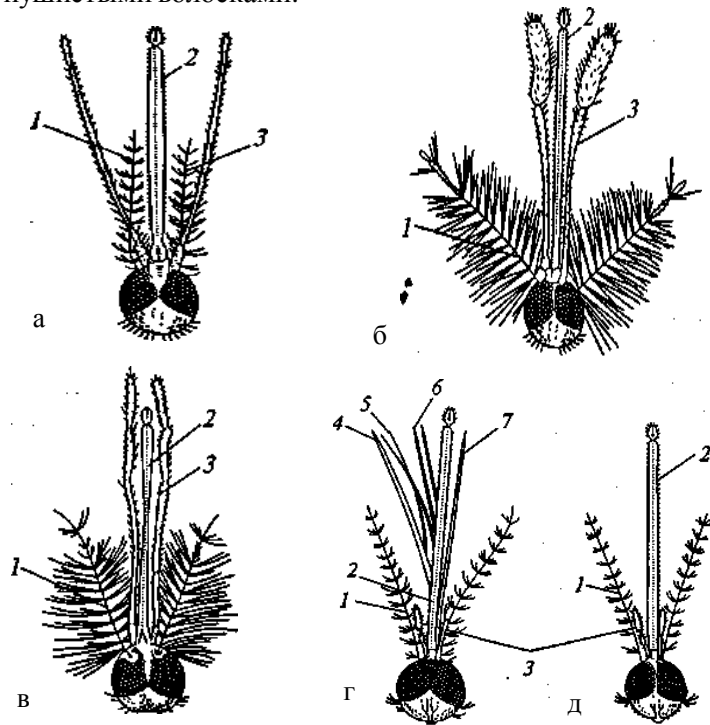


Рис. 58. Головки комаров:

I – малярийного: а – самки; б – самца; II – обыкновенного: в – самки с расщепленным ротовым аппаратом; 1 – сяжки; 2 – хоботок; 3 – щупики; 4 – верхняя губа; 5 – верхние челюсти; 6 – нижние челюсти; 7 – язык; г – самки; д – самца.

Ротовой аппарат обыкновенного и малярийного комаров представлен хоботком (массивная нижняя губа), который играет роль футляра для остальных элементов: в него вложены верхняя губа и язык. Поскольку самцы малярийного и обыкновенного комаров, в отличие от самок, кровь не сосут, в их ротовых аппаратах нет колющих элементов для прокалывания кожи.

Между усиками и хоботком находятся нижнечелюстные щупики.

У самцов обыкновенного комара на щупиках отсутствуют булавовидные утолщения, характерные для самцов малярийного комара.

Зарисуйте в альбоме головки самцов обыкновенного и малярийного комаров. На рисунках обозначьте: 1) усики (сяжки); 2) хоботок; 3) щупики.

### Головки самок обыкновенного и малярийного комаров

Рассмотрите микропрепараты головок самок обыкновенного и малярийного комаров под микроскопом МБС-1.

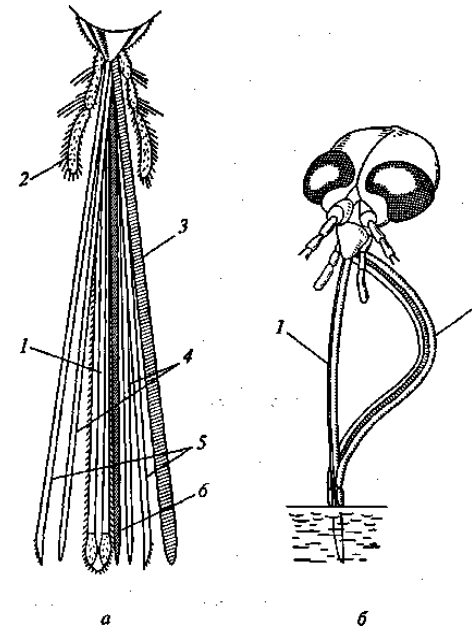


Рис. 59. Ротовой аппарат самки малярийного комара:

а – ротовые части, извлеченные из хоботка; 1 – нижняя губа (хоботок); 2 – нижнечелюстной щупик; 3 – верхняя губа; 4 – верхняя челюсть; 5 – нижняя челюсть; 6 – язык; б – положение колющих частей и хоботка при прокалывании кожи: 1 – колющие части; 2 – хоботок.

У самок, в отличие от самцов, волоски усиков редкие и короткие. Поскольку самки комаров являются кровососущими, в их ротовых аппаратах – хоботках имеются приспособления для прокалывания кожи – колющие челюсти – стилеты.

Самок обыкновенного и малярийного комаров различают по длине нижнечелюстных щупиков. Щупики самок обыкновенного комара на 1/3 короче хоботка, а щупики самок малярийного комара равны хоботку.

Зарисуйте головки самок обыкновенного и малярийного комаров. На рисунках обозначьте: 1) усики (сяжки); 2) хоботок; 3) щупики; 4) колющие стилеты.

### Контрольные вопросы

1. Тип Членистоногие. Общая характеристика типа. Прогрессивные черты строения, классификация. Медицинское значение.
2. Общая характеристика класса Паукообразные. Основные отряды. Медицинское значение.
3. Клещи. Морфофизиологическая характеристика отряда.
4. Клещи – возбудители болезней. Строение и жизненный цикл чесоточного зудня.
5. Клещи – переносчики трансмиссивных заболеваний человека и животных. Примеры.
6. Общая характеристика класса Насекомые. Развитие насекомых. Полный и неполный метаморфоз. Примеры.
7. Вши. Строение и биология представителей. Роль в распространении заболеваний. Меры борьбы с ними.
8. Блохи. Строение и биология. Роль в распространении заболеваний. Меры борьбы с блохами.
9. Мухи. Строение и биология. Значение для медицины. Меры борьбы с мухами.
10. Комары. Строение и биология. Отличия в строении малярийного и обыкновенного комаров. Значение для медицины. Меры борьбы с ними.
11. Учение о природно-очаговых болезнях.

## ГЛОССАРИЙ

**Адолескария** – личинка печеночного сосальщика.

**Алиментарный способ заражения** – попадание в рот с пищевыми продуктами определенных стадий развития возбудителей или их личинок.

**Аллели** (аллелеморфы, парные гены) – различные варианты состояния одного генного локуса, возникшие вследствие мутации. Аллельные гены находятся в одинаковых участках гомологичных хромосом и обуславливают формирование альтернативных признаков (например, гены, определяющие желтую и зеленую окраску семян гороха в опытах Г. Менделя).

**Аллели множественные** – несколько возникших путем мутаций аллельных состояний одного локуса хромосомы, отличающихся по своему фенотипическому проявлению. Если имеется более двух аллелей данного гена, говорят о множественном аллелизме. Множественные аллели детерминируют вариации одного признака (например, окраску шерсти у грызунов, цвет глаз у дрозофилы). Групповые антигены крови человека (система АВО) определяются тремя генами.

**Альтернативные признаки** – качественные взаимоисключающие признаки, детерминируемые аллельными генами. В опытах Г. Менделя – желтый и зеленый цвет семян гороха.

**Амитоз** – одна из зародышевых оболочек у пресмыкающихся, птиц, млекопитающих.

**Амнион** – одна из зародышевых оболочек у пресмыкающихся, птиц, млекопитающих.

**Амниоты** – высшие позвоночные, развитие зародыша которых связано с формированием амниона.

**Амниоцентез** – процедура, связанная с извлечением из амниона небольшого количества амниотической жидкости для исследования хромосомного набора плода (определение пола, хромосомных нарушений).

**Аналогия** – сходство организмов или их частей, разных по происхождению, но одинаковых по функциям.

**Анеуплоидия** (гетероплоидия) – наличие в клетках нарушенного набора хромосом, не кратного гаплоидному, в связи с утратой или добавлением одной или нескольких хромосом.

**Антикодон** – участок молекул т-РНК, состоящий из трех нуклеотидов и «узнающий» комплементарный ему участок из трех нуклеотидов (кодон) в молекуле м-РНК. Взаимодействие кодона и антикодона обеспечивает определенное расположение аминокислот в синтезирующейся на рибосомах полипептидной цепи.

**Артериальные дуги** – кровеносные сосуды зародыша позвоночных.

**Артерии** – кровеносные сосуды, несущие кровь от сердца.

**Аутосомы** – обычные, т.е. имеющие одинаковое строение у самца и самки соматические хромосомы (все хромосомы, кроме половых). В диплоидном наборе клеток человека содержится 22 пары аутосом и 1 пара половых хромосом.

**Бесполое размножение** – размножение без участия половых клеток; характеризуется отсутствием полового процесса.

**Биогельминты** – черви, развивающиеся с участием промежуточных хозяев.

**Биогеоценоз** – учение о биогеоценозе разработано К. Мебиусом в 1877г. Исторически сложившаяся совокупность обитающих на одной территории взаимосвязанных популяций растений, животных и микроорганизмов.

**Биота** – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, имеющую общую область проживания, но необязательно имеющих экологические связи друг с другом.

**Биотип** – совокупность особей в пределах популяции, имеющих сходные генотип и фенотип.

**Бластоцель** – полость тела животного на стадии бластулы.

**Бластула** – зародыш многоклеточных животных, развивающийся в результате деления (дробления) яйца.

**Вакуоли** – одномембранные органеллы, являющиеся резервуарами воды и растворенных в ней соединений. В клетках растут постоянно, наполнены клеточным соком и заполняют до 90 % их объема.

**Вены** – кровеносные сосуды, несущие кровь к сердцу.

**Вторичная полость тела (целом)** – пространство между стенкой тела и внутренними органами у многоклеточного животного.

**Гамета** – половая клетка.

**Гаметогенез** – процесс образования и развития половых клеток – гамет.

**Гастрола** – двуслойный зародыш многоклеточного животного.

**Гастрюляция** – процесс образования двуслойного зародыша.

**Гельминт** – паразитический червь.

**Гельминтология** – наука о паразитических червях.

**Генетический код** – система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот при чередовании последовательности нуклеотидов. Код триплетен (см. Кодом).

**Геномные мутации** – изменение числа хромосом в кариотипе особей. К этой категории относится полиплоидия – увеличение количества хромосом, кратное гаплоидному набору. Анеуплоидия (гетероплоидия) характеризуется наличием отдельных сверхкомплексных хромосом (трисомия) или отсутствием отдельных хромосом набора (моносомия).

**Генофонд** – совокупность генов всех особей, составляющих популяцию.

**Геогельминты** – черви, развивающиеся без участия промежуточных хозяев.

**Георальный способ заражения** – попадание в рот пищи или воды, контаминированной (загрязненной) фекалиями, содержащими цисты простейших, яйца гельминтов и споры бактерий.

**Гермафродит** – особь с мужским и женским половыми органами.

**Гетерозиготный организм** – особь, содержащая в клетках тела разные гены данной аллельной пары (например, Аа). Исходная для гибридного организма зигота образуется от соединения гамет с разными аллелями – А и а.

**Гомология** – сходство органов, основанное на общности происхождения в филогенезе при возможных различиях структуры и функции.

**Дауна синдром** – трисомия по 21-й паре хромосом.

**Дегельминтизация** – изгнание червей из больного организма.

**Деффишенси** – концевая делеция, хромосомная перестройка.

**Дифференцировка** – возникновение различия между клетками и тканями.

**Дробление** – ряд последовательных митотических делений яйца без увеличения его размеров.

**Желтое тело** – временная железа внутренней секреции, образующаяся в фолликуле яичника после выхода из него яйцеклетки.

**Жизненный цикл** – последовательные стадии развития паразита.

**Закон чистоты гамет** – установлен Г. Менделем: гаметы гомо- и гетерозиготных организмов чисты, так как несут только один из двух аллельных генов.

**Зигота** – оплодотворенная яйцеклетка.

**Инвазия** – паразитарное заболевание, вызванное простейшими или гельминтами.

**Инверсия** – хромосомная перестройка, поворот на 180° оторванного участка хромосомы с последующим присоединением.

**Интерфаза** – фаза клеточного цикла между делениями клетки, в ходе которого удваивается содержание ДНК.

**Источник заражения** – организм, через который паразит передается новому хозяину.

**Изоляция** – важный эволюционный фактор, состоящий в возникновении различных преград свободному скрещиванию особей. Различают географическую изоляцию, экологическую изоляцию и репродуктивную изоляцию.

**Кариотип** – диплоидный набор хромосом, характеризующийся числом, размером, формой, особенностями строения. Важнейший видовой признак.

**Клетка** – элементарная единица живой системы, обладающая всеми признаками живого.

**Клеточный цикл** – последовательность фаз, которые проходит клетка в период от предыдущего до последующего деления.

**Кодоминирование** – взаимодействие аллельных генов, при котором оба аллеля реализуются в генотипе гетерозиготного организма.

**Кодон (триплет)** – состоит из трех последовательных нуклеотидов ДНК и кодирует одну аминокислоту.

**Комплекс Гольджи** – одномембранная органелла клетки, служащая для упаковки, транспорта и выведения продуктов биосинтеза клетки.

**Комплементарность** – форма взаимодействия неаллельных генов: когда для развития признака необходимо наличие в генотипе двух доминантных генов из двух аллельных пар.

**Лейкоциты** – белые клетки крови. Бесцветные клетки крови, имеющие непостоянную форму и способные к активному амёбидному движению.

**Летальные гены** – в гомозиготном состоянии вызывают гибель организма из-за нарушения его нормального развития.

**Лизосома** – одномембранная органелла, содержащая набор ферментов для расщепления белков, углеводов и липидов нуклеиновых кислот.

**Макроэволюция** – эволюционные преобразования, приводящие к возникновению систематических групп более высокого порядка, чем вид (род, семейство, отряд).

**Мейоз** – редукционное деление клеток. Происходит при гаметогенезе.

**Менделирующие признаки** – определяются аллельными генами (наследуются моногенно), которые взаимодействуют по типу полного доминирования.

**Механические переносчики** – членистоногие, распространяющие возбудителей болезней с поверхности своего тела. Способствуют геооральному способу заражения инфекциями и инвазиями.

**Митоз** – не прямое деление, происходит в соматических клетках.

**Митотическое веретено деления** – цитоплазматическая структура, состоящая из микротрубочек и внешне напоминающая веретено. Обеспечивает равномерное расхождение хромосом во время митоза и мейоза.

**Митохондрия** – двухмембранная органелла клетки, осуществляющая процессы биологического окисления, обеспечивающие за счет этого клетку энергией.

**Моногибридное скрещивание** – скрещивание организмов, отличающихся по одной паре альтернативных признаков.

**Моносомия** – геномная мутация, при которой в клетках кариотип уменьшен на одну хромосому (2n - 1).

**Морганида** – единица расстояния между генами в хромосоме, соответствующая 1 % кроссинговера при гаметогенезе.

**Морула** – стадия зародышевого развития в период дробления.

**Мутагены** – факторы, воздействие которых приводит к появлению мутаций.

**Мутация** – внезапное стойкое наследственное изменение генотипа.

**Наследование, сцепленное с полом** – наследование признаков, гены которых расположены в половых хромосомах.

**Наследственность** – свойство организмов передавать поколениям свои признаки и особенности развития.

**Нейрула** – стадия развития зародыша хордового животного, на которой происходит закладка осевых органов.

**Норма реакции** – размах (границы) модификационной изменчивости.

**Овогенез** – процесс образования женских половых клеток (яйцеклеток).

**Овуляция** – процесс выхода зрелой яйцеклетки из яичника в полость тела при разрыве фолликула.

**Окончательный хозяин** – организм, в котором паразит находится в половозрелой форме или размножается половым путем.

**Органеллы** – мельчайшие структуры, содержащиеся в цитоплазме клеток, обеспечивающие осуществление разнообразных функций клеток.

**Органогенез** – процесс развития и формирования органов.

**Плазмиды** – короткие кольцевые молекулы ДНК, находящиеся вне хромосомы бактериальной клетки.

**Плазмолиз** – отделение пристеночного слоя цитоплазмы растительной клетки от стенки.

**Пластиды** – двухмембранные органеллы, имеющиеся только у растений и предназначенные для осуществления различных функций (фотосинтеза, накопления запасных веществ).

**Плейотропия** – способность гена воздействовать на развитие нескольких признаков.

**Полимерия (полигения)** – форма взаимодействия неаллельных генов, при которой на проявление количественного признака оказывают влияние одновременно несколько пар генов. Наблюдается суммирующее действие доминантных генов.

**Полиплоидия** – геномная мутация: увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному (3n, 4n) набору.

**Половое размножение** – размножение при участии двух особей. Новый организм образуется из зиготы в результате слияния гамет.

**Половые хромосомы (геносомы)** – хромосомы, по которым мужской пол отличается от женского. У человека X – женская, Y – мужская хромосомы.

**Природно-очаговые болезни** – в основном трансмиссивные, существуют в природе независимо от человека и обусловлены следующими компонентами: 1) возбудитель; 2) специфический переносчик; 3) резервуар; 4) природно-климатические условия.

**Природно-очаговые гельминтозы** – паразитарные заболевания, распространяющиеся независимо от человека.

**Природный резервуар** – дикие животные, накапливающие паразитов.

**Пробанд** – лицо, по отношению к которому составляется родословная.

**Прокариотические клетки** – клетки, не имеющие ядра, отграниченного от цитоплазмы мембраной, например бактерии, синезеленые водоросли.

**Промежуточный хозяин** – организм, в котором паразит находится в личиночной стадии или размножается бесполом путем.

**Протоцель** – первичная полость тела животного на стадии бластулы.

**Размножение** – свойство организмов воспроизводить потомство.

**Расы человека** – исторически сложившиеся группы людей, характеризующиеся общностью физических особенностей. Современное человечество подразделяют на 3 и 5 больших рас.

**Резервуар** – дикие животные, среди которых поддерживаются и накапливаются возбудители природно-очаговых болезней.

**Рецессивный признак** – не проявляющийся (подавленный) у гетерозиготных организмов.

**Рибосомы** – немембранные органеллы клетки, на которых происходит синтез белка.

**Семенники** – мужские половые железы, в которых происходит сперматогенез.

**Сперматогенез** – процесс образования мужских половых клеток – сперматозоидов.

**Сперматозоиды** – мужские половые клетки (гаметы).

**Специфические переносчики** – кровососущие членистоногие, в которых паразит проходит цикл развития и которые вводят возбудителя в кровь хозяина.

**Сцепленное наследование** – совместное наследование признаков, гены которых расположены в одной хромосоме.

**Транскрипция** – первый этап биосинтеза белка, образование и РНК.

**Транслокация** – межхромосомная перестройка (хромосомная мутация).

**Трансляция** – второй этап биосинтеза белка: перевод языка генетических кодонов мРНК в последовательность аминокислот белка.

**Трансмиссивный способ заражения** – способ заражения с участием кровососущего специфического переносчика, от которого воз-

будитель болезни попадает в кровь: 1) при укусе (инокулятивно); 2) при загрязнении ранки от укуса его фекалиями (контаминативно).

**Трисомия** – геномная мутация, при которой кариотип увеличивается на одну хромосому ( $2n + 1$ ).

**Тургор** – напряженное состояние клетки, обусловленное давлением внутриклеточной жидкости на мембрану клетки.

**Фенотип** – совокупность всех признаков и свойств организма, обусловленная реализацией генотипа во внешней среде.

**Фолликулы яичников** (граафовы пузырьки) – полости в яичниках животных и человека, в которых созревает яйцеклетка.

**Хлоропласты** – пластиды, предназначенные для осуществления фотосинтеза.

**Хроматида** – структурный элемент хромосом.

**Хромосомы** – структура, состоящая из молекул ДНК – материальных носителей наследственной информации и белков, связанных с ДНК.

**Цитоплазма** – коллоидный раствор, являющийся обязательным компонентом любой клетки, содержащий органеллы и включения.

**Эктодерма** – наружный зародышевый листок эмбриона многоклеточных животных.

**Эмбриогенез** – процесс зародышевого развития организма.

**Эндоплазматическая сеть (ЭПС)** – одномембранная органелла, которая является системой синтеза и транспорта веществ в цитоплазме.

**Эпистаз** – форма взаимодействия неаллельных генов, при которой один ген (супрессор) подавляет действие другого – неаллельного (гиростатического).

**Эритроциты** – безъядерные дисковидные двояковогнутые клетки крови, покрытые мембраной. Внутри содержат гемоглобин.

**Эукариотические клетки** – клетки, содержащие ядро, отграниченное от цитоплазмы мембраной, например клетки растений, грибов, животных.

**Ядро** – самая крупная органелла клетки, характерная для эукариотических клеток.

**Яичники** – женские половые железы (гонады).

**Яйцеклетка** – женская половая клетка (гамета).

---

---

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников, С.И. Биология: учебник / Колесников С.И. – М.: КноРус, 2018. – 257 с. – (для бакалавров). – ISBN 978-5-406-05671-4. – URL: <https://book.ru/book/923524>– Текст: электронный.
2. Зайцева, Л.М. Биология с основами экологии: методические указания / Составитель Л.М. Зайцева. – Самара: СамГАУ, 2019. – 44 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/123514> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шубина, Ю.Э. Биология. Практикум: учебное пособие / Ю.Э. Шубина. - Липецк: Липецкий ГПУ, 2017. - 82 с.- ISBN 978-5-88526-902-5.-Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/112010> - Режим доступа: для авториз. Пользователей.
4. Биология с основами экологии. Тестовые задания для самостоятельной подготовки студентов: учебное пособие / составитель Н.Н. Малкова. - Благовещенск: ДальГАУ, [б.г.] - Часть 2. - 2017. - 32 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/137700>. - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Кириенко, Н. Н. Биология с основами экологии: практикум: учебное пособие / Н. Н. Кириенко. – Красноярск: КрасГАУ, 2017. – 135 с. – Текст : электронный // Лань:электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/130086> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Новак, А. И. Биология с основами экологии: учебное пособие / А. И. Новак, И. Ю. Быстрова, О. А. Федосова. – Рязань: РГАТУ, 2016. – 165 с. – ISBN 978-5-98660-266-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL:<https://e.lanbook.com/book/144268> – Режим доступа: для авториз. Пользователей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>РАЗДЕЛ 1. ЭКОЛОГИЯ</b> .....	4
Тема 1. Основные понятия и определения экологии .....	4
Тема 2. Среда и экологические факторы. Влияние экологических факторов на организмы .....	8
Тема 3. Демэкология – экология популяций .....	25
Тема 4. Синэкология – экология сообществ .....	35
Тема 5. Структура экосистем .....	37
Тема 6. Динамические изменения в экосистеме .....	47
Тема 7. Биотические отношения в биоценозах .....	54
Тема 8. Структура биосферы и живое вещество .....	60
Тема 9. Круговорот веществ в природе .....	67
<b>РАЗДЕЛ 2. БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ. ГЕНЕТИКА</b> .....	74
Тема 10. Правила работы с микроскопом. Приготовление временных препаратов .....	74
Тема 11. Эукариотическая клетка. Клетка кожицы лука, клубня картофеля, клетки крови лягушки и человека .....	80
Тема 12. Деление клетки. Жизненный и митотический циклы клетки. Митоз в клетках корешка лука .....	87
Тема 13. Формы размножения организмов. Мейоз и гаметогенез .....	97
Тема 14. Онтогенез (индивидуальное развитие организма). Стадии бластулы, гаструлы и нейрулы .....	102
Тема 15. Генетика. Закономерности наследования признаков. Моно-, ди-, полигибридное скрещивание. Наследование групп крови у человека .....	107
Тема 16. Хромосомный уровень организации наследственного материала. Кариотип и его характеристика .....	115
Тема 17. Основы молекулярной генетики. Строение молекулы ДНК, РНК .....	124

Тема 18. Изменчивость и основы медицинской генетики. Изучение нормальных и мутированных мух дрозофилы. Составление родословных .....	128
<b>РАЗДЕЛ 3. ПАРАЗИТОЛОГИЯ</b> .....	139
Тема 19. Медицинская паразитология. Медицинская протозоология. Класс Саркодовые. Дизентерийная амеба .....	139
Тема 20. Класс Жгутиковые. Лейшмании .....	141
Тема 21. Класс Споровики. Малярийный плазмодий. Токсоплазма. Балантидии .....	143
Тема 22. Медицинская гельминтология. Тип Плоские черви. Класс Сосальщики. Печеночный сосальщик .....	149
Тема 23. Тип Плоские черви. Класс Ленточные черви. Свиной и бычий цепни. Эхинококк. Лентец широкий .....	158
Тема 24. Тип Круглые черви. Класс Собственно Круглые черви. Свиная аскарида. Острица. Власоглав. Трихинелла .....	166
Тема 25. Медицинская энтомология. Тип членистоногие. Класс Паукообразные. Скорпион. Тарантул. Таежный клещ. Чесоточный зудень. Класс Насекомые. Черный таракан. Блоха человеческая. Малярийный комар .....	178
<b>ГЛОССАРИЙ</b> .....	197
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	205



Булацева С.В., Цогоева Ф.Н.,  
Босиева О.И., Плиева Е.А.

# БИОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие  
для лабораторных занятий для студентов  
по специальности

36.05.01 «Ветеринария» и направлению подготовки –  
36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза»

---

Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 10.09.2021 г. Бумага писчая. Печать трафаретная.  
Бумага 60x84 1/16. Усл. печ. л. 13. Тираж 35. Заказ 107.

---

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.

Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»