

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

А.Г.КАРТАШЕВ

БИОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Томск-2014

Карташев А.Г.
Биология. Учебное пособие. – Томск: 2014.

В учебном пособии представлены основные разделы биологии в соответствии с Государственным образовательным стандартом в высших учебных заведениях по изучению дисциплины.

Учебное пособие рассматривает основные закономерности строения клетки, растительного и животного царства.

Предлагаемое учебное пособие подготовлено для студентов ТУСУРа.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебное пособие по биологии предназначено для студентов ТУСУРа. В учебном пособии рассматриваются основные закономерности происхождения и развития жизни, строение клетки, растений и животных.

В соответствии с классическими представлениями изучаемый материал поделен на четыре раздела: молекулярные основы биосистем, ботанику с анатомией растений, зоологию беспозвоночных и зоологию позвоночных животных. В учебном пособии изложены основные представления эволюции биосистем, которые подтверждаются конкретными филогенетическими закономерностями, представленными в каждом подразделе. Рассмотрены основы биоэнергетики, генетики и строения клетки. В разделе растений изложены основы систематики и эволюции растительного мира. Общая зоология представлена двумя разделами: зоологией беспозвоночных и зоологией позвоночных животных. Рассмотрены особенности строения и эволюции и экологическим особенностям беспозвоночных животных. Большое внимание уделяется эволюции и экологии видов, семейств и родов позвоночных животных. Рассмотрены физиологические особенности рыб, птиц и животных, позволившие им доминировать в современном мире. Учебное пособие по биологии направлено на формирование общих системных представлений студентов о биологических процессах в биосфере Земли.

1. Предмет, методы и задачи биологии

Биология — наука о жизни, ее формах и закономерностях развития. Предметом изучения биологии является многообразие вымерших и ныне населяющих Землю живых существ, их строение (от молекулярного до анатомо-морфологического), функции, происхождение, индивидуальное развитие, эволюция, распространение, взаимоотношения друг с другом и окружающей средой.

Биология исследует общие и частные закономерности, присущие жизни во всех ее проявлениях и свойствах: обмен веществ и энергии, размножение, наследственность и изменчивость, рост и развитие, раздражимость, дискретность, самоорганизацию, движение и др.

В зависимости от объектов изучения в биологии можно выделить ряд направлений: вирусологию, микробиологию, ботанику, зоологию, антропологию и др. Все биологические науки исследуют особенности происхождения, строения, развития, особенности жизнедеятельности, свойства, разнообразие и распространение на земном шаре каждого отдельного вида вирусов, бактерий, животных, растений и человека.

По структуре, свойствам и проявлениям индивидуальной жизни в биологии выделяют морфологию, физиологию, анализирующую функции живых организмов, их взаимную связь и зависимость от внешних и внутренних условий. Генетика изучает закономерности наследственности и изменчивости организмов, биология развития изучает закономерности индивидуального развития организмов, эволюционное учение исследует закономерности исторического развития органического мира, экология изучает образ жизни растений и животных в их взаимосвязи с условиями окружающей среды.

Химические реакции и физико-химические процессы в живых организмах, а также химический состав и физическую структуру биологических систем на всех уровнях их организации изучают биохимия и биофизика. Установить закономерности, незаметные при описании единичных процессов и явлений, позволяет биометрия, т.е. совокупность приемов планирования и обработки результатов биологических исследований методами математической статистики.

Жизненные явления на молекулярном уровне изучает молекулярная биология; структуру и функции клеток, тканей и органов — цитология, гистология и анатомия, Популяции и биологические особенности всех организмов, входящих в ее состав — популяционная генетика и экология. Закономерности формирования, функционирования, взаимосвязи и развития высших структурных уровней организации жизни на Земле до биосферы в целом исследует биогеоценология. Закономерности строения (структуры) и функционирования, единые для всех организмов независимо от их систематического положения, разрабатывает общая биология.

В настоящее время различают несколько структурно-функциональных уровней организации в изучении жизненных явлений: молекулярный, клеточный, тканевый, органнй, организменный, популяционно-видовой и биосферно-биогеоценологический.

На *молекулярном уровне* исследуется роль биологически важных молекул (белки, нуклеиновые кислоты, липиды, полисахариды и др.) в росте и развитии организмов, хранении и передаче наследственной информации, в обмене веществ и превращении энергии в живых клетках и других явлениях.

Клеточный уровень предусматривает изучение структурной организации клетки. Учение о клетке, или цитология, включающая цитоморфологию, цитофизиологию, цитогенетику и цитохимию, позволяет установить физиолого-биохимические и структурно-функциональные связи между клетками в различных тканях и органах.

На *организменном уровне* изучаются процессы и явления, происходящие в особях, и механизмы согласованного функционирования ее органов и систем, а также роль и взаимоотношения различных органов в жизнедеятельности организма, приспособительные изменения и поведение организмов в различных экологических условиях.

Популяционно-видовой уровень живого принципиально отличается от организменного. Если продолжительность жизни особей любого живого организма определена генетически, и они неизбежно умирают, исчерпав запрограммированные возможности своего развития, то популяция способна при подходящих условиях среды развиваться неограниченно долго.

Изучение состава и динамики популяции, т.е. совокупности особей одного вида, имеющих общий генофонд и населяющих определенное пространство с относительно однородными условиями обитания на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, является предметом генетики, морфологии, фенологии, экологии и др.

На *биосферно-биогеоценологическом, или экосистемном, уровне* изучаются взаимоотношения организма и среды, миграция живого вещества, пути и закономерности протекания энергетических круговоротов и другие процессы, происходящие в биогеоценозах (экосистемах).

Основными методами биологии являются наблюдение, сравнение, моделирование, исторический метод позволяет на основе данных о современном органическом мире и его прошлом познать процессы развития живой природы.

Биологические знания помогают в борьбе с вредителями и болезнями культурных растений, паразитами животных. Они играют важную роль в совершенствовании лесного и промыслового хозяйства, звероводства.

Достижения современной биологии нашли практическое применение в промышленном биологическом синтезе аминокислот, кормовых белков, ферментов, витаминов, стимуляторов роста и средств защиты растений, органических кислот и нанотехнологии.

С помощью методов геной инженерии биологами созданы организмы с новыми комбинациями наследственных признаков и свойств: растения с повышенной устойчивостью к заболеваниям, засолению почв, способностью к фиксации атмосферного азота и др. Генная инженерия положена в основу разработки принципов биотехнологии, связанных с производством биологически активных веществ (инсулин, антибиотики, интерферон, новые вакцины для профилактики инфекционных заболеваний человека и животных).

Теоретические достижения биологии широко применяются в медицине. Именно успехи и открытия биологии определили современный уровень медицинской науки. В частности, генетические исследования позволяют разрабатывать методы ранней диагностики, лечения и профилактики многих наследственных болезней человека (альбинизм, гемофилия, бесплодие, слабоумие и др.). С ними во многом связан и дальнейший прогресс медицины.

Решение таких важных проблем современности, как охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов и повышение продуктивности растительного мира, возможны только на основе биологических исследований. Они предусматривают выявление и устранение отрицательных эффектов воздействия человека на природу (загрязнение среды вредными веществами), определение режимов рационального использования резервов биосферы, вскрытие негативных последствий хозяйственной деятельности. Кроме того, задачей биологии является обеспечение сохранности биосферы и способности природы к самовоспроизведению.

1. 2. Возникновение жизни на Земле

Происхождение жизни, возникновение живых существ — одна из центральных проблем естествознания, которая представляет как познавательный, так и научный интерес.

Живые организмы в отличие от неживых имеют совокупность признаков: обмен веществ и энергии, способность к росту и развитию, размножению, к поддержанию определенного состава. Кроме того, для них характерно наличие саморегулирующейся метаболической системы (обмен веществ) и они обладают способностью к точному самовоспроизведению собственной метаболической системы (репликация ДНК, ее матричное копирование и специфически детерминированный синтез белков-ферментов) и др.

Согласно современным представлениям, жизнь — особая форма существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе ее развития. *Абиогенез* — самопроизвольное возникновение органической материи из неорганической. Здесь объединены два принципиально разных подхода: наивно-материалистические представления древних греков о самозарождении живых организмов из неживой природы и современные диалектико-материалистические представления о естественном возникновении жизни (биопоэзе). В частности, Аристотель в принципе придерживался материалистических представлений об абиогенезе живых существ из неорганической природы. Однако его взгляды и взгляды его средневековых последователей превратились в механистические представления о самозарождении высокоразвитых органических форм (как растений, так и животных) непосредственно из неорганической материи (грязь, ил, пот и т.д.), а также о порождении одними формами других (например, гуси, овцы — из плодов деревьев).

Первый удар по представлениям о самозарождении нанесли эксперименты флорентийского естествоиспытателя Ф.Реди, который доказал невозможность самозарождения мух в мясе. Наряду с опытными открытыми сосудами с мясом он использовал контрольные, завязанные марлей и недоступные для мух. В контрольных сосудах черви (личинки мух) не могли зародиться. Эксперименты Ф. Реди не смогли опровергнуть представления о самозарождении, устоявшиеся веками. Спустя несколько лет после проведенных экспериментов Ф. Реди голландский ученый А.Левенгук открыл микроскопические существа, "самозарождение" которых можно было наблюдать в капельке чистой воды. Открытие А.Левенгуком микромира дало толчок развитию представлений о самозарождении, но уже на уровне микромира. Не дали окончательного ответа и эксперименты итальянского ученого Л.Спалланцани, продемонстрировавшего невозможность самозарождения микроскопических живых существ в питательных жидкостях и бульонах после их кипячения в запаянных ретортах. Несогласные с выводами Л.Спалланцани ученые считали, что в его экспериментах был нарушен доступ в сосуды активного начала, якобы содержащегося в воздухе и необходимого для самозарождения. Только остроумные опыты выдающегося

французского ученого-микробиолога Л. Пастера смогли убедить всех скептиков и сокрушить представления и самозарождения.

Биогенез — это система представлений, базирующаяся на принципе, что все живое может появиться только от живого. Впервые этот постулат был выведен на основании опытов Л.Пастера.

Пастер нагревал бульон в колбе с длинным, дважды изогнутым кончиком, в котором оседали все споры микроорганизмов, содержащиеся в воздухе, поступавшем в колбу после кипячения бульона. Такая конструкция колбы не препятствовала доступу воздуха, т.е. "активного начала". Колба оставалась стерильной месяцами, но стоило смочить бульоном изогнутое колено, как в колбе начиналось интенсивное развитие микроорганизмов. Опыты Л.Пастера сыграли важную роль в отрицании представлений о самозарождении и помогли утвердиться гипотезе биогенеза. Был сформулирован закон "Все живое из живого", который имел большое значение для развития биологической науки и в то же время более чем на полвека исключил возможность рассмотрения абиогенного (из неорганической природы) пути возникновения живой материи. Биогенез как гипотеза о происхождении жизни не дает материалистического ответа на вопрос об истоках появления органической материи во Вселенной. Однако она может вполне материалистически объяснить возникновение жизни на Земле путем заселения ее спорами микроорганизмов и других низших форм жизни.

В 1924 г. русским биохимиком А. И. Опариным, а позднее, в 1929 г., Дж. Холдейном была высказана гипотеза о возникновении жизни как результате длительной эволюции углеродных соединений, которая и легла в основу современных представлений. А.И.Опарин исходил из того, что возникновение живых существ из неживой природы невозможно в современных условиях. Абиогенное возникновение живой материи возможно было только в условиях древней атмосферы. Доказать это можно логически, проанализировав историю возникновения Земли и формирования атмосферы.

Возраст Земли составляет около 5 млрд. лет. Предполагается, что Солнце и планеты Солнечной системы возникли из облака космической пыли. За счет движения (вращения) и сил гравитации все новые и новые частицы увеличивали массу Земли. При этом силы гравитации возрастали, плотность Земли увеличивалась, и происходило ее разогревание. Как и всякое разогретое тело, Земля остывала, переходила из газообразного в жидкое состояние, а затем на ее поверхности начала формироваться твердая корка. В результате этих процессов происходили химические реакции, тяжелые вещества оседали к центру и образовывали ядро Земли, а более легкие — ее оболочку. За счет сил гравитации Земля удерживала газовую оболочку. По мере ее охлаждения из конденсировавшихся в верхних слоях атмосферы водяных паров образовались моря и океаны. С разогретой

поверхности Земли, горячих морей и океанов интенсивно испарялась вода, которая, конденсируясь в верхних слоях атмосферы, опять возвращалась в виде обильных ливней. Все это сопровождалось грозами. Частые и мощные электрические разряды — один из источников энергии, который мог использоваться для абиогенного синтеза органических соединений. Для таких же целей источником энергии могли служить жесткое ультрафиолетовое излучение (из-за отсутствия в атмосфере Земли кислорода, а значит, и озонового экрана), радиация высоких энергий и тепловая энергия земных недр.

Большинство исследователей сходятся на том, что в процессе образования атмосферы участвовали реакции, сформировавшие многочисленные газообразные соединения. Основными из них являются гидриды (метан, аммиак, вода газообразная), а также водород и некоторые другие газы, но при полном отсутствии газообразного кислорода.

В процессе становления жизни можно выделить следующие стадии биопоэза.

1. Неорганический синтез малых молекул органических соединений. В 1953 г. американский биохимик С.Миллер опубликовал результаты экспериментальной проверки возможности спонтанного синтеза органических соединений в специально созданном приборе, имитирующем условия древней атмосферы Земли: интенсивное испарение и конденсация воды, электрические разряды и состав атмосферы. В растворе были получены аминокислоты. Опыты многократно повторялись в различных лабораториях и позволили продемонстрировать возможность синтеза практически всех мономеров основных биополимеров. В частности аминокислот, гетероциклических соединений, предшественников гемоглобина, хлорофилла, азотистых оснований, органических кислот, моносахаридов, цианамидов и др. Таким образом, С.Миллер экспериментально доказал возможность возникновения низкомолекулярных органических соединений из неорганических в условиях древней атмосферы Земли. Необходимо отметить, что все органические молекулы являются оптическими изомерами: белки — левовращающие, нуклеиновые кислоты — правовращающие изомеры. Механизм синтеза биологических изомеров плохо изучен.

2. Неорганический синтез крупных органических молекул (биополимеров). Доказательством возможности спонтанного синтеза органических биополимеров из мономеров вне организма служат опыты С.Фокса. При многократном нагревании и охлаждении водой смеси сухих аминокислот происходило образование пептидных связей путем отщепления молекул воды (дегидратацией). Поэтому данные реакции получили название реакций дегидратационного синтеза. Позже было показано, что в водных растворах слабой концентрации в присутствии цианидов и цианамидов за

счет реакций дегидратационного синтеза также могут формироваться нуклеотиды и полинуклеотиды, полипептиды, полисахариды и липиды.

3. Образование физико-химических систем (коацерватов) и мембран. В опытах С.Фокса было установлено, что в результате промывания горячей смеси искусственных полимеров водой или водными растворами солей получают многочисленные микросферы-коацерваты. Коацерваты стабильны. В гипотоническом растворе они набухают, а в гипертоническом — сморщиваются. Это свидетельствует о наличии у них полупроницаемой оболочки, напоминающей мембрану. С помощью электронного микроскопа установлено, что мембрана у них может быть и двойной. Возможность образования мембраны вытекает из свойств полярных молекул липидов, их взаимодействия с растворителями. Следовательно, на этом этапе мы уже имеем дело со сложной физико-химической системой — коацерватом, который может сливаться с другими, делиться после перемешивания ("рекомбинации") содержимого, подвергаться действию отбора и обладать полупроницаемостью. Однако у этой системы отсутствует саморегулирующийся обмен веществ — метаболизм и способность к самовоспроизведению.

4. Возникновение метаболизма. Оно предполагает наличие ферментов и энергетических систем. Для живых организмов характерно наличие биокатализаторов метаболических процессов — ферментов, а также системы накопления, преобразования и использования энергии. Ферменты ускоряют протекание реакций в биологических системах. Однако те же реакции в химических или физико-химических системах могут катализироваться простыми соединениями.

В качестве примера рассмотрим возможный путь возникновения фермента каталазы. Процесс разложения пероксида водорода ферментом каталазой может происходить в присутствии ионов трехвалентного железа как чисто неорганический процесс. Реакция идет с низкой скоростью. Если ион железа включен в органическую молекулу порфирина, то скорость реакции возрастает в 1000 раз, если же он вместе с молекулой порфирина присоединен к белковой части молекулы (в составе фермента каталазы), то активность увеличивается в 10 млрд. раз.

Следовательно, появление ферментов в ходе эволюционного процесса явилось крупным шагом в создании биосистем. Возникновение белковых молекул, третичная или четвертичная структура которых случайно оказалась пространственно наиболее подходящей для осуществления каких-либо реакций, например, реакций синтеза, т.е. объединения двух молекул в одну, более сложную, или реакций гидролиза, т.е. расчленения одной молекулы на два или несколько компонентов маловероятна. Аналогичная "подгонка" фермента к субстрату или его "поиски", "выбор" в ходе естественного отбора могли занимать десятки, сотни тысяч и даже миллионы лет.

Возникновение энергетических систем при наличии ферментов представить довольно просто. АТФ — это комплекс из пуринового азотистого основания аденина, сахара рибозы (они возникают на первом этапе биопоза, что подтверждено и экспериментами С.Миллера) и фосфатов, т.е. для его формирования достаточно нескольких ферментов. Доказательством возникновения и функционирования энергетических систем на ранних этапах биопоза служат и эксперименты С.Фокса, который показал, что гидролиз АТФ с высвобождением энергии макроэргических связей могут осуществлять коацерваты в присутствии гидрата оксида цинка.

5. Возникновение точного самовоспроизведения. Нет сомнения, что это свойство возникло и эволюционировало одновременно с возникновением обмена веществ (метаболизма).

В ходе эволюции, безусловно, должны были объединиться две системы: полинуклеотидная и полипептидная, так как их свойства дополняют друг друга, а свойства каждой из них в отдельности не имели бы особого значения для формирования биологических систем. Известно, что нуклеиновые кислоты обладают весьма ограниченными каталитическими функциями, но, благодаря принципу комплементарности нуклеотидов, они отличаются чрезвычайно высокой точностью воспроизведения. Белки обладают колоссальным разнообразием каталитических функций в силу значительно большего числа вариантов комбинаций аминокислот по сравнению с нуклеиновыми кислотами, а также разнообразием функциональных групп и пространственной конфигурации молекул. В то же время способность белков к воспроизведению невысокая, причем точность воспроизведения неудовлетворительная, как различия, так и вероятности специфического взаимодействия аминокислот друг с другом невелики. Система самовоспроизведения белков была бы нестабильной и с частыми ошибками.

Именно поэтому взаимодействие двух систем, т.е. возникновение генетического кода, было принципиально важным и сыграло большую роль в возникновении жизни.

Возникновение в физико-химической системе (коацервате) метаболизма и точного самовоспроизведения являются предпосылками возникновения биологической системы — примитивных гетеротрофных анаэробных проклеток. Что произошло, вероятно, около 3,5 млрд. лет назад. Благодаря наличию генетического кода и генетической информации дальнейшее развитие уже могло происходить согласно законам эволюции живой материи: возникновения мутаций и действия естественного отбора — выживания и оставления после себя наибольшего количества потомков наиболее приспособленных к данным конкретным условиям органических форм (проклеток, одноклеточных, а затем и многоклеточных организмов).

6. Возникновение автотрофных организмов. Расходование простых органических веществ (мономеров) на образование биополимеров в борьбе

за существование приводило к появлению мутантов, способных синтезировать мономеры из все более простых органических (например, органические кислоты и др.), а затем и из неорганических соединений. Появились автотрофные организмы, способные синтезировать органические вещества из минеральных, хемосинтезирующие, использующие для синтеза органические соединения и энергию окислительно-восстановительных реакций биосистем.

Со временем проявился дефицит метаболитов, необходимых для хемосинтетического получения энергии. По этой причине преимущества в борьбе за существование получают органические формы, способные обеспечить максимальную автономность от независимых источников энергии, в неограниченном количестве, — энергии солнечных лучей. Главные компоненты пигментных систем, порфирины, необходимые для использования энергии солнечных лучей появились еще на первом этапе биопоэза. Так возник уникальнейший процесс фотосинтеза, т.е. способность синтезировать органические соединения из углекислого газа и воды при участии энергии Солнца. Впервые появилась возможность количественно наращивать органические вещества и одновременно качественно изменять характер атмосферы путём выделения кислорода. Появление аэробных организмов, выпадение трёх валентного железа и формирование озонового экрана, произошли в результате выделения кислорода на планете.

Эволюция эукариотической клетки шла по двум направлениям: одно - и многоклеточности. Эволюция одноклеточных организмов проходила в течение более трёх миллиардов лет. У одноклеточных организмов (например, у инфузории-туфельки) происходила специализация отдельных участков клетки для выполнения различных функций. В связи с приобретением клетками в ходе эволюционного процесса свойства адгезии, т.е. способности двух разделившихся клеток не распадаться, а оставаться вместе, первоначально появились агрегации (скопления) клеток, и вероятно, колониальные формы, например вольвокс и многоклеточные. У многоклеточных организмов происходит дифференцировка клеток по строению и выполняемым функциям организма (питание, движение, размножение и др.) и формирование тканей, органов и их систем.

1.2. Клетка — структурная и функциональная единица жизни.

Все живые организмы состоят из клеток, которые отличаются по размеру, форме, происхождению и функциям. Чаще всего встречаются клетки размером 10—100 мкм (1 мкм = 0,001 мм), реже — 1—10 мм и очень редко — 10—20 см (яйцеклетки страусов, пингвинов, гусей) и даже 1 м и более (нервные клетки). По форме различают округлые, овальные, многогранные, звездчатые, дисковидные и другие клетки.

По количеству клеток организмы делятся на одно- и многоклеточные. Одноклеточные организмы состоят из одной клетки, которая обладает всеми свойствами живой системы: она осуществляет обмен веществ и энергии, размножается и передает по наследству свои признаки, реагирует на действие внешних раздражителей, способна к движению. Она является наименьшей структурной и функциональной единицей живого. Примерами одноклеточных организмов являются бактерии, грибы (дрожжи, мукор), амеба, инфузория и многие водоросли (хламидомонада, хлорелла).

Многоклеточные организмы включают огромное количество клеток, которые выполняют разные функции и на этой основе объединяются в ткани (например, нервные и мышечные у животных или образовательные, покровные и основные ткани у растений). Комплексы тканей в свою очередь образуют органы. Функционально, органы образуют организм. В большинстве случаев в результате такой специализации отдельные клетки не могут существовать вне организма.

История создания клеточной теории. Открытие клетки принадлежит английскому ученому Р. Гуку, который в 1665 г. в сконструированном им микроскопе впервые рассматривал тонкий срез пробки. На срезе четко просматривалась структура, похожая на пчелиные соты, построенные из ячеек. Элементы тонкого слоя пробки Р. Гук назвал латинскими словом "cellula", что означает ячейка, или клетка.

Значительный вклад в изучение клетки внес А. Левенгук, открывший в 1674 г. одноклеточные организмы, в том числе бактерии. В 1831 г. английский ботаник Р. Броун обнаружил в клетках ядро. Это открытие послужило важной предпосылкой для установления сходства между клетками растений и животных.

В 1838—1858 гг. немецкие ученые ботаник М. Шлейден и зоолог Т. Шванн обобщили имевшиеся знания о клетке в единую теорию, утверждавшую, что клетки, содержащие ядра, представляют собой структурную и функциональную основу всех живых существ.

Клеточная теория получила дальнейшее развитие в трудах немецкого ученого Р. Вирхова, внесшего в 1858 г. существенное дополнение: клетка может возникнуть только из предшествующей клетки в результате ее деления. Кроме того, русский ученый К. Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих и установил, что все многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки. Это открытие показало, что клетка — не только единица строения, но и единица развития всех живых организмов. Идея о том, что все организмы построены из клеток, стала одним из наиболее важных теоретических достижений в истории биологии, поскольку создала единую основу для изучения всех живых существ. На клеточном уровне даже наиболее отдаленные виды весьма схожи по строению и

биохимическим свойствам, что указывает на общность их происхождения и эволюционного развития.

Дальнейшие успехи науки о клетке связаны с усовершенствованием приборов и развитием физических и химических методов исследования. Комплексное использование электронного микроскопирования и микрохимических методов анализа позволило в мельчайших деталях изучить строение и химический состав всех структурных компонентов клетки — ядра, митохондрий, хлоропластов, рибосом и др. Кроме того, это дало возможность доказать неразрывную связь между структурой клетки и ее функцией.

С самого начала развития представлений о клеточном строении ставился вопрос о соотношении клетки и целого организма. С одной стороны, предполагалось, что жизнедеятельность организма представляет собой сумму функционирующих клеток, с другой — утверждалось, что их существование является качественно отличным и обусловлено "жизненной силой". Благодаря открытию митотического деления и молекулярной биологии сформировались современные представления о структуре и функциях клетки, о клеточном уровне в иерархии живой природы.

Современная клеточная теория включает следующие положения:

- клетка - элементарная живая структура, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению, лежит в основе строения и развития всех живых организмов;
- клеткам присуще мембранное строение;
- размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- у всех организмов клетки построены по единому принципу, сходны по химическому составу и характеру химических реакций, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ.

Цитология, наука о клетке развивается и в наши дни, благодаря чему мы имеем достаточно точные представления о химическом составе, строении и функциях всех частей тела клетки.

1.3. Химический состав клетки

Структурная и функциональная организация живой клетки немыслима без постоянно протекающих в ней многочисленных химических реакций, в которых участвуют десятки элементов и сотни простых и сложных соединений. По химическому составу клетки различных организмов могут заметно отличаться друг от друга, но элементы, входящие

в их состав, одинаковы. В клетках обнаружено более 20 элементов периодической таблицы Д.И.Менделеева, встречающихся и в неживой природе. Это указывает на тесную связь и единство живой и неживой природы.

В наибольшем количестве в клетках живых организмов находятся кислород, углерод, водород и азот, причем относительное содержание этих элементов в живом веществе гораздо выше, чем в земной коре. На их долю приходится почти 98 % массы клеток. Жизненно необходимыми являются: кальций, фосфор, хлор, калий, сера, натрий, магний, железо. В сумме они составляют немногим более 1 %. Все остальные химические элементы: медь, цинк, кобальт, марганец, бром, йод, фтор и др. содержатся в исключительно малых количествах (менее 0,01 %).

Химические элементы входят в состав неорганических веществ вода, минеральные соли и органических: белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты, витамины и др. веществ. Органические вещества характерны только для живых организмов, в то время как неорганические существуют и в неживой природе. Относительный состав клетки следующий: вода — 70—80%; неорганические ионы — 1; белки — 10—20; нуклеиновые кислоты — 1—6; липиды — 1—5; углеводы — 0,2—2 %.

Неорганические вещества.

В количественном отношении первое место среди химических соединений любой клетки занимает *вода*. Ее содержание колеблется в зависимости от условий внешней среды, типа клеток и их функционального состояния. Так, в клетках костной ткани содержится не более 20 % воды, жировой ткани — около 40, в мышечных клетках — 76, клетках развивающегося зародыша — более 90 %. По мере старения организма количество воды в клетках заметно снижается. Отсюда следует, что чем выше функциональная активность клеток и организма в целом, тем больше содержание в них воды и наоборот. Наличие воды — обязательное условие жизненной активности клетки. Она составляет основную часть цитоплазмы, поддерживает ее структуру и устойчивость входящих в ее состав коллоидов.

Роль воды в клетке определяется ее химическими и физическими свойствами. Эти свойства связаны с малыми размерами молекул воды, их полярностью и способностью соединяться друг с другом водородными связями. Благодаря этим свойствам вода является хорошим растворителем многих минеральных и органических веществ, газов и т.д. Этим объясняется также высокая удельная теплоемкость и теплопроводность воды, что делает ее идеальной средой для поддержания оптимального теплового режима организма. В частности, высокая теплопроводность воды обеспечивает равномерное распределение тепла по всему организму. В результате устраняется риск возникновения локальных "горячих точек", которые могли бы послужить причиной повреждения клеток. Вода является основной средой, где протекают биохимические реакции. Все реакции гидролиза, а

также многочисленные окислительно-восстановительные реакции возможны только при непосредственном участии в них воды.

Исключительно высокое поверхностное натяжение воды имеет важное значение для адсорбционных процессов, для передвижения растворов по тканям (кровообращение, восходящий и нисходящий токи по растению и т.д.). Вода используется в качестве источника кислорода и водорода, выделяемых в световую фазу фотосинтеза. К числу важных в физиологическом отношении свойств воды относится ее способность растворять газы (O_2 , CO_2 и др.). Кроме того, вода как растворитель принимает участие в явлениях осмоса, играющего важную роль в жизнедеятельности клетки и организма.

Неорганические соединения клетки чаще всего находятся в виде солей, диссоциированных в растворе на ионы, реже в твердом состоянии (карбонат и фосфат кальция костной ткани, известковые или кремниевые панцири губок, раковин моллюсков, многих диатомовых и красных водорослей). Наиболее важны для клетки катионы K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и анионы HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, Cl^- , HCO_3^- . От концентрации ионов внутри клетки зависят ее буферные свойства, т.е. способность клетки сохранять реакцию своего содержимого на постоянном уровне, хотя в процессе жизнедеятельности непрерывно образуются ионы водорода, кислоты и щелочи. Роль буфера играют анионы слабых кислот (HCO_3^- , HPO_4^{2-}) и слабые кислоты (H_2CO_3), которые связывают и отдают ионы водорода, благодаря чему реакция внутри клетки не меняется и остается слабощелочной, почти нейтральной.

Ряд важных функций выполняют в живых организмах неорганические кислоты и их соли. Например, клетки желудка образуют значительное количество соляной кислоты, которая в составе желудочного сока участвует в подготовке и в самом процессе переваривания пищи.

Органические вещества.

К ним относятся, прежде всего, белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) и АТФ, а также различные витамины, гормоны, пигменты, алкалоиды, органические кислоты и многие другие соединения. Среди органических веществ клетки первостепенное значение имеют белки (протеины). На их долю приходится 50—80 % сухой массы клетки. По своей химической природе белки — это сложные органические соединения (биополимеры), состоящие из углерода, водорода, кислорода и азота. В некоторых белках содержится еще и сера. Мономерами белков являются аминокислоты.

Аминокислоты — низкомолекулярные соединения, в состав которых входят одна или две аминогруппы (NH_2) и одна или две карбоксильные группы ($COOH$), обладающие щелочными и кислотными свойствами соответственно. Этим объясняются амфотерные свойства аминокислот, бла-

годаря чему в клетке они играют роль буферных соединений. Общая формула аминокислот имеет вид



R

Часть молекулы, обозначенная буквой R, называется радикалом и у различных аминокислот имеет различное строение, т.е. аминокислоты различаются только радикалами. В природных белках содержится 20 различных аминокислот. Кроме входящих в структуру белков известно еще более 150 аминокислот, которые встречаются в отдельных пептидах, гормонах, антибиотиках или находятся в свободном состоянии.

У растений все необходимые аминокислоты синтезируются из простейших соединений CO_2 , воды и аммиака. Однако человек и многие животные утратили способность синтезировать ряд белковых аминокислот, которые стали для них незаменимыми в питании: они обязательно должны поступать с пищей или кормом, т.е. в готовом виде. К ним относятся лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан, метионин. Наиболее характерное свойство аминокислот — способность их молекул соединяться между собой прочными пептидными связями ($-\text{CO}-\text{NH}-$), которые возникают вследствие взаимодействия аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой с выделением молекулы воды. Дальнейшее соединение аминокислот с помощью пептидных связей приводит к образованию полипептидной цепочки — первичной структуры белка. Таким образом, молекула белка является полипептидом, в состав которой входит от 50 до нескольких тысяч аминокислот с молекулярной массой свыше 10 тысяч и диаметром молекулы от 5 до 10 нм (1 нм=0,001 мкм).

Все химические, морфологические и функциональные свойства клеток зависят от содержания в них специфических белков. Специфичность белков определяется набором аминокислот, их количеством и последовательностью расположения в полипептидной цепи. Замена одной-единственной аминокислоты в составе молекулы белка или изменение последовательности их расположения приводит к изменению его функции. Этим достигается огромное разнообразие первичной структуры белковой молекулы. Поэтому неудивительно, что живой организм может использовать для выполнения каждой своей функции особый вид белка, и его возможности в этом отношении неограниченны. Например, в организме человека встречается 5 млн. различных белков, а в клетке бактерии — около 3 тыс. Следовательно, огромное многообразие живых существ определяется различиями в составе имеющихся у них белков. Свойства белка определяются также пространственным расположением полипептидных цепочек. В живой клетке полипептидные цепочки, сложены или согнуты так, что они приобретают вторичную и третичную структуры. Вторичная структура представляет собой спирально закрученную белковую цепочку.

Витки спирали удерживаются водородными связями, которые образуются между CO — и NH— группами, расположенными на соседних витках.

В результате дальнейшей укладки спирали возникает специфичная для каждого белка конфигурация, называемая *третичной структурой*. Она стабилизируется за счет связей между белковыми радикалами аминокислотных остатков — ковалентными дисульфидными связями (—S—S— связи) между остатками цистеина, а также водородными, ионными и гидрофобными взаимодействиями. Последние возникают между радикалами гидрофобных аминокислот.

Сохранение определенной формы молекулы обеспечивает такое взаимное расположение групп атомов, которое необходимо для проявления каталитической активности белка, его гормональных функций и др. Устойчивость глобул — не случайное свойство, а одно из важнейших механизмов стабилизации организма.

Биологическую активность белок проявляет только в виде третичной структуры, поэтому замена даже одной аминокислоты в полипептидной цепочке может привести к изменению конфигурации белка, снижению или утрате его биологической активности. В некоторых случаях две, три, четыре и более белковые молекулы с третичной организацией объединяются в один комплекс. Подобные агрегаты представляют собой четвертичную структуру белка. Пример такого сложного белка — гемоглобин, состоящий из четырех субъединиц и небелковой части — гема. Только в такой форме он способен выполнять свою функцию. В четвертичной структуре белковые субъединицы химически не связаны друг с другом, однако, вся структура достаточно прочна за счет действия слабых межмолекулярных сил.

По строению белки делятся на простые и сложные. В состав простых белков входят только аминокислоты. В состав сложных кроме аминокислот могут включаться нуклеиновые кислоты (нуклеопротеины), липиды (липопротеины), углеводы (гликопротеины), окрашенные химические соединения (хромопротеины) и др. Под влиянием различных химических и физических факторов (обработка спиртом, ацетоном, кислотами, щелочами, высокой температурой, облучением, высоким давлением и т.д.) происходит изменение вторичной, третичной и четвертичной структуры белка. Процесс нарушения нативной (естественной) структуры белка называется денатурацией. При этом наблюдаются уменьшение растворимости белка, изменение формы и размеров молекул, потеря ферментативной активности и т.д.

Процесс денатурации обратим, т.е. возвращение нормальных условий среды сопровождается самопроизвольным восстановлением прежней естественной структуры белка. Такой процесс называется ренатурацией. Отсюда следует, что все особенности строения макромолекулы белка определяются его первичной структурой.

Функции белков в клетке чрезвычайно многообразны. Они в значительной мере обусловлены сложностью и разнообразием форм и

состава самих белков. Одной из важнейших функций белковых молекул является структурная (строительная). Белки входят в состав всех клеточных мембран и органелл клетки. Преимущественно из белка состоят стенки кровеносных сосудов, хрящи, сухожилия у высших животных. Двигательная функция обеспечивается особыми сократительными белками, которые обуславливают движение ресничек, жгутиков, сокращение мускулатуры, перемещение хромосом при делении клетки, движение органов растений и т.д.

Значительна роль белков в транспорте веществ в организме. Они связывают и переносят с током крови многие химические соединения. К ним относится, прежде всего, гемоглобин, переносящий кислород из легких к клеткам других тканей и органов. В мышцах эту функцию берет на себя белок миоглобин. Белки сыворотки крови способствуют переносу липидов и жирных кислот, различных биологически активных веществ.

Белки выполняют и защитную функцию. В клетке в ответ на проникновение в нее чужеродных веществ (антигенов) вырабатываются антитела — особые белки-иммуноглобулины, которые нейтрализуют чужеродные вещества и осуществляют иммунологическую защиту.

Белкам присуща сигнальная функция. В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Так происходят прием сигналов из внешней среды и передача команд в клетку. Регуляторная функция принадлежит белкам-гормонам, которые оказывают влияние на обмен веществ. Гормоны поддерживают постоянные концентрации веществ в крови и клетках, участвуют в росте, размножении и других жизненно важных процессах. Одним из наиболее известных белков-гормонов является инсулин, который снижает содержание сахара в крови путем повышения проницаемости клеточных мембран для глюкозы, т.е. способствует ее переходу из крови в клетку. При недостатке инсулина содержание сахара в крови увеличивается, сахар выделяется с мочой — развивается сахарный диабет.

Для некоторых белков характерна токсическая функция. Токсические белки обнаружены в яде змей, насекомых, в грибах, растениях, у микроорганизмов. Белки являются энергетическим материалом. При расщеплении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж энергии, необходимой для большинства жизненно важных процессов в клетке.

Большое значение имеет каталитическая функция белков. Известно, что химические реакции в живой клетке протекают при умеренной температуре, нормальном давлении и нейтральной среде. В таких условиях органические реакции синтеза или распада идут в клетке очень медленно, если они не подвергаются воздействию биологических катализаторов белковой природы — ферментов, или энзимов.

Катализом называется явление ускорения реакции без изменения ее общего результата, а катализатором — вещество, которое способно ускорять эту реакцию. Роль катализаторов, в том числе и ферментов, заключается в снижении энергии активации, т.е. в присутствии катализатора требуется меньше энергии для придания реакционной способности молекулам, вступающим в реакцию.

Все процессы в живом организме осуществляются с помощью ферментов. При их участии составные компоненты пищи (белки, углеводы, липиды и др.) расщепляются до более простых соединений, из которых затем в организме синтезируются новые макромолекулы, свойственные данному виду. Поэтому нарушение деятельности ферментов ведет к возникновению тяжелых болезней.

Ферментативный катализ подчиняется тем же общим законам, что и неферментативный катализ в химической промышленности. Однако биологический катализ отличается необычайно высокой степенью специфичности (фермент катализирует только одну реакцию или действует на один тип связи), что позволяет осуществлять тонкую регуляцию всех процессов, протекающих в клетке. Например, фермент уреазы катализирует расщепление лишь одного вещества — мочевины

$(\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2)$, не оказывая каталитического действия на родственно построенные соединения.

Чтобы понять механизм действия ферментов, обладающих высокой специфичностью, следует рассмотреть теорию *активного центра*. Согласно этой теории, в молекуле фермента имеется один или более участков, в которых происходит катализ за счет тесного (во многих точках) контакта между молекулами фермента и специфического вещества (субстрата). Активным центром выступает или функциональная группа, или отдельная аминокислота. Обычно же для каталитического действия необходимо несколько аминокислотных остатков (в среднем от 3 до 12), расположенных в определенном порядке. Активный центр также может формироваться металлами, витаминами и другими соединениями небелковой природы — коферментами, связанными с ферментом. Причем форма и химическое строение активного центра таковы, что с ним могут связываться только определенные субстраты в силу их идеального соответствия друг другу.

Роль остальных аминокислотных остатков в крупной молекуле фермента состоит в том, чтобы обеспечить его молекуле соответствующую глобулярную форму, которая нужна для эффективной работы активного центра. Кроме того, вокруг крупной молекулы фермента возникает сильное электрическое поле. В таком поле становится возможной ориентация молекул субстрата и приобретение ими асимметричной формы. Это приводит к ослаблению химических связей и катализируемая реакция происходит с меньшей начальной затратой энергии, а следовательно, и с большей скоростью. Например, одна молекула фермента каталазы может расщепить за

1 мин более 5 млн. молекул пероксида водорода (H_2O_2), который возникает при окислении в организме различных соединений.

Углеводы (сахариды) представляют собой первичные продукты фотосинтеза и исходные продукты биосинтеза других веществ в растениях (органические кислоты, аминокислоты). Они содержатся в клетках всех живых организмов. В животной клетке содержание углеводов колеблется в пределах 1—2 %, а в растительной их содержание в некоторых случаях достигает 85—90 % от массы сухого вещества.

Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода, причем у большинства углеводов водород и кислород содержатся в таком же соотношении, как и в воде (отсюда их название — углеводы). Таковы, например, глюкоза ($C_6H_{12}O_6$) и сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

Углеводы делятся на простые (моносахариды) и сложные (полисахариды). Среди моносахаридов по числу углеродных атомов различают триозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т.д. В природе наиболее распространены пентозы (рибоза, дезоксирибоза, рибулоза) и гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза). Рибоза и дезоксирибоза играют важную роль в качестве составных частей нуклеиновых кислот и АТФ. Глюкоза в клетке служит универсальным источником энергии. С превращением моносахаридов связано не только обеспечение клетки энергией, но и обезвреживание, и выведение из организма ядовитых веществ, проникающих извне или образующихся в процессе обмена веществ, например при распаде белков.

Полисахариды образуются путем соединения многих Моносахаридов, таких как глюкоза, галактоза, манноза, арабиноза или ксилоза. Так, соединяясь между собой с выделением молекулы воды, две молекулы моносахаридов образуют молекулу дисахарида. Типичными представителями этой группы веществ являются сахароза (тростниковый сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар). Дисахариды по своим свойствам близки к моносахаридам. Например, и те, и другие хорошо растворимы в воде и имеют сладкий вкус.

С увеличением количества мономеров растворимость полисахаридов уменьшается, исчезает сладкий вкус. К числу полисахаридов принадлежат крахмал, гликоген, целлюлоза, пектиновые вещества и др.

В клетках углеводы, особенно полисахариды, играют главным образом роль запасных продуктов и легко мобилизуемых источников энергии (крахмал, гликоген), а также используются в качестве материала, из которого построены клеточные стенки растений, некоторых грибов и животных (целлюлоза, хитин). В частности, в состав клеточной стенки растений входит в среднем 20—40 % целлюлозы.

Большинство полисахаридов животных соединено с белками или липидами. При этом образуются гликопротеины и гликолипиды, выполняющие очень важные функции. Например, гликопротеин гепарин

препятствует свертыванию крови в кровеносных сосудах, а также участвует в регулировании обмена липидов и иммунных реакциях организма.

Гликолипиды участвуют в построении клеточных мембран. Особенно богата гликолипидами нервная ткань млекопитающих.

Липиды — обширная группа соединений, которые содержатся во всех живых клетках. Они нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в неполярных органических растворителях (эфир, бензин, бензол, хлороформ и др.).

Липиды отличаются исключительно большим химическим разнообразием, однако все же можно сказать, что настоящие липиды — это сложные эфиры жирных кислот и какого-либо спирта.

Жирные кислоты — это небольшие молекулы с длинной цепью, состоящей из атомов углерода (чаще всего 16 или 18) и водорода, и с карбоксильной группой. Углеводородные хвосты гидрофобны, а карбоксильная группа крайне гидрофильна и легко образует эфиры.

Большинство липидов являются сложными эфирами трехатомного спирта глицерола и трех остатков жирных кислот. Такие соединения называются триацилглицеролами или триглицеридами.

Среди соединений этой группы различают жиры и масла в зависимости от того, остаются ли они твердыми при комнатной температуре (жиры) или находятся в жидком состоянии (масла). Важнейшими группами липидов являются также стероиды (желчные кислоты, холестерол, половые гормоны, витамин D и др.), терпены (ростовые вещества растений, гиббереллины, каротиноиды, витамин K), воска, фосфо- и гликолипиды, липопротеины.

Липиды играют важную роль как источник энергии. При окислении они дают более чем в 2 раза больше энергии, чем углеводы и белки. Это связано с тем, что в липидах по сравнению с углеводами и белками больше водорода и совсем мало кислорода.

Нерастворимость в воде делает липиды важнейшими структурными компонентами клеточных мембран. Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют защитные функции, т.е. служат для теплоизоляции организмов. Например, у многих позвоночных животных хорошо выражен подкожный жировой слой, что позволяет им жить в условиях холодного климата, а у китов он играет еще и другую роль — способствует плавучести.

Следует отметить также значение жира как источника воды. При окислении 100 г жира образуется примерно 105 г воды. Эта метаболическая вода очень важна для некоторых обитателей пустыни, в частности для верблюда, способного обходиться в течение 10—12 дней без воды; жир, запасенный в его горбу, используется именно для этой цели. Необходимую для жизнедеятельности воду медведи, сурки и другие животные в спячке также получают в результате окисления жира.

Нуклеиновые кислоты — макромолекулы с молекулярной массой от 10 000 до нескольких миллионов — открыты в 1869 г. швейцарским химиком Ф.Мишером в ядрах лейкоцитов, входящих в состав гноя. Впоследствии нуклеиновые кислоты были обнаружены во всех растительных и животных клетках, вирусах, бактериях и грибах.

Различают два типа нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновые (сокращенно ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). Различие в названиях объясняется тем, что молекула ДНК содержит сахар дезоксирибозу, а молекула РНК — рибозу. В настоящее время известно большое число разновидностей ДНК и РНК, отличающихся друг от друга по строению и значению в метаболизме. Они являются исключительно важными элементами клетки, обеспечивающими хранение и передачу генетической (наследственной) информации в живых организмах. ДНК находится преимущественно в хромосомах клеточного ядра (99 % всей ДНК клетки), а также в митохондриях и хлоропластах. РНК входит в состав ядрышек, рибосом, митохондрий, пластид и цитоплазмы.

Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепочек, спирально закрученных одна относительно другой. Структурными компонентами (мономерами) каждой такой цепочки служат нуклеотиды. Количество нуклеотидов в молекуле нуклеиновых кислот бывает разным — от 80 в молекулах тРНК до нескольких десятков тысяч в ДНК. В состав любого нуклеотида входят одно из четырех азотистых соединений (аденин, гуанин, тимин или цитозин), пентозный сахар дезоксирибоза ($C_5H_{10}O_4$) и остаток фосфорной кислоты.

Нуклеотиды различаются только по азотистым основаниям, между которыми существует близкая родственная связь. Цитозин и тимин называются пиримидиновыми, а аденин и гуанин — пуриновыми основаниями.

В полинуклеотидной цепочке соседние нуклеотиды связаны между собой ковалентными связями ($—P—O—$), которые образуются между дезоксирибозой одного и остатком фосфорной кислоты другого нуклеотида. В молекуле ДНК всего четыре разных нуклеотида, но благодаря различной последовательности их расположения в длинной цепочке достигается огромное разнообразие молекул ДНК.

Объединяются две цепи в единую молекулу ДНК при помощи водородных связей, возникающих между азотистыми основаниями нуклеотидов разных цепей. При этом аденин (А) соединяется только с тимином (Т), а гуанин (Г) — с цитозином (Ц). В результате у всякого организма число адениновых нуклеотидов равно числу тиминовых, а число гуаниновых — числу цитозиновых. Эта закономерность получила название "правило Чаргаффа". Благодаря этому свойству последовательность нуклеотидов в одной цепочке определяет их последовательность в другой, т.е. цепи ДНК являются как бы зеркальным отражением одна другой. Такая

способность к избирательному соединению нуклеотидов называется *комплементарностью*. Это свойство лежит в основе образования новых молекул ДНК на базе исходной молекулы.

Таким образом, двойная спираль молекулы ДНК стабилизирована многочисленными водородными связями (между А и Т образуются две, а между Г и Ц — три таких связи) и гидрофобными взаимодействиями. Диаметр спирали — 2 нм, шаг — 3,4 нм; каждый виток содержит 10 пар нуклеотидов.

Перед каждым клеточным делением при абсолютно точном соблюдении нуклеотидной последовательности происходит *самоудвоение (репликация) молекулы ДНК*. Репликация начинается с того, что двойная спираль ДНК временно раскручивается. Это происходит под действием фермента ДНК-полимеразы в среде, в которой содержатся свободные нуклеотиды. Каждая одинарная цепь по принципу комплементарности (А к Т, Г к Ц) притягивает к своим нуклеотидным остаткам и закрепляет водородными связями свободные нуклеотиды, находящиеся в клетке. Таким образом, каждая полинуклеотидная цепочка выполняет роль матрицы для новой комплементарной цепочки. В результате получаются две молекулы ДНК, у каждой из которых одна половина происходит от родительской молекулы, а другая является вновь синтезированной. Причем новые

цепи синтезируются сначала в виде коротких фрагментов, которые затем сшиваются в длинные цепи специальным ферментом. В результате репликации две новые молекулы ДНК представляют собой точную копию исходной молекулы. Этот процесс лежит в основе передачи наследственной информации, которая осуществляется на двух уровнях: клеточном и организменном.

Самая важная особенность репликации ДНК — ее высокая точность, которая обеспечивается специальным комплексом белков — "репликативной машиной". Эта "машина" выполняет три функции:

1) выбирает нуклеотиды, способные образовывать комплементарную пару с нуклеотидами родительской матричной цепи;

2) катализирует образование ковалентной связи между каждым новым нуклеотидом и концом растущей цепи;

3) корректирует цепь, удаляя неправильно включившиеся нуклеотиды. Число ошибок "репликативной машины" составляет ничтожную величину: менее одной на 10^9 нуклеотидов.

Молекулы РНК состоят из одной полинуклеотидной цепочки, которая синтезируется на молекуле ДНК и является комплементарной копией участка одной из цепочек ДНК, только вместо тимина в РНК входит похожее по своим свойствам азотистое основание урацил (У). Кроме того, во всех нуклеотидах молекулы РНК находится не дезоксирибоза, а рибоза.

Существуют разные типы РНК, различающиеся по величине молекул < структуре, расположению в клетке и функциям. Низкомолекулярные тРНК

составляют примерно 10 % от всей клеточной РНК. При реализации генетической информации каждая тРНК присоединяет и переносит определенную аминокислоту к рибосомам — месту синтеза белка. Следовательно, существует больше двадцати различных тРНК, которые различаются по своей первичной структуре (последовательностью нуклеотидов).

Рибосомные РНК (рРНК) составляют до 85 % всей РНК клетки. Они входят в состав рибосом и выполняют структурную функцию. Кроме того, рРНК участвуют в формировании активного центра рибосомы, где происходит образование пептидных связей между молекулами аминокислот в процессе биосинтеза белка.

Информационные, или матричные, РНК (иРНК) программируют синтез белков клетки. Несмотря на относительно низкое процентное содержание (около 5 %) в общей массе РНК клетки, иРНК по значению стоят на первом месте. Они осуществляют непосредственную передачу кода ДНК к месту синтеза белков. При этом каждый белок клетки кодируется специфической иРНК. Это обусловлено тем, что иРНК получают во время своего синтеза часть информации о структуре белка от ДНК в форме скопированной последовательности нуклеотидов и переносят ее на рибосомы, где эта информация реализуется.

Таким образом, значение всех типов РНК определяется тем, что они представляют собой функционально объединенную систему, направленную на осуществление синтеза в клетке специфических для нее белков.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) содержится в каждой клетке в растворимой фракции цитоплазмы (гиалоплазме), митохондриях, хлоропластах и ядрах. Она снабжает энергией большинство реакций в клетке.

Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. Фосфатные группы в молекуле АТФ соединены между собой высокоэнергетическими (макроэргическими) связями (в формуле обозначены символом ~). В результате гидролитического отщепления концевой фосфатной группы из АТФ образуется аденозиндифосфорная кислота (АДФ) и высвобождается энергия. При отщеплении второй фосфатной группы получается аденозинмонофосфорная кислота (АМФ):



АТФ образуется из АДФ и неорганического фосфата за счет энергии, высвобождающейся при окислении органических веществ и в процессе фотосинтеза. При этом должно быть затрачено не менее 40 кДж/моль АТФ, которая аккумулируется в ее макроэргических связях. АТФ чрезвычайно

быстро обновляется. У человека, например, каждая молекула АТФ расщепляется и вновь восстанавливается 2400 раз в сутки, так что средняя продолжительность ее жизни менее 1 мин. Синтез АТФ осуществляется главным образом в митохондриях и хлоропластах. Образовавшаяся здесь АТФ по каналам эндоплазматической сети направляется в те участки клетки, где возникает потребность в энергии.

Следовательно, АТФ играет центральную роль в энергетическом обмене клетки. Это значит, что любые виды клеточной активности (движение, биосинтез, деление и др.) совершаются за счет энергии, высвобождаемой при гидролизе АТФ.

1.3. Структурные компоненты клетки

Типичная клетка состоит из плазматической мембраны, цитоплазмы с различными органеллами и ядра. Растительные клетки, кроме того, имеют и вакуоли, хорошо оформленную клеточную стенку и пластиды.

Плазматическая мембрана, или плазмалемма. Это наиболее постоянная, основная, универсальная для всех клеток система поверхностного аппарата. Мембрана отделяет внутреннее содержимое клетки — цитоплазму — от окружающей среды и представляет собой тончайшую (6—10 нм) довольно плотную пленку, построенную в основном из упорядоченных расположенных молекул фосфолипидов и белков. Эти молекулы удерживаются вместе с помощью нековалентных взаимодействий.

Внутренний слой мембраны состоит из двух рядов липидов, молекулы которых расположены таким образом, что их неполярные гидрофобные концы находятся в глубине мембраны, а полярные гидрофильные концы обращены к внутренней и внешней среде. Липидный слой не является сплошным. В отдельных местах мембрана пронизывается белковыми молекулами, образуя в них гидрофильные поры, через которые проходят водорастворимые вещества. Другие белковые молекулы находятся на внешней или внутренней поверхности мембраны.

На поверхности всех эукариотических клеток имеются углеводы. Они ковалентно присоединены к мембранным белкам (гликопротеины) и в меньшей степени к липидам (гликолипиды). В целом содержание углеводов в плазматических мембранах варьирует от 2 до 10 % по массе. Полисахаридный слой толщиной от 10 до 20 нм, покрывающий сверху плазмалемму животных клеток, получил название *гликокаликса*.

Все клеточные мембраны представляют собой подвижные текучие структуры: большая часть составляющих их молекул белков, липидов, полисахаридов, воды, ионов калия, натрия, кальция и др. способны достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны, изменяя свое расположение в ней. При этом миграция указанных веществ осуществляется как путем диффузии, так и активным путем, идущим с потреблением

энергии. Кроме того, мембраны быстро восстанавливаются после их повреждения, а также растягиваются и сжимаются при клеточных движениях. Все это свидетельствует об их динамической природе.

Мембраны разных типов клеток существенно различаются как по химическому составу белков, гликопротеинов и липидов, так и по их относительному содержанию. Следовательно, каждый тип клеток характеризуется индивидуальностью, которая определяется преимущественно гликопротеинами.

Разветвленные цепи гликопротеинов, выступающие из клеточной мембраны, участвуют в распознавании отдельных факторов внешней среды и в реакции клеток на эти факторы. Например, яйцеклетка и сперматозоид узнают друг друга по гликопротеинам, которые подходят друг другу как отдельные элементы какой-то цельной структуры. Такое взаимное узнавание — необходимый этап, предшествующий оплодотворению.

Подобное явление наблюдается в процессе дифференцировки тканей. В этом случае сходные по строению клетки с помощью распознающих участков плазмалеммы правильно ориентируются по отношению друг к другу, обеспечивая тем самым их сцепление и формирование тканей.

С распознаванием связана и регуляция транспорта молекул и ионов через мембрану, а также иммунологический ответ, в котором гликопротеины играют роль антигенов. Сахара, таким образом, могут функционировать как информационные молекулы (подобно белкам и нуклеиновым кислотам).

В мембранах содержатся также специфические рецепторы, переносчики электронов, преобразователи энергии, ферментные белки. Белки участвуют в обеспечении транспорта определенных молекул внутрь клетки или из нее, осуществляют структурную связь цитоскелета с клеточными мембранами.

Столь четкая структурная организация и упорядоченность плазмалеммы обуславливает такие жизненно важные функции, как сохранение формы клетки, защита цитоплазмы от физических и химических повреждений, полупроницаемость, т.е. способность избирательного пропускания в клетку и выход из нее различных молекул и ионов. Благодаря этому в клетке создается и поддерживается соответствующая концентрация ионов и осуществляются осмотические процессы.

Аналогичные мембраны как основные структурные элементы клетки ограничивают большинство ее органелл. Они служат не просто физическими границами, а представляют собой динамичные функциональные поверхности. На мембранах осуществляются многочисленные биохимические процессы, такие как активное поглощение неорганических и органических веществ, синтез АТФ, преобразование энергии квантов света при фотосинтезе и др.

Поверхность некоторых клеток животных покрыта цементноподобными соединениями, образующими клеточные (внешние)

оболочки. Это характерно для яиц морских ежей, амфибий, пресмыкающихся. Кожистые оболочки их состоят из гликопротеинового вещества — муцина. Кроме того, плазматическая мембрана часто покрывается дополнительными слоями слизи, хитина и др.

Клеточная стенка (оболочка) является неотъемлемым компонентом растительной клетки и представляет собой продукт ее жизнедеятельности. Она придает клеткам и тканям растений механическую прочность, является противомикробным барьером, принимает участие в поглощении минеральных веществ.

Важнейшими компонентами клеточной стенки являются полисахариды — целлюлоза, гемицеллюлоза и пектиновые вещества.

Целлюлоза представляет собой длинные неразветвленные цепочки, состоящие из 3—10 тыс. остатков глюкозы. Макромолекулы целлюлозы в свободном виде не встречаются. Несколько десятков таких молекул за счет водородных связей объединяются в пучки — микрофибриллы длиной в несколько микрометров и толщиной 20 — 30 нм. Переплетенные микрофибриллы составляют каркас клеточной стенки.

У большинства грибов микрофибриллы клеточной стенки состоят из хитина — сложного полимера, построенного из остатков глюкозы, в которой одна гидроксильная группа замещена ацетилированной аминогруппой.

Микрофибриллы погружены в матрикс стенки — насыщенный водой пластичный гель, представляющий собой сложную смесь различных химических соединений, среди которых преобладают полисахариды (пектиновые вещества и гемицеллюлозы). На долю матрикса приходится до 60% сухого вещества клеточной стенки. Матрикс стенки не просто заполняет промежутки между микрофибриллами целлюлозы, но и образует прочные химические связи между макромолекулами и микрофибриллами, что значительно повышает прочность клеточной стенки.

В отличие от целлюлозы гемицеллюлоза имеет меньшую молекулярную массу, легче растворяется и разрушается ферментами, а поэтому более динамична. Гемицеллюлоза может накапливаться и частично исчезать в зависимости от физиологического состояния клетки, т.е. она может выполнять в клетке двойную функцию — структурную и роль запасного питательного вещества.

Пектиновые вещества представляют собой продукты полимеризации близкой к углеводам галактуроновой кислоты и некоторых Сахаров — галактозы, арабинозы и др. Это гидрофильные вещества, набухающие в воде и способные образовывать слизи и студни. Они входят в состав многих клеточных стенок и склеивают соседние клетки в тканях растений, образуя срединную пластинку.

Помимо полисахаридов в состав матрикса клеточной стенки может входить лигнин — полимер фенольной природы. Содержание его достигает 30%. Инкрустация клеточных стенок лигнином приводит к их *одревеснению*.

При этом повышается их прочность, снижается водопроницаемость. Одревеснение часто влечет за собой отмирание живого содержимого клеток растений.

Отложение липидов в виде воска, кутина и суберина в клеточной стенке способствует тому, что она становится почти непроницаемой для воды и газов. В отличие от лигнина суберин наслаивается на стенку изнутри и делает ее непроницаемой. В результате этого протопласт отмирает, и клетка заполняется воздухом. Такой процесс называется *опробковением*. У древесных растений клетки, составляющие покровную ткань (пробку), выполняют защитную функцию.

Кутан и воск наслаиваются снаружи клеточной стенки. Кутан, при этом, образует прочную пленку — кутикулу, а воск часто откладывается в кристаллической форме на поверхности частей растения, образуя восковой налет. Кутикула и восковой налет выполняют защитную функцию, уменьшают испарение воды с поверхности органов.

В стенках некоторых типов клеток накапливается большое количество минеральных веществ (минерализация), особенно кремнезема и карбоната кальция. Минерализация наиболее характерна для клеток эпидермиса хвощей, осок, злаков, некоторых водорослей (диатомовых, красных). При этом листья и стебли растений становятся жесткими, твердыми и в меньшей степени поедаются животными.

Следует отметить, что клеточная стенка не сплошная, в ней имеются очень тонкие участки — поры, через которые из одной клетки в другую протягиваются тончайшие нити цитоплазмы — плазмодесмы. Благодаря плазмодесмам протопласты всех клеток организма объединяются в единое целое. Кроме того, они служат для выведения наружу продуктов жизнедеятельности клеток и для проникновения растворенных веществ из внешней среды внутрь. На этом основано применение внекорневой подкормки культурных растений.

Цитоплазма. Это полужидкая слизистая бесцветная масса сложного физико-химического строения (биологический коллоид), в котором расположены ядро, все органеллы и включения. Основное вещество цитоплазмы называется *матриksom* или *гиалоплаzmой*. Она связывает все погруженные в нее органеллы, обеспечивая их тесное взаимодействие.

С виду аморфная цитоплазма является внутренним скелетом клетки — *цитоскелетом*, который определяет форму клеток, их способность двигаться самим и перемещать органеллы из одной части клетки в другую: Цитоскелет образован сетью белковых волокон. Наиболее важные среди них актиновые нити и микротрубочки. Они участвуют в механизмах клеточных движений. Например, актиновые и миозиновые нити (филламенты) обеспечивают мышечное сокращение, а микротрубочки являются основными структурными и силовыми элементами, обуславливающими движение ресничек и жгутиков.

Актиновые нити и микротрубочки обеспечивают также внутреннее движение цитоплазмы. Так, микротрубочки в форме веретена деления обеспечивают правильное распределение ДНК между дочерними клетками при ее митотическом делении. Существует также предположение, что большинство органелл клетки прямо или косвенно прикреплены к цитоскелету и могут перемещаться в клетке. Движение цитоплазмы способствует оптимальному размещению органелл, лучшему протеканию биохимических реакций, выделению продуктов обмена веществ и т.д.

Эндоплазматическая сеть — это разветвленная взаимосвязанная система ограниченных мембранами каналов, пузырьков, цистерн, пронизывающая всю цитоплазму клетки. Толщина мембран порядка 6—7 нм, а диаметр каналов 20—50 нм. Каналы заполнены бесструктурной жидкостью

— матриксом, содержащим растворимые белки и другие соединения. Существует два типа эндоплазматической сети

— шероховатая (гранулярная) и гладкая (агранулярная), различающиеся морфологически и выполняющие различные функции. На внешней поверхности мембран гранулярной эндоплазматической сети расположены рибосомы, которые придают им шероховатый вид; мембраны агранулярной формы их лишены.

Эндоплазматическая сеть выполняет в клетке ряд важных функций. С помощью прикрепленных рибосом гранулярная Эндоплазматическая сеть осуществляет синтез, накопление и транспорт белков. На мембранах агранулярной эндоплазматической сети происходит синтез углеводов, липидов и других веществ. Все эти продукты синтеза накапливаются в каналах и полостях, а затем по ним транспортируются к местам их использования или хранения. При посредстве эндоплазматической сети осуществляется взаимодействие органелл. Она принимает участие в образовании вакуолей, лизосом, комплекса Гольджи. Для мембран эндоплазматической сети характерна еще одна функция — пространственное разделение цитоплазмы, что обеспечивает независимое и одновременное протекание различных химических реакций в незначительном объеме клетки.

Рибосомы — это сферические гранулы диаметром 15— 35 нм, являющиеся местом синтеза белка из аминокислот. Они обнаружены в клетках всех организмов, в том числе прокариотических. Каждая рибосома состоит из двух нуклеопротеидных субъединиц разной величины, формы и химического строения, удерживающихся вместе благодаря присутствию в них ионов магния. Рибосомы содержат почти одинаковое количество белка и РНК.

В цитоплазме сотни тысяч рибосом располагаются свободно (поодиночке или группами) или прикреплены к наружной поверхности

мембран ядра и эндоплазматической сети. Они обнаружены также в митохондриях и хлоропластах.

Аппарат (комплекс) Гольджи (назван по имени открывшего его ученого) обнаружен во всех эукариотических клетках. Электронно-микроскопическое строение аппарата Гольджи одинаково в клетках растительных и животных организмов, несмотря на большое разнообразие их форм и размеров. Аппарат Гольджи представляет собой систему диктиосом, каждая из которых образована стопкой из 3—12 расположенных параллельно друг другу дисковидных замкнутых цистерн диаметром 0,2—0,5 мкм и толщиной 20—40 нм, ограниченных гладкой мембраной. От цистерн отходят во все стороны мембранные компоненты в виде трубочек и пузырьков, образующих переплетение наподобие сети (рис. 1.8). Число диктиосом в клетке варьирует от одной до десятков и сотен в зависимости от типа клетки и фазы ее развития.

Аппарат Гольджи выполняет несколько важных биохимических функций. К нему по каналам эндоплазматической сети транспортируются белки, углеводы, жиры и другие продукты синтетической деятельности клетки, которые накапливаются в диктиосомах, а затем в виде капелек поступают в цитоплазму где используются на нужды клетки либо выводятся наружу. У растений диктиосомы являются центром синтеза, накопления и секреции полисахаридов. При этом капельки заключаются в мембрану и в форме секреторных пузырьков транспортируют синтезированные вещества к плазмалемме. Сливаясь с ней, пузырьки выбрасывают свое содержимое из клетки, а мембраны пузырьков становятся участками плазмалеммы, способствуя тем самым ее обновлению и росту.

Пузырьки участвуют также в образовании вакуолей, первичных лизосом и формировании новой клеточной стенки у растений, происходящем после митоза.

Лизосомы были открыты в 1955 г. в клетках печени животных. Эти органеллы имеют диаметр около 1—2 мкм, ограничены одинарной мембраной и содержат примерно 60 гидролитических ферментов, осуществляющих расщепление белков, углеводов, липидов и других органических соединений при внутриклеточном переваривании.

Обладая способностью к активному перевариванию пищевых веществ, лизосомы участвуют в удалении отмирающих в процессе жизнедеятельности структурных компонентов клетки под действием ее собственных лизосом (при длительном голодании организма, самоликвидации зародыша и других образований). Значительное количество лизосом находится в лейкоцитах.

Вакуоли содержатся почти во всех растительных клетках и представляют собой полости в массе цитоплазмы, заполненные клеточным соком и окруженные полупроницаемой мембраной — тонопластом.

Форма и размеры вакуолей чрезвычайно изменчивы и зависят от возраста клетки, ее морфологических и функциональных особенностей.

Первоначально вакуоли возникают в результате накопления в пузырьках Гольджи и канальцах эндоплазматической сети растворимых в воде низкомолекулярных продуктов синтеза. В этих местах диаметр канальца увеличивается, и его стенка становится тонопластом, ограничивающим вакуоль. В эмбриональных клетках они исключительно малы (часто неразличимы под световым микроскопом), но по мере роста и развития клетки объем вакуолей увеличивается. Затем отдельные вакуоли сливаются в одну большую вакуоль, которая занимает центральное положение и составляет до 70—90 % объема клетки, а цитоплазма со всеми органеллами располагается периферически.

Вакуоли заполнены клеточным соком, который представляет собой водный раствор различных неорганических и органических веществ. Большинство из них относятся к группе продуктов метаболизма протопласта, которые могут появляться и исчезать в различные периоды жизни клетки. Химический состав и концентрация клеточного сока очень изменчивы и зависят от вида растения, органа, ткани и состояния клетки. В клеточном соке содержатся минеральные соли, сахара (прежде всего сахароза, а также глюкоза и фруктоза), органические кислоты (яблочная, уксусная, щавелевая, лимонная и др.), аминокислоты, белки, дубильные вещества (танины), физиологически активные вещества (фитогормоны — регуляторы роста растений, фитонциды), алкалоиды. В клеточном соке многих растений содержатся пигменты. Самым распространенным из них является антоциан, который придает клеточному соку красный, синий или фиолетовый цвет. Его цвет меняется в зависимости от кислотности среды: в кислой среде он красный, в нейтральной — фиолетовый, в щелочной — синий. При этом имеются все переходные оттенки. Если учесть, что реакция клеточного сока в процессе жизнедеятельности меняется от кислотной до слабощелочной, то становится понятно, почему цветки ряда растений за время цветения изменяют свою окраску от розовой до синей.

Флавоны обуславливают желтый цвет лепестков многих растений, в частности ряда бобовых и сложноцветных, коровяка, примулы и др.

Большинство из перечисленных веществ клеточного сока могут вновь вовлекаться в процессы метаболизма, поэтому их можно рассматривать как запасные продукты.

Биологическое значение вакуолей состоит в том, что благодаря относительно высокой концентрации клеточного сока они являются главным осмотическим пространством клетки, играющим решающую роль в водном режиме и в поддержании тургорного давления.

Митохондрии являются неотъемлемыми компонентами всех живых клеток эукариот. Форма, величина, число и положение митохондрий в цитоплазме постоянно меняются. Они выглядят как палочки, шарики,

линзочки, нити длиной 0,5—0,7 мкм и до 1 мкм шириной. Кроме того, митохондрий очень динамичные структуры: они могут расти в длину, сжиматься, ветвиться, делиться — и все это за период меньше 1 мин.

Число митохондрий в клетке варьирует в зависимости от типа, фазы развития и их функционального состояния. Обычно оно колеблется от нескольких единиц до нескольких сотен.

Оболочка митохондрий состоит из двух мембран — наружной и внутренней. Наружная гладкая, а от внутренней в полость митохондрий отходят многочисленные выросты — кристы. На мембранах крист располагаются окислительные ферменты, участвующие в энергетическом обмене. Кроме того, кристы разделяют внутреннюю полость митохондрий на отсеки (камеры) и резко увеличивают площадь поверхности внутренней мембраны. Внутренняя полость митохондрий заполнена близким по составу к цитоплазме веществом — матриксом, который содержит ДНК, все типы РНК, рибосомы, ряд витаминов и различные включения. ДНК обуславливает генетическую автономность митохондрий.

Вместе с хлоропластами митохондрий поставляют почти всю необходимую клетке доступную энергию (в виде АТФ), а в тех клетках, где хлоропласты отсутствуют, они одни выполняют эту важнейшую функцию.

Пластиды — характерные органеллы растительных клеток, форма и размеры которых разнообразны. Классифицируют пластиды главным образом по наличию или отсутствию в них тех или иных пигментов. Они часто совмещают в себе признаки нескольких типов пластид и способны переходить из одной формы в другую. Пластиды размножаются делением посредством простой перетяжки.

Они заново образуются из пропластид — мельчайших бесцветных образований, обнаруживаемых в спорах, яйцеклетках, эмбриональных клетках точек роста. Различают пластиды трех видов: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

Хлоропласты имеют зеленый цвет, обусловленный присутствием хлорофилла. Кроме него в состав хлоропластов входят желтые пигменты — каротиноиды. Это основные органеллы биологического синтеза. Именно они поставляют в клетку энергетический материал, синтезированный ими из CO_2 и H_2O в процессе фотосинтеза, образуют АТФ и восстановленный никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ).

Число пластид в клетке значительно варьирует: от одной до десятков и нескольких сотен. Обычно клетки высших растений содержат около 30 хлоропластов линзовидной формы размером 3—10 мкм. Располагаются они в постенном слое цитоплазмы.

Строение хлоропластов одинаково для всех растений. Подобно митохондриям хлоропласты имеют наружную и внутреннюю мембраны, бесцветную гидрофильную белково-липоидную строму (или матрикс), в которой содержатся ДНК, РНК, рибосомы и включения (запасные липиды —

пластоглобулы, крахмальные и белковые зерна). Кроме того, хлоропласты включают специальные фотосинтезирующие структуры — ограниченные одной мембраной плоские замкнутые мешочки (цистерны), называемые **тилакоидами** или **ламеллами**. В матриксе хлоропласта тилакоиды могут располагаться поодиночке или собираться в стопку, образуя так называемые граны. Число тилакоидов в гранях разных клеток может быть неодинаковым (обычно от 5 до 30), так же как и число гран в хлоропластах (от 20 до 200). Граны соединяются между собой межгранными тилакоидами в единую взаимосвязанную систему.

В мембранах тилакоидов гран сосредоточены светочувствительные пигменты, а также ферменты переноса электронов и сопряженного с ним фосфорилирования. Эти компоненты осуществляют световую стадию фотосинтеза. В строме содержатся ферменты фиксации CO₂ и превращения его в сахар. При определенных физиологических условиях хлоропласт образует и накапливает крахмал. Таким образом, сложная внутренняя структура хлоропласта дает возможность пространственного разобщения тех многочисленных и разнообразных реакций, которые в своей совокупности составляют суть процесса фотосинтеза.

В зависимости от степени освещенности хлоропласты перемещаются в толще цитоплазмы таким образом, чтобы слабый свет воздействовал на большую фотосинтезирующую поверхность (усиление фотосинтеза), а сильный свет — на минимальную (защита от разрушительного действия прямых солнечных лучей). В последнем случае хлоропласты располагаются вдоль клеточных стенок, параллельных световому пучку.

Хромопласты в большинстве случаев развиваются из хлоропластов, изредка — лейкопластов и являются причиной желтой, оранжевой и красной окраски многих цветков, плодов, осенних листьев и некоторых корней (морковь, кормовая свекла). Окраска пластид обусловлена присутствием пигментов группы каротиноидов, которые легко кристаллизуются и часто составляют преобладающую по объему часть пластиды, поэтому форма хромопласта, в конечном счете, определяется формой этих кристаллов. Она может быть дисковидной, зубчатой, серповидной, в виде треугольника, ромба и т.д. Хромопласты лишены хлорофилла и поэтому не способны к фотосинтезу. Внутренняя структура их слабо выражена, встречаются остатки ламеллярных систем, свойственных хлоропластам.

Роль хромопластов состоит в том, что они обуславливают яркую окраску цветков и плодов, привлекающих насекомых и других животных для перекрестного опыления и распространения плодов.

Лейкопласты — бесцветные пластиды округлой и веретеновидной формы. Они встречаются в клетках органов, скрытых от солнечного света, — подземных частях растений, спорах, семенах, эпидермисе, сердцевине стебля. Лейкопласты содержат ДНК, зерна крахмала, пластоглобулы, рибосомы, единичные тилакоиды, скопления пузырьков или сеть

разветвленных трубочек. Образование тилакоидов и хлорофилла чаще всего либо генетически подавлено (корни, эпидермис), либо тормозится отсутствием света (например, у картофеля на свету лейкопласты зеленеют и превращаются в хлоропласты).

Лейкопласты являются бранеллами, в которых синтезируются и накапливаются запасные питательные вещества (крахмал, белки, жиры), используемые затем на нужды клетки, а в некоторых тканях (эпидермис, ситовидные трубки и др.) они вообще не имеют определенных функций. Чаще встречаются амилопласты, образующие крахмал из глюкозы и накапливающие его главным образом в запасяющих органах (клубнях, корневищах).

Клеточный центр обнаружен в клетках животных, некоторых водорослей и грибов. Он состоит из двух телец цилиндрической формы диаметром около 150 нм и длиной 300—500 нм, расположенных под прямым углом друг к другу. Эти тельца получили название центриолей. Стенки центриоли состоят из 9 тройных микротрубочек, соединенных между собой фибриллами.

Находясь непосредственно около ядра, клеточный центр участвует в процессе деления клетки: от центриолей начинается рост микротрубочек, формирующих веретено деления. Полюсы митоза устанавливаются только после расхождения центриолей, которые определяют ориентацию веретена, расположение хромосом и направления разрастания вновь образованных клеток.

К **органоидам движения** клетки относятся реснички и жгутики — подвижные цитоплазматические выросты, служащие либо для передвижения всего организма (у бактерий, водорослей, грибов, реснитчатых червей и др.) или репродуктивных клеток (сперматозоидов, зооспор), либо для транспорта частиц и жидкостей у позвоночных животных и человека (например, реснички мерцательных клеток носа и трахей, яйцевода и др.).

Большинство животных и человек движутся благодаря мышечным сокращениям. Основными сократительными элементами мышечного волокна являются миофибриллы. Основу их химической организации составляют специфические белки — актин и миозин. Миозин способен отщеплять остаток фосфорной кислоты от АТФ. Освобождаемая при этом энергия используется для осуществления сократительного процесса. Имеются данные о том, что движения ресничек и жгутиков цитоплазмы, нитей веретена деления, движения амебы обусловлены сократительными элементами (микротрубочками), которые по своим функциям аналогичны или близки к актину и миозину.

Включения характерны преимущественно для растительных клеток и в отличие от органелл представляют собой временные образования. К ним относятся запасные питательные вещества: крахмальные и белковые зерна, липидные капли, а также конечные продукты обмена веществ клетки —

кристаллы щавелевокислого кальция, карбонаты калия (гипса), кремнезема и др. Первые из них накапливаются в плодах, во многих вегетативных органах и с возобновлением процессов роста и развития вовлекаются в обмен веществ.

В клетках животных организмов отмечены жиры, углеводы (гликоген), гранулы белковой природы и др.

Клетки имеют ряд преимуществ при отложении запасных веществ в виде твердых обезвоженных включений. Такое состояние увеличивает полезную массу продуктов запаса за счет экономии их объема, существенно уменьшает вероятность употребления этих продуктов болезнетворными бактериями, грибами и другими микроорганизмами, которые, как известно, не могут заглатывать пищу, а всасывают ее всей поверхностью тела. Помимо этого такие соединения отличаются химической инертностью, что весьма важно при длительном хранении их в живой клетке.

Ядро. Благодаря наличию ДНК ядро является местом хранения и воспроизводства наследственной информации, определяющей признаки данной клетки и всего организма. Оно служит также центром управления обменом веществ клетки, определяя, какие белки и в какое время должны синтезироваться. Поэтому после удаления ядра из клетки она, как правило, быстро погибает.

Форма и размеры ядра очень изменчивы и зависят от вида организма, а также от типа, возраста и функционального состояния клетки. Оно может быть шаро- (5—20 мкм в диаметре), линзо-, веретеновидным и многолопастным. Лопастная форма обеспечивает значительно большую площадь соприкосновения ядерной оболочки с цитоплазмой и тем самым способствует увеличению скорости биохимических реакций.

Строение ядра одинаково для всех клеток. Оно состоит из ядерной оболочки, нуклеоплазмы, хроматина и ядрышек.

Ядро интерфазной клетки (в период между делением) отделено от цитоплазмы **двойной мембраной**, или так называемой ядерной оболочкой. Наружная мембрана, граничащая с гиалоплазмой, имеет сложную складчатую структуру, местами соединенную с каналами эндоплазматической сети, и образует единую систему сообщающихся каналов. На ней прикреплены рибосомы; внутренняя мембрана, контактирующая с нуклеоплазмой, их лишена. Пространство между мембранами ядерной оболочки называется перинуклеарным.

Ядерная оболочка пронизана множеством пор диаметром около 30—100 нм. Численность пор также колеблется: в зависимости от типа и физиологического состояния клетки на 1 мкм² ядерной оболочки их насчитывается в среднем от 10 до 30. В молодых клетках их всегда больше, чем в старых. Благодаря наличию пор, обеспечивающих избирательную проницаемость, ядерная оболочка контролирует обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Например, выход в цитоплазму иРНК и рибосомных

субчастиц или поступление в ядро рибосомных белков, нуклеотидов и молекул, регулирующих активность ДНК. Она образуется после деления ядра из цистерн эндоплазматической сети и частично из фрагментов старой ядерной оболочки, разрушенной во время деления.

Внутреннее содержимое ядра составляет **нуклеоплазма** (или **ядерный сок**), заполняющая пространство между структурами ядра. В ней находятся одно или несколько ядрышек, значительное количество РНК и ДНК, различные белки, в том числе большинство ферментов ядра, а также свободные нуклеотиды, аминокислоты, промежуточные продукты обмена веществ. Нуклеоплазма осуществляет взаимосвязь всех ядерных структур.

Хроматин на окрашенных препаратах клетки в состоянии покоя представляет собой сеть тонких тяжей (фибрилл), мелких гранул или глыбок. Основу хроматина составляют нуклеопротеины — длинные нитевидные молекулы ДНК, соединенные со специфическими белками. В процессе деления ядра нуклеопротеины спирализуются, укорачиваются, уплотняясь (в 100—500 раз) в компактные палочковидные хромосомы, которые становятся заметными в световой микроскоп. Кроме того, в состав хромосомы входят РНК, кислые белки, липиды и минеральные вещества (ионы Ca^{2+} и Mg^{2+}), а также фермент ДНК-полимераза, необходимый для репликации ДНК.

У каждой хромосомы имеется первичная перетяжка (утонченный неспирализованный участок) — **центромера**, которая делит хромосому на два плеча. Центромера регулирует движение хромосом при клеточном делении: к ней прикрепляется нить веретена, разводящая хромосомы к полюсам.

В зависимости от расположения перетяжки определяют три основных вида хромосом: равноплечие — с плечами равной длины; неравноплечие — с плечами неравной длины; палочковидные — с одним длинным и другим коротким, едва заметным плечом. Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку, не связанную с прикреплением нити веретена. Этот участок хромосомы контролирует синтез ядрышек (ядрышковый организатор).

Каждая клетка того или иного вида живого организма имеет определенное число, размеры и формы хромосом. Совокупность хромосом соматической клетки (клетки тела многоклеточного организма), типичной для данной систематической группы животных или растений, называют **кариотипом**.

Число хромосом в зрелых половых клетках называется гаплоидным и обозначается буквой *n*. Соматические клетки содержат двойное число хромосом, которое называется диплоидным и равно $2n$. Парные хромосомы, т.е. одинаковые по форме, структуре и размерам, но имеющие разное происхождение (одна материнская, другая отцовская), называются **гомологичными**.

Количество хромосом в кариотипе не связано с уровнем организации животных и растений: примитивные формы могут иметь большее число хромосом, чем высокоорганизованные, и наоборот. Например, клетки одноклеточного животного радиоларии содержат 1000 — 1600 хромосом, а шимпанзе всего 48.

Однако следует помнить, что все организмы одного вида имеют одинаковое количество хромосом, т.е. для них характерна видовая специфичность кариотипа. В клетках человека диплоидный набор составляет 46 хромосом, кошки — 38, пшеницы мягкой — 42, мухи домашней — 12, плодовой мушки дрозофилы — 8, кукурузы — 20, коровы — 60.

Ядрышки — это округлые, сильно уплотненные, не ограниченные мембраной участки клеточного ядра диаметром 1—2 мкм и больше. Форма, размеры и количество ядрышек зависят от функционального состояния ядра: чем крупнее ядрышко, тем выше его активность. В ядре их может содержаться от 1 до 10, а иногда, например, в ядрах дрожжей, их может и не быть.

В состав ядрышек входит около 80 % белка, 10—15 % РНК, некоторое количество ДНК и других химических компонентов.

Во время деления ядра ядрышки разрушаются. В конце деления они вновь формируются вокруг определенных участков хромосомы — генов, называемых ядрышковыми организаторами. Под их контролем осуществляется синтез рибосомной РНК и других структурных компонентов ядрышек. В ядрышке происходит объединение РНК с белком, в результате чего образуются и накапливаются рибонуклеопротеины — предшественники рибосом. Последние через поры ядерной оболочки переходят в цитоплазму, где заканчивается их оформление. Таким образом, ядрышко является центром синтеза рРНК и самосборки рибосом.

Большинство клеток имеют одно ядро, изредка встречаются двухъядерные (клетки печени) и многоядерные (многие водоросли и грибы, поперечно-полосатые мышцы). По наличию или отсутствию в клетках ядра их относят к эукариотическим или прокариотическим. К *прокариотическим* относятся бактерии и цианобактерии, в цитоплазме которых нет структурно сформированного ядра (единственная молекула ДНК у них расположена непосредственно в цитоплазме), а к *эукариотическим* — все остальные живые организмы, в клетках которых содержится оформленное ядро.

Энергетический обмен (диссимиляция). Образующиеся в процессе фотосинтеза органические вещества и заключенная в них химическая энергия служат основными источниками материи и энергии для жизнедеятельности всех организмов. Использование животными, грибами, многими бактериями создаваемых зелеными растениями веществ и синтез на их основе специфических для каждого вида соединений возможно лишь после сложной и длинной цепи предварительных преобразований. Энергия фотосинтеза, заключенная в химических связях органических веществ, не может быть непосредственно использована клеткой для осуществления всех жизненно важных процессов. Для этого потенциальной энергии органических молекул необходимо придать более активную, мобильную форму. Это достигается путем расщепления богатых энергией соединений — углеводов, липидов, белков и др. с последующим запасанием выделившейся при этом энергии в молекулах специфических химических веществ, выполняющих роль аккумуляторов энергии (например, АТФ).

Распад органических веществ происходит в процессе их окисления и осуществляется в митохондриях. Распад без доступа кислорода (анаэробный процесс) называется *брожением*, при участии свободного кислорода (аэробный процесс) — *дыханием*. В результате процессов брожения органический материал распадается на более простые, богатые энергией органические продукты (молочная кислота, этиловый спирт и др.). При дыхании происходит полное расщепление органических веществ на бедные энергией конечные продукты (CO_2 и H_2O) с высвобождением значительного количества энергии. Выделившаяся в обоих процессах энергия запасается в форме макроэнергетических связей АТФ и может быть легко мобилизована клеткой.

Запасенная в молекулах АТФ энергия переносится вместе с отщепляющейся фосфорной кислотой на другие соединения. Что происходит, например, при образовании фосфорных эфиров глюкозы, играющих важную роль в процессе синтеза полисахаридов, в химических реакциях соединения аминокислот в полипептиды и во многих других процессах. Скорость синтеза АТФ в клетке в значительной мере регулируется скоростью ее использования, т.е. по мере убыли АТФ содержание ее должно восстанавливаться.

Процесс энергетического обмена можно условно разделить на три последовательных этапа. Первый из них — *подготовительный*. На этом этапе высокомолекулярные органические вещества в цитоплазме под действием соответствующих ферментов расщепляются на мелкие молекулы: белки — на аминокислоты, полисахариды (крахмал, гликоген) — на моносахариды (глюкозу), жиры — на глицерин и жирные кислоты, нуклеиновые кислоты — на нуклеотиды и т.д. На этом этапе выделяется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде тепла.

Второй этап — *бескислородный, или неполный*. Образовавшиеся на подготовительном этапе вещества подвергаются дальнейшему ферментативному расщеплению без участия кислорода. Примером может служить гликолиз.

Гликолиз — многоступенчатый процесс расщепления глюкозы в анаэробных условиях до пировиноградной кислоты (ПВК), а затем до молочной, уксусной, масляной кислот или этилового спирта, происходящий в цитоплазме клетки. Переносчиком электронов в этих окислительно-восстановительных реакциях служит, никотинамидадениндинуклеотид (НАД) и его восстановленная форма НАД • Н. Суммарная реакция гликолиза имеет следующий вид:

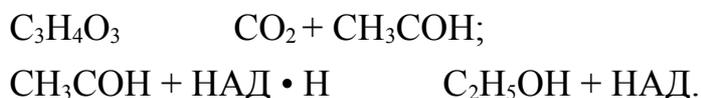


Итак, продуктами гликолиза являются ПВК, водород в форме НАД • Н и энергия в форме АТФ.

При разных видах брожения дальнейшая судьба продуктов гликолиза различна. В частности, в клетках животных и молочнокислых бактерий ПВК восстанавливается до молочной кислоты:



В процессе спиртового брожения от ПВК сначала отщепляется CO_2 , а затем промежуточный продукт — уксусный альдегид — восстанавливается при участии НАД • Н в этиловый спирт:



Функция НАД и сходных с ним переносчиков водорода состоит в том, чтобы в первой реакции принимать водород (восстанавливаться), а во второй — его отдавать (окисляться).

Следовательно, в ходе бескислородного расщепления 1 моль глюкозы выделяется около 200 кДж, 80 из которой аккумулируется в двух молекулах АТФ. Остальная энергия (60 %) теряется в виде тепла.

Третий этап энергетического обмена — стадия *кислородного расщепления, или дыхания*, происходит в митохондриях. У аэробных организмов образованные на предыдущем этапе органические вещества расщепляются в последовательных окислительно-восстановительных реакциях до конечных продуктов (CO_2 и H_2O). При этом высвобождается значительное количество энергии (около 2600 кДж), больше половины которой (1440 кДж) расходуется на синтез 36 молекул АТФ:



Таким образом, расщепление в клетке 1 молекулы глюкозы до оксида углерода и воды обеспечивает синтез 38 молекул АТФ. Из них в кислородную стадию — 36. Кислородный процесс, таким образом, в 18 раз более эффективен, чем бескислородный.

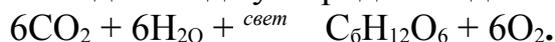
Отсюда видно, что основную роль в обеспечении клетки энергией играет дыхание.

Пластический обмен (ассимиляция). По типу ассимиляции все клетки делятся на две группы — автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные клетки способны к самостоятельному синтезу необходимых для них органических соединений за счет CO_2 , H_2O и энергии света (фотосинтез) или энергии, выделившейся при окислении неорганических соединений (хemosинтез). К автотрофам принадлежат все зеленые растения, цианобактерии и некоторые бактерии.

Гетеротрофные клетки, не могут синтезировать органические вещества из неорганических, поэтому для процессов ассимиляции им необходимы органические вещества, поступающие извне в виде пищи, в которой содержатся готовые углеводы, жиры, белки. Гетеротрофами являются все животные, большая часть бактерий, грибы, некоторые высшие растения, паразиты и клетки растений, не содержащие хлорофилла.

Фотосинтез — процесс преобразования энергии света в химическую энергию органических соединений, синтезируемых в зеленом растении из диоксида углерода и воды:



Такое преобразование происходит в хлоропластах, в которых на мембранах тилакоидов сосредоточены почти все компоненты фотосинтезирующей цепи.

Важнейшую роль в процессе фотосинтеза играют фотосинтезирующие пигменты: хлорофиллы, каротиноиды (каротины, ксантофиллы), а у цианобактерий и красных водорослей также фикобилины.

Известно около 10 хлорофиллов (*a*, *b*, *c*, *d*, *e* и др.), которые отличаются друг от друга по химическому строению, окраске, распространению среди живых организмов. У всех высших растений содержатся хлорофиллы *a* и *b*. Хлорофиллы *c* и *d* обнаружены у многих водорослей. В клетках фотосинтезирующих зеленых и пурпурных бактерий — бактериохлорофиллы *a* и *b*.

Основными пигментами, участвующими в фотохимических реакциях, являются хлорофилл *a* для зеленых растений и бактериохлорофилл *a* для бактерий. По химическому строению хлорофилл — это сложный эфир двухосновной хлорофиллиновой кислоты и двух остатков спиртов — фитола ($C_{20}H_{39}O-$) и метанола (CH_3O-):





Центральное место в молекуле хлорофилла занимает атом магния.

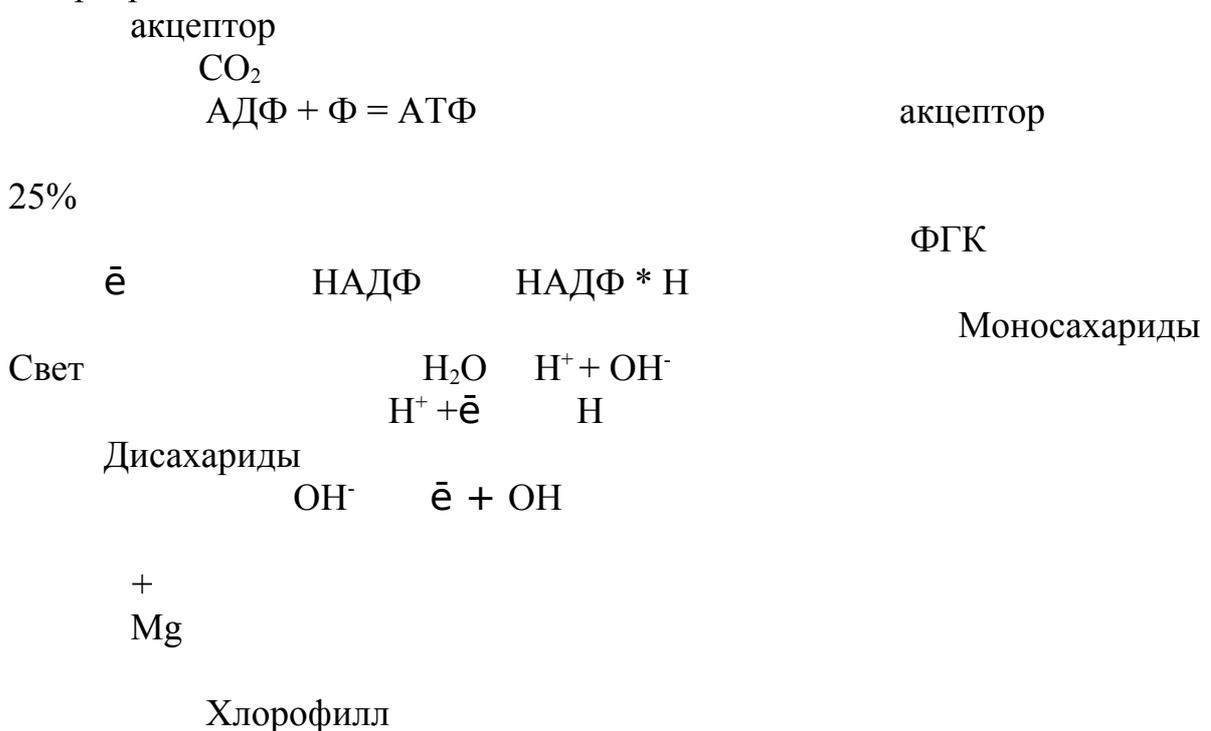
Свет поглощают все пигменты, но из них только фотосинтетически активные (основные) принимают непосредственное участие в фотохимических реакциях. Вспомогательные пигменты (хлорофилл *b*, каротиноиды) передают поглощенную энергию квантов света активным пигментам, расширяя тем самым спектр действия фотосинтеза. Таким образом, молекула хлорофилла *a* получает кванты от окружающих ее многочисленных молекул других пигментов, выполняя чрезвычайно важную роль активного центра.

Хлорофиллы поглощают свет в синей и красной областях спектра, каротиноиды — в синей и сине-зеленой. В зеленой и желтой областях высшими растениями свет не поглощается и фотосинтез не происходит.

Процесс фотосинтеза представляет собой цепь окислительно-восстановительных реакций, где происходит восстановление диоксида углерода до уровня углеводов и окисление воды до кислорода.

Всю совокупность фотосинтетических реакций принято подразделять на две фазы — световую и темновую.

Для **световой фазы** характерно то, что энергия солнечной радиации, поглощенная пигментными системами, преобразуется в энергию макроэргических связей АТФ.



При попадании кванта света на молекулу хлорофилла один из ее электронов переходит на более высокий энергетический уровень, т.е. оказывается в возбужденном состоянии. В случае возвращения электрона в

исходное состояние его избыточная энергия может выделяться в виде флуоресценции или тепла или передаваться в качестве возбуждающей энергии другим молекулам. Кроме того, эта энергия может использоваться в фотохимических реакциях. В результате богатый энергией электрон воспринимается акцептором и поступает в электрон - транспортную цепь. Перенос электрона по цепи переносчиков (сложных органических соединений, встроенных в хлоропласт) сопровождается высвобождением значительного количества энергии, которая расходуется на синтез АТФ из АДФ и НзРОд. Этот процесс получил название **фотосинтетического фосфорилирования**. Другая часть энергии возбужденных электронов используется на **фотоокисление (фотолиз) воды**.

Образовавшаяся в молекуле хлорофилла электронная дырка действует как сильный окислитель и через ряд переносчиков при участии иона марганца отнимает электрон от воды. Этот электрон заполняет электронную дырку в молекуле хлорофилла. Происходит фотоокисление воды и выделяется свободный кислород: $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{свет}} 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$.

Высвобождающиеся при этом протоны H^+ используются в реакциях восстановления сложного органического соединения никотинамидадениндинуклеотидфосфата (НАД).

Таким образом, световые реакции фотосинтеза помимо молекулярного кислорода дают два богатых энергией соединения: АТФ и НАДФ • Н.

Темновая фаза осуществляется в строме хлоропластов

без непосредственного поглощения света. Цепь реакций приводящих к восстановлению СО до уровня органических веществ на этой фазе, идет за счет использования энергии АТФ и НАДФ • Н, синтезированных в световую фазу.

Восстановление молекул CO_2 начинается с их фиксации через устьица листа молекулами акцептора — пятиуглеродного сахара рибулозодифосфата. При взаимодействии рибулозодифосфата и CO_2 образуется сначала промежуточное нестойкое шестиуглеродное соединение, которое затем распадается на две молекулы фосфорглицириновой кислоты (ФГК) Дальнейшее превращение ФГК требует участия продуктов световой фазы фотосинтеза — АТФ и НАДФ • Н. В конечном итоге через ряд промежуточных четырех-, пяти-, шести семиуглеродных соединений образуются прежде всего углеводы (моно-, дисахариды и полисахариды), а также другие органические вещества (амино- и органические кислоты, белки, липиды, нуклеиновые- кислоты и др.).

Уникальность и общебиологическое значение фотосинтеза определяется тем, что ему своим существованием обязано все живое на нашей планете. Фотосинтез является основным источником образования органических соединений и единственным источником свободного кисло-

рода на Земле. Из кислорода образуется озоновый слой, защищающий живые организмы от коротковолновой ультрафиолетовой радиации.

Процесс фотосинтеза у зеленых и пурпурных бактерий в общих чертах протекает так же, как и у зеленых растений. Но у растений источником водорода, который используется для восстановления соответствующих соединений, является вода, а у бактерий — сероводород (изредка карбоновые кислоты). Поэтому бактериальный фотосинтез протекает без выделения кислорода: $6CO_2 + 12H_2S + -22S_3 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$. Фотосинтез является основным источником образования органического вещества в растениях, в совокупности с процессом ассимиляции минеральных элементов из почвы он создает материальную базу для формирования их урожая. Следовательно, направленная регуляция процесса фотосинтеза — один из наиболее эффективных путей управления продуктивностью растений и воздействия на их урожайность.

Биосинтез белков. Все морфологические, анатомические и функциональные особенности любой клетки и организма в целом определяются структурой специфических белков, входящих в состав клеток. Способность к синтезу только строго определенных белков является наследственным свойством организмов. Последовательность расположения аминокислот в полипептидной цепочке (первичная структура белка), от которой в конечном итоге зависят и его биологические свойства, определяется последовательностью нуклеотидов в молекуле ДНК.

Последовательность нуклеотидов в полинуклеотидной цепи специфична для каждой клетки и представляет собой *генетический код*, посредством которого записана информация о синтезе белков. Это значит, что в ДНК каждое сообщение закодировано специфической последовательностью из четырех знаков — А, Г, Т, Ц подобно тому, как письменное сообщение кодируется знаками (буквами) алфавита или азбуки Морзе. Код является триплетным, т.е. каждая аминокислота кодируется известным сочетанием из трех расположенных рядом нуклеотидов (кодон). Нетрудно подсчитать, что число возможных комбинаций из четырех нуклеотидов по три составит 64, что более чем достаточно для кодирования 20 аминокислот, входящих в состав белка.

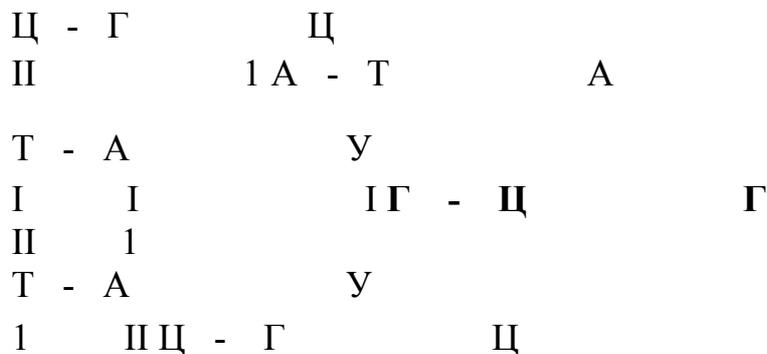
Выяснилось, что код является множественным, или "вырожденным", т.е. одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими триплетами (от 2 до 6), в то время как каждый триплет кодирует только одну аминокислоту. Помимо этого код является неперекрывающимся, т.е. один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов. И наконец, этот код не имеет запятых. Это значит, что если произойдет выпадение одного нуклеотида, то при считывании генетической информации его место займет ближайший нуклеотид из соседнего кодона, благодаря чему изменится весь порядок считывания. Поэтому правильное считывание кода с иРНК обеспечивается только в том случае, если он

считывается со строго определенного пункта. Стартовыми кодонами в молекуле иРНК являются триплеты АУГ, ТУТ.

Нуклеотидный код универсален для всех живых организмов и вирусов: одинаковые триплеты кодируют одинаковые аминокислоты.

К настоящему времени расшифрованы триплеты для всех 20 аминокислот, входящих в состав природных белков. Например, аминокислота лизин кодируется триплетом ТТТ, валин — ЦАА, триптофан — АЦЦ и т.д. Таким образом, зная порядок расположения триплетов в молекуле ДНК (генетический код), можно установить порядок расположения аминокислот в белке.

В одной молекуле ДНК может быть закодирована последовательность аминокислот для многих белков. Функциональный отрезок молекулы ДНК, несущий в себе информацию о структуре одного белка, называется *геном*. различают структурные гены, в которых закодирована информация для синтеза структурных и ферментных белков, и гены с информацией для синтеза тРНК, рРНК и др. Схема построения белка закодирована в ДНК, которая непосредственного участия в синтезе белковых молекул не принимает. Она служит лишь матрицей для синтеза тРНК. Процесс биосинтеза белка осуществляется на рибосомах, расположенных преимущественно в цитоплазме. Следовательно, для передачи генетической информации с ДНК к месту синтеза белка требуется посредник. Таким посредником является иРНК, которая на основе принципа комплементарности синтезируется на одной из цепей молекулы ДНК. Процесс этот получил название *транскрипции, или переписывания*:



Транскрипция происходит не на всей молекуле ДНК, а лишь на небольшом её участке, соответствующем определенному гену. При этом часть двойной спирали ДНК раскручивается, обнажая короткий участок одной из цепей, который теперь будет служить матрицей для синтеза иРНК. Вдоль цепи движется фермент РНК-полимераза, соединяя между собой нуклеотиды в растущую цепь иРНК. Транскрипция может протекать одновременно на нескольких генах одной хромосомы и на генах, расположенных на разных хромосомах. В результате транскрипции образуется иРНК, последовательность нуклеотидов

которой является точной копией последовательности нуклеотидов матрицы — одного или группы рядом расположенных генов. Так, если в молекуле ДНК имеется азотистое основание цитозин, то в РНК — гуанин и наоборот. В ДНК комплементарной парой является аденин — тимин. В состав РНК вместо тимина входит урацил.

На специальных генах синтезируются и два других типа РНК — тРНК и рРНК. Начало и конец синтеза всех типов РНК на матрице ДНК строго фиксированы специальными триплетами, которые контролируют запуск (инициирующие) и остановку (терминирующие) синтеза. Они выполняют функцию знаков препинания между генами.

Синтезированная в ядрах иРНК отделяется от ДНК и через поры ядерной оболочки поступает в цитоплазму, где прикрепляется к малой субъединице рибосомы. Соединение аминокислот в полипептидную цепочку происходит на большой субъединице. На одной молекуле иРНК может размещаться несколько рибосом. Их число определяется длиной иРНК. Комплекс из иРНК и нескольких рибосом (от 2 до 15 и более) называется полирибосомой или полисомой. Именно на полисомах происходит синтез белка, или *трансляция*. В процессе синтеза белка рибосома защищает иРНК и синтезируемый белок от разрушающего действия клеточных ферментов типа РНК-аз и протеаз. Механизм защитного действия заключается в том, что нить иРНК проходит между большой и малой субъединицами рибосом, а начальная часть вновь синтезируемого белка находится в структуре большой субъединицы.

Трансляция начинается со стартового кодона АУТ. Отсюда каждая рибосома прерывисто, триплет за триплетом движется вдоль молекулы иРНК, что сопровождается ростом полипептидной цепочки. Число аминокислот в таком белке равно числу триплетов иРНК. Выстраивание аминокислот в соответствии с кодонами иРНК осуществляется на рибосомах при помощи тРНК. Благодаря определенному расположению комплементарных нуклеотидов цепочка тРНК имеет форму, напоминающую лист клевера. При этом каждая тРНК имеет акцепторный конец, к которому присоединяется активированная аминокислота. Активацию аминокислот осуществляют специфичные ферменты аминоацил-тРНК-синтетазы, т.е. для каждой аминокислоты существует свой фермент.

Механизм активации заключается в том, что фермент одновременно взаимодействует с соответствующей аминокислотой и с АТФ, которая теряет при этом фосфат. Тройной комплекс из фермента, аминокислоты и АМФ называется активированной (богатой энергией) аминокислотой, способной спонтанно образовать пептидную связь, что и приводит к синтезу полипептидов. Этот процесс активации — необходимый этап белкового синтеза, поскольку свободные аминокислоты не могут прямо присоединяться к полипептидной цепи.

В противоположной части молекулы тРНК располагается специфический триплет (антикодон), ответственный за прикрепление по принципу комплементарное к определенному триплету иРНК (кодон); отсюда и его название — антикодон. Таким образом, именно комплексы тРНК считывают информацию, закодированную в иРНК.

Комплекс аминоксил-тРНК с помощью антикодона присоединяется к кодону иРНК на малой субъединице рибосомы. Затем к той же рибосоме прикрепляется второй комплекс в соответствии со следующим кодоном. В рибосоме оказываются две аминокислоты, ориентированные по отношению друг к другу таким образом, что карбоксильная группа одной аминокислоты оказывается рядом с аминогруппой другой аминокислоты. В результате между ними появляется пептидная связь. Первая тРНК, освободившись от аминокислоты, покидает рибосому. Далее к образованному дипептиду таким же образом пристраивается третья аминокислота, принесенная в рибосому своей тРНК, четвертая и т.д. Продолжается процесс до тех пор, пока рибосома не дойдет до одного из трех терминирующих кодонов: УАА, УАГ или УГА. После этого синтез белка прекращается.

Таким образом, последовательность кодонов иРНК определяет последовательность включения аминокислот в цепь белка.

Большое значение имеет участие в этом процессе полисом, что дает возможность молекуле иРНК последовательно присоединяться к ним и служить матрицей для синтеза нескольких одинаковых молекул белка. После завершения синтеза белка иРНК под действием ферментов распадается на отдельные нуклеотиды.

Следовательно, роль нуклеиновых кислот в биосинтезе белков заключается в преобразовании генетической информации, представленной в виде последовательности нуклеотидов ДНК, в структуру молекулы иРНК. Синтез белковых молекул осуществляется непрерывно и идет с большой скоростью: в одну минуту образуется от 50 до 60 тыс. пептидных связей. Синтез одной молекулы белка длится всего 3 — 4 с. В результате половина белков нашего тела (всего в нем около 17 кг белка) обновляется за 80 дней. За всю свою жизнь человек полностью обновляет весь свой белок около 200 раз. Каждый этап биосинтеза катализируется соответствующими ферментами и снабжается энергией АТФ. Синтезированные белки поступают в каналы эндоплазматической сети, по которым транспортируются в комплекс Гольджи, и используются на нужды клетки.

1.4. Деление клетки

Все новые клетки образуются путем деления уже существующих. При этом весь материал делящейся (материнской) клетки равномерно распределяется между двумя новыми (дочерними). Появление молодых дочерних клеток обеспечивает достаточно высокий уровень физиологиче-

ских процессов в организме, поскольку у стареющих клеток он часто заметно снижается.

У одноклеточных организмов деление клеток является и способом их размножения. Многоклеточный организм начинает свое развитие также с одной-единственной клетки. Последовательные ее деления приводят к возникновению многочисленных новых клеток, которые дифференцируются и образуют различные структуры многоклеточного зародыша, а затем и взрослого организма.

В зависимости от специализации клетки заметно отличаются друг от друга по продолжительности жизни. Например, нервные клетки после завершения эмбрионального периода развития организма уже не делятся и функционируют на протяжении всей его жизни. Другие клетки, например костного мозга, эпителия, тонкого кишечника, корневого чехлика, эпидермиса, в процессе жизнедеятельности быстро разрушаются и поэтому в этих тканях клетки размножаются непрерывно. Скорость их размножения при развитии организма, а также локализация размножения находятся под строгим генетическим контролем, определяющим возникновение характерной формы, свойственной представителям данного вида.

Деление клетки начинается с деления ядра; Существует три способа деления — митоз, амитоз и мейоз. В жизни организма три способа деления неравноценны. Основным способом деления ядер и образования новых клеток является митоз. Путем митоза возникают все соматические (вегетативные) клетки живых организмов. Амитоз имеет ограниченное распространение. Мейоз связан с процессом размножения грибов, растений и животных и происходит в цикле развития каждого организма при образовании половых клеток и спор.

Митоз, kariokinez, или непрямоe деление, ядра протекает почти одинаково в клетках животных и растений и свидетельствует о том, что механизм митоза является результатом длительного процесса эволюции. -Поскольку деление ядра обычно сопровождается клеточным делением, термин "митоз" часто употребляют в более широком значении, имея в виду и сам митоз, и деление клетки, которое за ним следует.

Процесс развития клетки от начала деления до следующего деления называется *митотическим* или *клеточным* циклом, период между двумя делениями — интерфазой.

Интерфаза предшествует делению клетки и является важным подготовительным периодом. В это время происходит удвоение хромосом, в основе которого лежит способность молекул ДНК к репликации. Удвоившаяся хромосома состоит из двух одинаковых половинок (хроматид), соединенных в одной точке — центромере. В интерфазе удваиваются центриоли клеточного центра и другие органеллы, синтезируются АТФ, все формы РНК и белки, необходимые для построения митотического аппарата, или ахроматинового веретена. После завершения процессов биохимической

подготовки клетки к делению начинается митоз. Митоз является непрерывным процессом, однако его условно разделяют на четыре стадии — профазу, метафазу, анафазу и телофазу, в зависимости от того, где располагаются и как выглядят в этот период хромосомы в световом микроскопе, а также от физико-химического состояния Цитоплазмы и ядра.

Профаза начинается с увеличения объема ядра. При этом нити хроматина укорачиваются и уплотняются благодаря спирализации, которая приводит к тому, что в ядре появляются короткие; хорошо видимые в световой микроскоп хромосомы. Каждая хромосома разделена в продольном направлении на две половины (хроматиды), соединенные центромерой. В профазе происходит расхождение сестринских центриолей к полюсам клетки. Между ними начинается формирование ахроматинового веретена. К концу профазы исчезает ядрышко и растворяется ядерная оболочка, а хромосомы оказываются в цитоплазме.

В *метафазе* спирализация хромосом достигает максимума и укороченные хромосомы перемещаются к центру клетки, где они располагаются в одной плоскости, образуя экваториальную (метафазную) пластинку. В этот период легко подсчитать число хромосом, изучить их морфологические особенности. В метафазе завершается формирование ахроматинового веретена, которое состоит из нитей двух типов — центральных (опорных) и хромосомных (тянущих). Опорные нити соединяют полюсы клетки между собой, а хромосомные нити — полюсы с центромерами хромосом. Митотический аппарат строится преимущественно из белков (тубулина, актина, миозина и др.).

Анафаза начинается с того, что центромеры делятся и хроматиды каждой хромосомы начинают расходиться к полюсам клетки. Предполагается, что этот процесс обеспечивается сокращением хромосомных нитей. Во время движения хроматиды, которые уже можно назвать дочерними хромосомами, изгибаются наподобие шпильки, концы которой повернуты в сторону экватора клетки. В конце анафазы у каждого полюса находится диплоидный набор хромосом.

В *телофазе* происходят процессы, обратные тем, которые наблюдались в профазе: начинается раскручивание хромосом, они набухают и вокруг каждого набора хромосом образуется ядерная оболочка. Формируются ядрышки. Вследствие этого возникают два дочерних ядра с таким же набором хромосом, какой имело ядро материнской клетки. Телофаза обычно сопровождается делением цитоплазмы с образованием двух одноядерных клеток. В животных клетках цитоплазма делится путем кольцевидной перетяжки с образованием двух отдельных клеток. У растений посередине клетки при участии нитей веретена формируется плазматическая мембрана, которая распространяется к периферии, разделяя клетку пополам. После образования поперечной перегородки каждая дочерняя клетка рядом с ней строит со своей стороны целлюлозную клеточную стенку.

Продолжительность митоза зависит от вида организма, типа ткани, физиологического состояния клетки, внешних условий и колеблется от нескольких минут до 2—8 ч, занимая около 1/25 времени всего митотического цикла. При повышении температуры среды скорость деления ядра возрастает за счет более быстрого прохождения длительных циклов профазы и телофазы. Биологическое значение митоза заключается в строго равномерном распределении между дочерними клетками материальных носителей наследственности — молекул ДНК, входящих в состав хромосом. Благодаря сохранению одинакового генетического материала у материнской и дочерней клеток в ряду многочисленных клеточных делений обеспечивается их наследственное сходство.

Амитоз, или *прямое деление*, встречается у одноклеточных организмов, а также в некоторых высокоспециализированных с ослабленной физиологической активностью клеток тканей растений и животных. Например, амитоз можно наблюдать в тканях растущего клубня картофеля, эндосперме, стенках завязи пестика и паренхиме черешков листьев. Такой тип деления характерен для клеток печени, хрящевых клеток, роговицы глаза. При амитозе происходит простая перетяжка ядра на две равные или неравные части, а затем клетка делится. Компоненты клетки, в том числе и ДНК, распределяются произвольно. Амитоз в отличие от митоза и мейоза является самым экономичным способом деления клетки, так как затраты энергии при этом весьма незначительны.

Мейоз — особый тип клеточного деления, которое происходит на определенных этапах жизненного цикла организмов, размножающихся половым путем. Сущность мейоза состоит в том, что из одной материнской клетки с диплоидным набором хромосом возникают четыре гаплоидные клетки — гаметы или споры. Мейоз включает два последовательных деления клеточного ядра: первое обычно редукционное, сопровождающееся уменьшением, (редукцией) числа хромосом вдвое; второе — эквационное (уравнительное), при котором клетки сохраняют гаплоидный набор хромосом. В каждом из них различают те же четыре стадии, что и в митозе, — профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

В интерфазе, предшествующей первому делению, удваивается количество ДНК, в результате чего каждая хромосома становится двуххроматидной. В каждом таком ядре перед мейозом содержится эквивалент четырех наборов гомологичных хромосом. Поэтому для образования гамет с гаплоидным набором хромосом необходимы два ядерных деления, при каждом из которых число хромосом уменьшается вдвое.

Первое мейотическое деление начинается с профазы где происходит сближение гомологичных хромосом и попарное соединение — конъюгация. В некоторых точка четыре хроматиды гомологичных хромосом связаны настолько прочно, что во время последующего расхождения хромосом в этих

точках происходит разрыв и обмен отдельными участками хроматид. Явление получило название *кроссинговера*. После кроссинговера расходятся уже измененные хромосомы, т.е. с другим сочетанием генов. Дочерние организмы никогда не представляют собой точную копию одного из родителей, но в той или иной мере на них похожи. Конъюгация и кроссинговера — важнейшие генетические процессы, связанные с комбинированными изменением наследственных свойств организма

В конце профазы I разрушаются ядерная оболочка и ядрышко, формируется ахроматиновое веретено, а гомологичные хромосомы попарно начинают перемещаться к центру клетки.

В метафазе I конъюгированные хромосомы располагаются на нитях веретена деления по экватору таким образом, что центромеры гомологичных хромосом обращены к разным полюсам клетки. В анафазе I гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, расходятся к полюсам клетки. На каждом полюсе собирается половинное число (гаплоидный набор) хромосом. В короткой по продолжительности телофазе I восстанавливаются ядерная оболочка и ядрышко, после чего материнская клетка делится на две дочерние. В период между первым и вторым делениями мейоза в отличие от обычной интерфазы репродукция хромосом не происходит. Хромосомы уже удвоенные и состоят из сестринских хроматид.

Второе мейотическое деление следует сразу же после первого и сходно с обычным митозом. Профаза не продолжительная. В метафазе хромосомы выстраиваются в экваториальной плоскости клетки. В анафазе осуществляется разделение их центромер и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой. В телофазе завершается расхождение сестринских хромосом к полюсам и наступает деление клетки. В результате из двух гаплоидных клеток образуется четыре гаплоидные дочерние клетки.

Редукционное деление является регулятором, препятствующим непрерывному увеличению числа хромосом. В противном случае при половом размножении число хромосом удваивалось бы в каждом новом поколении организмов. Другими словами, благодаря мейозу поддерживается определенное и постоянное число хромосом во всех поколениях каждого вида растений и животных. Мейоз способствует увеличению наследственной изменчивости организмов благодаря различным комбинациям хромосом в дочерних наборах. Число возможных комбинаций пар хромосом равно 2^n в степени n , где n — число хромосом в гаплоидном наборе. Что приводит к различным половым клеткам у одного организма и разнообразию потомства.

НИЗШИЕ ОРГАНИЗМЫ

Вирусы – большая группа организмов, отличающаяся мелкими размерами (<200 Нм) неклеточным строением и облигатно–паразитическим способом существования. Вирусы – обособленная группа, отличающаяся от других организмов отсутствием клеточного строения, расчетом особи, делением, запасом энергии. Некоторые бактериофаги находятся в двух состояниях:

1 – автономном, когда фаг размножается в цитоплазме, производит потомство и лизис клетки.

2 – интегрированном, когда фаговая ДНК попадая в клетку, прикрепляется к ДНК бактерии и удваивается только при клеточных делениях. Строение бактериофага состоит из головки, хвостового отростка и нитей отростка. Нити соединяясь со специфическими участками на оболочке восприимчивой бактерии обеспечивают прикрепление фага. В хвостовом отростке содержится фермент мизоцим, растворяющий оболочку бактерии, затем происходит прокалывание разрыхленного слоя, внедрение ДНК фага внутрь клетки и через 15–30 минут происходит лизис клетки с выходом потомства вируса.

Вирусы высших растений попадают в растения только через ранки, с помощью насекомых с сосущим роговым аппаратом. Внутри растений вирусы разрушают хлорофилл, вызывая мозаичную окраску листьев. Попадая в сосудистую систему растений вызывают уродства: карликовость, ведьмины метлы, позеленение цветков, скручивание листьев.

Вирусы насекомых находятся внутри защитных белковых образований, сохраняющихся после разложения насекомого и попадающие внутрь насекомого с пищей, где при щелочном значении РН растворяются.

Вирусы теплокровных животных и человека:

вирус гриппа, полиомиелита, бешенства, энцефалита - нервная система, инфекционная желтуха, желтая лихорадка – кровеносная система; вирусы саркомы, полиомы и др. новообразований.

Вирусы растений – РНК, насекомых – ДНК, бактерий и животных: РНК или ДНК

Положение вирусов в системе живого

Вирусы имеют генетические связи с представителями флоры и фауны Земли. Согласно последним исследованиям, геном человека более чем на 32 % состоит из информации, кодируемой вирус-подобными элементами и [транспозонами](#). С помощью вирусов может происходить так называемый [горизонтальный перенос генов \(ксенология\)](#), то есть передача генетической информации не от непосредственных родителей к своему потомству, а между двумя неродственными (или даже относящимися к разным видам) особями. Так, в геноме высших [приматов](#) существует ген, кодирующий белок [синцитин](#), который, как считается, был привнесён [ретровирусом](#). Иногда вирусы образуют с животными симбиоз. Так, например, яд некоторых

паразитических ос содержит структуры, называемые поли-ДНК-вирусами (*Polydnavirus*, PDV), имеющие вирусное происхождение.

Происхождение вирусов

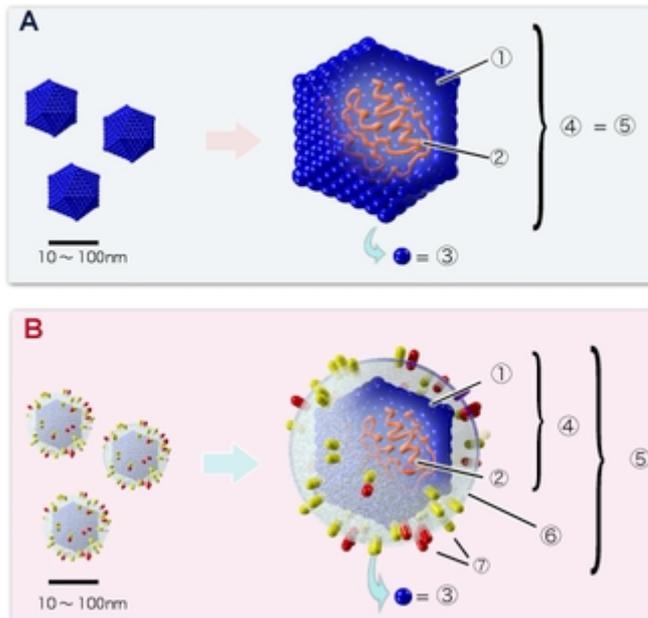
Вирусы — сборная группа, не имеющая общего предка. В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих происхождение вирусов.

ДНК-содержащие бактериофаги и некоторые ДНК-содержащие вирусы эукариот, возможно, происходят от [мобильных элементов](#) и [плазмид](#) — более простых автономных генетических элементов, участков ДНК, способных к самостоятельной репликации в клетке.

Происхождение некоторых РНК-содержащих вирусов связывают с [виридами](#). Вириды представляют собой высокоструктурированные кольцевые фрагменты РНК, реплицируемые клеточной [РНК-полимеразой](#). Считается, что вириды представляют собой «сбежавшие [интроны](#)» — вырезанные в ходе [сплайсинга](#) незначимые участки [мРНК](#), которые случайно приобрели способность к [репликации](#). Белков вириды не кодируют. Считается, что приобретение виридами кодирующих участков ([открытой рамки считывания](#)) и привело к появлению первых РНК-содержащих вирусов. И действительно, известны примеры вирусов, содержащих выраженные вириод-подобные участки (вирус [гепатита Дельта](#)).

Исторически существует гипотеза, что крупные ДНК-содержащие вирусы происходят от более сложных (и, возможно, клеточных, таких как современные [микоплазмы](#) и [риккетсии](#)), внутриклеточных паразитов, утративших значительную часть своего генома. И действительно, некоторые крупные ДНК-содержащие вирусы (мимивирус, [вирус оспы](#)) кодируют функционально избыточные, на первый взгляд, ферменты, по мнению сторонников гипотезы, оставшиеся им в наследство от более сложных форм существования. Однако эта гипотеза не подтверждается данными молекулярной биологии: против этой гипотезы свидетельствует генетическая близость данных вирусов инфицируемому организму и отсутствие хоть какого-либо структурного сходства с внутриклеточными организмами — бактериями или простейшими. Это полностью опровергает данную гипотезу как правило, но не исключает каких-либо не известных или малоизученных исключений. Следует также отметить, что некоторые вирусные белки не обнаруживают [гомологии](#) с белками бактерий, [архей](#) и [эукариот](#), что свидетельствует о сравнительно давнем обособлении этой группы.

Структура



Примеры структур икосаэдрических вирионов.

А. Вирус, не имеющий липидной оболочки (например, [пикорнавирус](#)).

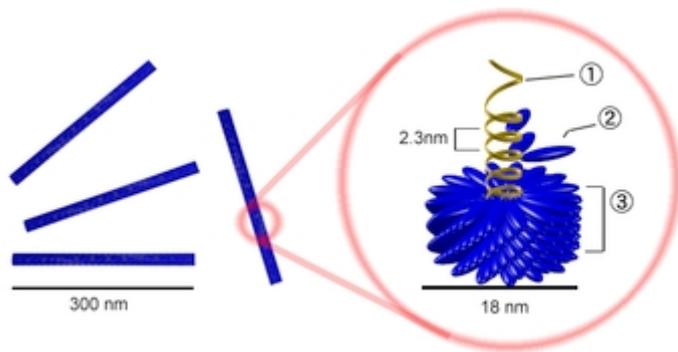
В. Оболочечный вирус (например, [герпесвирус](#)).

Цифрами обозначены: (1) капсид, (2) геномная нуклеиновая кислота, (3) капсомер, (4) нуклеокапсид, (5) вирион, (6) липидная оболочка, (7) мембранные белки оболочки.

Вирусные частицы ([вирионы](#)) представляют собой белковую капсулу — [капсид](#), содержащую геном вируса, представленный одной или несколькими молекулами ДНК или РНК. Капсид построен из **капсомеров** — [белковых](#) комплексов, состоящих, в свою очередь, из **протомеров**. Нуклеиновая кислота в комплексе с белками обозначается термином **нуклеокапсид**. Некоторые вирусы имеют также внешнюю [липидную](#) оболочку. Размеры различных вирусов колеблются от 20 ([парвовирусы](#)) до 500 ([мимивирусы](#)) и более [нанометров](#). Вирионы часто имеют правильную геометрическую форму ([икосаэдр](#), [цилиндр](#)). Такая структура капсида предусматривает идентичность связей между составляющими её белками, и, следовательно, может быть построена из стандартных белков одного или нескольких видов, что позволяет вирусу экономить место в геноме.

Механизм инфицирования

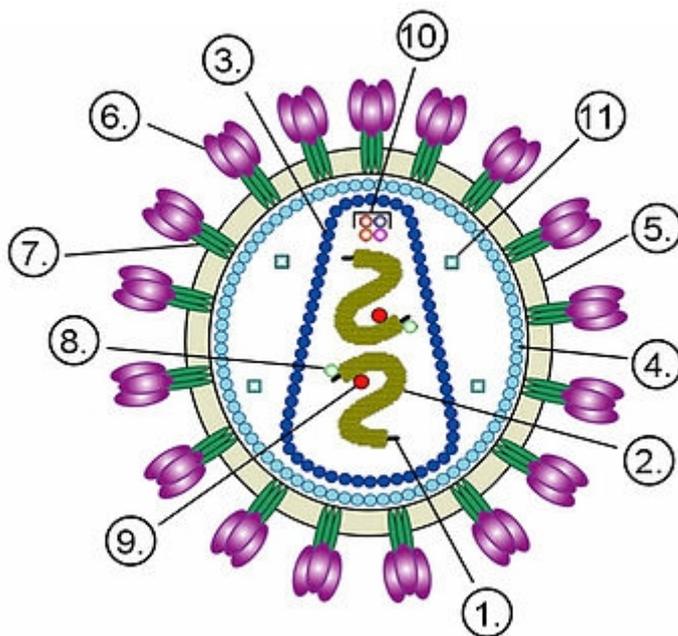
Условно процесс вирусного инфицирования в масштабах одной клетки можно разбить на несколько взаимоперекрывающихся этапов:



Палочковидная частица [вируса табачной мозаики](#).

Цифрами обозначены: (1) РНК-геном вируса, (2) капсомер, состоящий всего из одного протомера, (3) зрелый участок капсида.

- **Присоединение к клеточной мембране** — так называемая [адсорбция](#). Обычно для того, чтобы вирион адсорбировался на поверхности клетки, она должна иметь в составе своей [плазматической мембраны](#) белок (часто [гликопротеин](#)) — рецептор, специфичный для данного вируса. Наличие рецептора нередко определяет круг хозяев данного вируса, а также его [тканеспецифичность](#).



Структура вириона неикосаэдрического оболочечного вируса на примере [ВИЧ](#).

Цифрами обозначены: (1) РНК-геном вируса, (2) нуклеокапсид, (3) капсид, (4) белковый матрикс, подстилающий (5) [липидную мембрану](#), (6) gp120 — гликопротеин, с помощью которого происходит связывание вируса с клеточной мембраной, (7) gp41 — гликопротеин.

Цифрами 8—11 обозначены белки, входящие в состав вириона и необходимые вирусу на ранних стадиях инфекции: (8) — интеграза, (9) — [обратная транскриптаза](#), (10) — Vif, Vpr, Nef и p7, (11) — [протеаза](#).

- **Проникновение в клетку.** На следующем этапе вирусу необходимо доставить внутрь клетки свою генетическую информацию. Некоторые вирусы переносят также собственные белки, необходимые для её реализации (особенно это характерно для вирусов, содержащих негативные РНК). Различные вирусы для проникновения в клетку используют разные стратегии: например, пикорнавирусы впрыскивают свою РНК через плазматическую мембрану, а вирионы [ортомиксовирусов](#) захватываются клеткой в ходе [эндоцитоза](#), попадают в кислую среду [лизосом](#), где происходит их окончательное созревание (депротеинизация вирусной частицы), после чего РНК в комплексе с вирусными белками преодолевает лизосомальную мембрану и попадает в цитоплазму. Вирусы также различаются по локализации их репликации, часть вирусов (например, те же пикорнавирусы) размножается в цитоплазме клетки, а часть (например, [ортомиксовирусы](#)) в её [ядре](#).

Перепрограммирование клетки. При заражении вирусом в клетке активируются специальные механизмы противовирусной защиты. Заражённые клетки начинают синтезировать сигнальные молекулы — [интерфероны](#), переводящие окружающие здоровые клетки в противовирусное состояние и активирующие системы иммунитета. Повреждения, вызываемые размножением вируса в клетке, могут быть обнаружены системами внутреннего клеточного контроля, и такая клетка должна будет «покончить жизнь самоубийством» в ходе процесса, называемого [апоптозом](#) или программируемой клеточной смерти. От способности вируса преодолевать системы противовирусной защиты напрямую зависит его выживание. Неудивительно, что многие вирусы (например, пикорнавирусы, [флавивирусы](#)) в ходе эволюции приобрели способность подавлять синтез интерферонов, апоптозную программу и так далее. Кроме подавления противовирусной защиты, вирусы стремятся создать в клетке максимально благоприятные условия для развития своего потомства. Хрестоматийным примером перепрограммирования систем клетки-хозяина является [трансляция](#) РНК [энтеровирусов](#) (семейство пикорнавирусы). Вирусная протеаза расщепляет клеточный белок **eIF4G**, необходимый для инициации трансляции подавляющего большинства клеточных мРНК (транслирующихся по так называемому [кэп](#)-зависимому механизму). При этом инициация трансляции РНК самого вируса происходит другим способом ([IRES](#)-зависимый механизм), для которого вполне достаточно отрезанного фрагмента eIF4G. Таким образом, вирусные РНК приобретают эксклюзивные «права» и не конкурируют за рибосомы с клеточными.

Персистенция. Некоторые вирусы могут переходить в латентное состояние (так называемая [персистенция](#) для вирусов эукариот или [лизогения](#) для бактериофагов — вирусов бактерий), слабо вмешиваясь в процессы, происходящие в клетке, и активироваться лишь при определённых условиях. Так построена, например, стратегия размножения некоторых бактериофагов — до тех пор, пока заражённая клетка находится в благоприятной среде, фаг не убивает её, наследуется дочерними клетками и нередко [интегрируется](#) в клеточный геном. Однако при попадании заражённой лизогенным фагом бактерии в неблагоприятную среду, возбудитель захватывает контроль над клеточными процессами так, что клетка начинает производить материалы, из которых строятся новые фаги (так называемая **литическая стадия**). Клетка превращается в фабрику, способную производить многие тысячи фагов. Зрелые частицы, выходя из клетки, разрывают [клеточную мембрану](#), тем самым убивая клетку. С персистенцией вирусов (например, [паповавирусов](#)) связаны некоторые [онкологические заболевания](#).

Создание новых вирусных компонентов. Размножение вирусов в самом общем случае предусматривает три процесса — 1) [транскрипция](#) вирусного генома — то есть синтез вирусной мРНК, 2) её трансляция, то есть синтез вирусных белков и 3) репликация вирусного генома (в некоторых случаях, когда генетическая информация вируса закодирована в виде РНК геномная РНК одновременно играет роль мРНК, и, следовательно, процесс транскрипции в паразитируемой клетке не происходит за ненадобностью). У многих вирусов существуют системы контроля, обеспечивающие оптимальное расходование биоматериалов клетки-хозяина. Например, когда вирусной мРНК накоплено достаточно, транскрипция вирусного генома подавляется, а репликация напротив — активируется.

Созревание вирионов и выход из клетки. В конце концов, новосинтезированные геномные РНК или ДНК одеваются соответствующими белками и выходят из клетки. Следует сказать, что активно размножающийся вирус не всегда убивает клетку-хозяина. В некоторых случаях (например, ортомиксовирусы) дочерние вирусы отпочковываются от плазматической мембраны, не вызывая её разрыва. Таким образом, клетка может продолжать жить и продуцировать вирус. Интерферон – противовирусное вещество, образующее в зараженных вирусами клетках животных.

Систематика вирусов основывается на таких основных характеристиках их как: 1 – тип нуклеиновых кислот; 2 – наличие оболочки; 3 – тип симметрии; 4 – размер.

2.1. ОТДЕЛ ДРОБЯНКИ (Schizophyta)

Свое название организмы получили за способ размножения – простое деление (почкование) сопровождающееся делением ядерного аппарата.

Представители этого отдела ~ 3000 видов: бактерии, актиномицеты, минеобактерии, микоплазмы и спирохеты. Самая многочисленная группа *прокариот*. Цитологические особенности прокариот: ядерный аппарат представлен *нуклеоидом* – подобным ядру не отделенным от цитоплазмы ядерной мембраной, нет ядрышка, хромосом, число которых не больше единицы. Так нить ДНК – хромосома прикрепляется какой-либо частью к цитоплазматической мембране специфическими белками. Нет белков гистонов, присутствующих в хромосомах эукариот, нет митоза и мезоза. Отсутствуют митохондрии, их функции выполняют выросты и складки цитоплазматической мембраны или мезосомы. Нет пластид, фотосинтетический аппарат образован мембранными структурами с фотосинтетическими ферментами типа *a*, *b*, *c*, *d* и каротиноидами. В составе клеточных стенок нет целлюлозы и хитина. Он состоит из гликопептидов – муреина, производных глюкозы; N– ацелглюкозамин и N – ацетилмурамовой кислоты.

Класс Эубактерии–Eubacteria

В основном одноклеточные, но есть и многоклеточные.

Размеры: 0,6 – 1 мкм (микрометров). Среди одноклеточных бактерий выделяют следующие морфологические формы: *кокки* – шаровидные клетки; *палочки* – цилиндрические, *вибионы* – изогнутые палочки, *спириллы* – спирально изогнутые палочки; *тороиды* – сильно изогнутые клетки, звезды. В качестве систематического признака используется взаимное расположение клеток, возникающее при их делении: коковидные клетки располагаются попарно – *диплококки*, кокки при делении располагаются в цепочки – стрептококки, кокки при делении образуют виноградную гроздь – *стафилококки*. Вторым таксономическим признаком связан с особенностью строения стенки бактерии – окраска по Грамму. Фиксированные клетки окрашиваются кристаллическим фиолетовым, обрабатываются раствором йода, промываются спиртом и окрашиваются фуксином. Окрашенные бактерии, т.е. удерживающие комплекс йода и кристалфиолета называются грамположительными, обесцвечивающие – грамотрицательными. Многие бактерии образуют споры, позволяющие им выжить в неблагоприятных условиях до 30 лет. Происходит обезвоживание до почти кристаллического состояния и формируется кортекс между сердцевинной споры и ее стенкой,

состоящий из мукопептидов и комплексных с кальцием и магнием халатных соединений.

Практически большинство всех бактерий являются сапрофитами, т.е. редуцентами, разрушающие мертвый органический материал. Бактерии участвуют в круговороте: углерода, железа, серы, азота, фосфора, процессах почвообразования, биосинтезе гуминовых кислот – перегнойных веществах, выветривании, крупных отложениях железных руд, фиксации молекулярного азота: *Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium* – клубеньковые бактерии. К ним относятся и возбудители таких заболеваний как: чума, холера, сибирская язва, туляремия, ботулизм и т.д.

2.2 КЛАСС АКТИНОМИЦЕТЫ

Актиномицеты – лучистые грибки, прокариоты, способные образовывать вегетативные структуры, аналогичные грибам – мицелии. Разрастаясь в питательном субстрате, мицелии высших актиномицетов образуют скопления гиф: субстратный, воздушный, который называется колонией. Актиномицеты придают запах сырой земли, находясь в почвах разлагают хитин, целлюлозу и другие труднодоступные для микроорганизмов вещества. Многие из них образуют вещества токсичные для микроорганизмов - антибиотики: стрептомицин, тетрациклин, хлормицетин и ряд противоопухолевых препаратов.

2.3. ВОДОРΟΣЛИ (Algae)

Простейшие водоросли близки к особому типу жгутиковых, занимающих промежуточное положение между растениями и животными. Хлорофилоносные жгутиковые – одноклеточные с одним или двумя жгутиками в передней части. Клетка одноядерная с пластидой или без нее. Тело водоросли представлено слоевищем–талломом, одноклеточным, колониальным или многоклеточным. В водоемах водоросли образуют фитопланктон: морской ~ 50 м, пресноводный и фитобентос – донная, прикрепленная к субстрату растительность. Рассмотрим основные отделы водорослей.

Отдел синезеленые водоросли – *Cyanophita* – одноклеточные примитивные по своему строению организмы. У некоторых клетки соединены, образуя ценобии. Оболочка клетки – ослизняющая. Цитоплазма окрашивается в зависимости от находящихся в ней пигментов: хлорофилла, фикоциана, каротина, красного пигмента. Ядерный аппарат – диффузионный с наличием ДНК. Запасающее энергию вещество полисахарид гликоген, характерен для грибов. Живут преимущественно в пресных и частично

морских водоемах. Они первыми заселяют водоемы и бесструктурные минеральные почвы и вместе с бактериями готовят почвы для освоения другими растениями. В слизи выделяемой синтез водоросли в почву селятся азотобактерии, но и сами водоросли способны усваивать атмосферный азот.

Размножаются синие водоросли путем деления, половой процесс отсутствует. Характерно спорообразование. Споры образуются путем превращения в них вегетативных клеток в клетки с толстыми оболочками.

Синезеленые водоросли разделяются на 2 рода:

Хроококовые – одноклеточные и колониальные виды;

Гормогониевые – многоклеточные нитчатые формы, соединяющиеся в колонии.

Отдел зеленые водоросли – Chlorophita. > 5000 видов.

Обитатели водной Среды и почвы. Окраска зеленая, т.к. хлорофилл не маскируется другими пигментами. Пластиды у всех водорослей называются хроматофорами, т.к. разных видов они содержат различные пигменты. В хроматофорах содержатся пиреноиды – плотные тельца, накапливающие белок, крахмал, масла. Размножение: вегетативное, бесполое и половое. Подразделяются на три класса: равножгутиковые, сцеплянки и харовые.

Класс собственно зеленые водоросли

Подразделяются на 5 родов: Вольвоксовые, Протококковые, Улотрикссовые, Сифонокладиевые и Сифоновые.

Рассмотрим род Вольвоксовых, это подвижные организмы, т.к. имеют по два жгутика. Типичным представителем является хламидомонада, многочисленные виды которой встречаются в лужах и канавах. Размножение бесполое и половое. Перед делением клетка теряет жгутики, происходит деление ядра, хроматофоров и цитоплазмы. Образуются 4 клетки – зооспоры у которых возникают жгутики. После разрыва материнской оболочки они выходят наружу.

В качестве колониальных представителей рассмотрим вольвоксовых, живущих в пресных стоячих водоемах. Растения имеют форму полого шара, заполненного внутри слизью. Поверхность шара состоит из одного слоя многочисленных двухжгутиковых клеток, расположенных жгутиками наружу. Проявляется и дифференцировка клеток: движение шара происходит за счет наиболее крупных клеток, расположенных впереди. На противоположной стороне находятся крупные бесжгутиковые клетки, служащие для размножения. Остальная часть состоит из мелких питающих клеток. Половой процесс: в задней части колонии материнская клетка увеличивается в размерах, оболочка утолщается и протопласт ее образует крупную яйцеклетку. Антеридий (сперматогоний) образуется из другой половой материнской клетки, которая после многократного деления

образуют мелкие двухжгутиковые антерозоиды – аналоги сперматозоидов. Попадая в яйцеклетку, сливаясь, образуют зиготу-ооспору, покрытую толстой оболочкой, из которой при последовательном делении образуется новое растение. Сущность полового процесса заключена в том, что каждый вид растений на определенном этапе развития образует половые клетки (n -хромосом) мужские и женские, гаметы после слияния которых образуется зигота – дающая начало новому организму.

Изогаметы – мужская и женские гаметы морфологически не дифференцируются, но слиться в зиготу могут только разнополые гаметы.

Гетерогаметы – различаются по размерам гаметы: женская более крупная и мало подвижная яйцеклетка и мужская мелкая и подвижная, имеется жгутик или хвостик – сперматозоиды. Гаметангий, в котором образуются яйцеклетки называются оогоний. Гаметангий, в котором образуются сперматозоиды называются антеридий.

Для всех растений, начиная с низших водорослей характерно чередование поколений: бесполого и полового. Перед образованием спор происходит редукция числа хромосом (n), т.е. споры гаплоидны. Из спор вырастают гаплоидные растения (n -хромосом) – гапобионты. Растение является половым поколением и называется – гаметофитом. На нем образуются гаметангии (n), в которых путем митоза образуются гаметы.

При слиянии двух разнотеловых гамет образуется диплоидная зигота ($2n$ хром). Из зиготы вырастает бесполое поколение – спорофит – $2n$ хромосом (диплоидное).

Рассмотрим чередование поколений у папоротника:

Само растение спорофит ($2n$ хр). На нижней стороне листа образуются спорангии со спорами (n -хром). Попадая в почву споры прорастают, образуя совершенно другое растение – маленькая зеленая пластинка 1 см d – гаметофит – половое поколение, на нижней стороне которого образуются мужские органы со сперматозоидами и женские с яйцеклетками (гаметами O и O). После оплодотворения ($n + n$ хромосом) из зиготы вырастает спорофит.

Протококковые: относятся 4 семейства. Рассмотрим 2 семейства: хлорококковые и хлорелла.

Хлорококковые – одноклеточные растения, заселяющий пресноводные водоемы, на влажной почве, в теплицах в виде зеленого налета. Клетки сферические, половой процесс изогамный.

Хлорелла – широко распространена в водоемах, морях и почве. Клетки мелкие, (~ 6 микрон) шаровидные. Хлорелла может давать >70 г белка сухого вещества на 1 м²; В ней содержатся до 50 % полноценных белков, нет только аминокислоты – метионина. Содержит масла, витамины В, С и К; В пищу в Японии добавляется хлорелла как в виде биомассы так и пасты.

Род Улотриковых: многоклеточные организмы, состоящие из таллома, прикрепленного к субстрату. Таллом нитчатый, состоит из одного ряда одноядерных клеток и делится на простой, ветвистый и пластинчатый.

Верхушечные клетки нити делятся поперечными перегородками, обуславливая рост. Половое размножение изо и гетерогамное.

Род Сифоновые водоросли характеризуется тем, что его представители имеют не клеточное строение. Талом сифоновых крупный, внутри нет сплошных перегородок аналогичен одной клетки. Многоядерны, вместо хроматофора группы хлорофилловых зерен. Обычная в наших пресных водоемах вошерия (*Vaucheria*) имеет неветвящее слоевище, прикрепленное к субстрату ризоидами (бесцветными корнеподобными нитями). Половое размножение оогамное: на нитях образуется антеридий и оогоний, которые созревают в разное время. Оогоний дает начало одной крупной яйцеклетке. Шарообразный оогоний образует вырост навстречу антеридию другого талом с мелкими жгутикообразными сперматозоидами. Образуется зооспора. Род Диатомовые водоросли одноклеточные водоросли, живущие одиночно или колониально в морских и пресных водоемах. Около 6000 видов и составляют главную массу фитопланктона. Микроскопические организмы желто-бурого цвета, т.к. хлорофилл маскируется пигментом-диатоминном. Пектиновая оболочка инкрустированная кремнеземом панцирного типа. Панцирь состоит из двух створчатых половинок, которые насаживаются друг на друга как крышки на коробку. Клетка одноядерная с 2-мя хроматофорами. Размножаются диатомовые водоросли путем деления створчатых панцирей, причем каждая клетка получает либо крышку, либо коробку, недостающую часть которой достраивает самостоятельно. С каждым новым делением клетки мельчают. На определенном этапе образуется ауксоспора: протопласты высвобождаются из створок и попарно копулируют, образуя ауксоспору ($2n$ хр), быстро растущую и выделяющую на своей поверхности кремневые отложения. После восстановления нормальной величины, клетка вновь начинает делиться. Все это подтверждает первичность происхождения гетеротрофов.

Род Бурые водоросли занимают преобладающее значение в фитобентосе океанов и морей и достигают длины до 40 м. В хроматофорах содержится бурый пигмент фукоксантин. В качестве накопителя энергии – моносахариды и полисахарид – ламинарию. Ламинария – морская капуста. Это наиболее высокоорганизованный отдел: таллом дифференцирован – ассимиляционная, запасаящая и механическая ткани. Постоянное скопление бурых водорослей наблюдается в Саргассовом море – Атлантический океан, а сами водоросли – саргассами – это плавучие водоросли, благодаря наличию плавучих пузырьков на талломах.

Хроматофоры у зеленых водорослей имеют вид зерен. Вегетативное, бесполое и половое размножение. Бурые водоросли в большом количестве встречаются во всех океанах и людях.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДОРосЛЕЙ

Фитопланктон океанов до глубины 40 м является основным продуцентом океанов. Пресноводный фитопланктон: зеленые и синезеленые водоросли. Морской фитобентос: бурые и красные водоросли.

Наиболее устойчивые – Синезеленые водоросли в соленых озерах, почве, засушливых районах. В основе их устойчивости лежит их способность усваивать азот из атмосферы и возможность развития в слизистых клетках водоросли азотобактеров. Для разных типов почв характерны преобладающие виды водорослей: подзолистые – зеленые, улотриксковые доминируют; дерновые – диатомовые, болотные – зеленые; степных – синезеленые и диатомовые; глинистые пустыни – синезеленые водоросли.

Большой интерес представляют сверлящие зеленые водоросли, которые внедряются в раковины, кораллы и разрушают их.

Фитопланктон: синезеленые, зеленые, диатомовые, разножгутиковые водоросли образуют сапропель – отложение органического ила в воде.

2.4. ОТДЕЛ СЛИЗЕВИКИ ИЛИ МИКСОМИЦЕТЫ

Тело слизевика плазмодий, сапрофитный организм (2n хромосом) – крупная желтоватая масса голой цитоплазмы с многочисленными ядрами, встречается в дуплах пней, на старых деревянных брусках. Перед спорообразованием плазмодий перемещается к освещенному и сухому месту, где он теряет подвижность, подсыхает, превращается в плодовое тело, образующее спорангии со спорами. Сухие споры, разносимые ветром, попав на влажный субстрат, прорастают в одножгутиковые зооспоры, размножаются делением. Через некоторое время, втянув жгутики зооспоры превращаются в миксоамебы, которые тоже делятся, образуя разнополюе особи. Происходит копуляция и зиготы–тела миксоамеб соединяются в общий плазмодий, при этом сливаются только цитоплазмы, поэтому и получается многоядерный плазмодий–сапрофит. Типичным представителем слизевиков является эталлий, широко распространенный в наших лесах.

2.5. Отдел грибы: –Fungi

Подразделяются на 5 классов: Архимицеты, Фикомицеты, Аскомицеты, Базидиомицеты и Несовершенные грибы. Все грибы гетеротрофные организмы, лишённые хлорофилла, ведущие паразитный – сапрофитный образ жизни. Известно около 70 000 видов грибов. Тело большинства грибов состоит из особых нитей – гифов : $d=1-15$ микрон, в несколько метров. Совокупность гиф называется мицелий или грибница. Гифа растет своей вершиной. При неблагоприятных условиях мицелий впадает в стадию покоя, вытесняя большое количество воды из себя. Питание гриба совершается всей поверхностью мицелия путем осмоса или всасывающих ризоидов. Основные

запасающие вещества гликоген и масло. Размножение: вегетативное, бесполое – спорами, и половое спороношение.

Класс Архимидеты

Древняя группа грибов, не имеющая мицелия. Представитель ольпидий вызывает болезнь капусты черная ножка. Клетка ольпидия - голый одноядерный протопласт, паразитирующий в клетках корня коры. Путем простого деления образуется многоядерный плазмодий, превращающийся в шарообразный зооспорангий с трубкой, пронизывающей стенки клеток корня. Зооспоры с одним жгутиком через трубку выходят наружу в почвенную воду продвигаются к корням, прокалывают оболочку и выпускают протопласт в новую клетку корня. Половое размножение изогамное: гаметы со жгутиками сливаются в зиготу с двумя неслившимися ядрами и жгутиками. Проникнув в клетку эпидермиса, зигота покрывается толстой оболочкой, зимует, после пробуждения ядра сливаются. Начинается деление ядра с образованием многоядерной ткани с зооспорангиями – сапрофита. Семейство Синхитриевых – вызывает рак клубней картофеля.

Класс Фикомицеты

Характеризуется неклеточным не расчлененным, но многоядерным мицелием включает несколько сотен видов и делится на 2 подкласса: Оомицетов и Зигомицетов.

Подкласс Оомицеты – вид *Saprolegnia parasitica* (сапролегниевые) развивается в виде сапрофита, так и паразита. Сильно разветвленный мицелий образует колонии вокруг гниющей водной растительности, мертвых животных. Паразитируя на икре рыб, вызывает гибель икры и мальков.

Семейство пероноспорных: паразитируют на культурных растениях. Типичный представитель – Фитофтора – мицелий развивается во внутренних тканях картофеля. В зараженных клубнях мицелий фитофторы перезимовывает, весной растет в тканях хозяина, распространяясь по растению и проникает через устьицы листьев, образует спорангиеносцы с зооспорами. Зооспорангии опадают попадают на другие растения и выпускают зооспоры, которые прорастают в гифы и через устьицы проникают в растения, образуя на нижней стороне листа бурые пятна с белым налетом. Листья постепенно отмирают. Заражение зооспорами происходит многократно в середине и в конце лета.

Подкласс Зигомицеты: с сильно развитым нечленистым мицелием делятся на два порядка: муконовых и энтомофторных – паразитирующих на насекомых. Семейства Муконовые – это плесени, живущие на мертвых органических веществах растений, животных, книгах. Споры муконовых в большом изобилии содержатся в атмосфере, почве, воде. Типичный

представитель – хлебная плесень – головчатая плесень (*Mucor mucedo*). Стенки нитей мицелия состоят из хитина. Раздельнополое растение т.е. имеется плюс и минус мицелий. Мукоровые являются ценным сырьем при производстве молочной, лимонной, щавелевой и янтарной кислоты.

Класс Сумчатые грибы (Аскомицеты)

Высшие грибы, насчитывающие более 25000 видов. Характеризуются многоклеточным мицелием, перегородки со щелью в центре. Наземные обитатели, паразитируют на высших растениях, опавших листьях, гниющих пнях, образуют зеленые и черные плесени. Образуют мучнистые росы злаковых, антракиоз, аскохитоз и др. К ним принадлежат дрожжи, *Penicillini*, особые сорта сыра; трюфели и сморчки. Свое название грибы получили благодаря своей способности в результате полового процесса образовывать сумки–аски – особые мешочковидные образования, внутри которых после оплодотворения развиваются аскоспоры. Бесполое размножение осуществляется почкованием мицелием и конидиями, которые образуются на конидиофорах – отростках мицелия.

Половой процесс рассмотрим на примере гриба пиронемы, растущего на лесных горях. При соприкосновении трихогены с антеридием трихогена вырастает в антеридий и содержимое последнего переходит в аскоген. Цитоплазмы сливаются и мужские и женские ядра образуют неслившиеся пары – дикарионы. Аскагон начинает прорасти в гифы, которые разветвляются, дикарионы в них делятся митозом по отдельности каждое ядро. Клетка с дикарионом на перегибе становится материнской клеткой сумок. В ней происходит кариогамия, т.е. ядра сливаются, зигота ($2n$ хром) делится редукционно, затем митозом с образованием 8–аскоспор. Во время роста аскогенные гифы обрастают гаплоидными вегетативными гифами, образуя плодовые тела.

Класс Аскомицеты

Подкласс Голосумчатые и Плодосумчатые.

Голосумчатые – пивные дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*).

Плодосумчатые – порядок Дискомицеты – имеют открытое плодовое тело называется апотецием. Представитель сморчков настоящий – *Morchella esculenta*. Поверхность шляпки занята гимением – пласт из сумок развивающихся на поверхности диска.

Класс Базидиомицеты

Высшие грибы с многоклеточным мицелием (30000 видов). Половое спороношение осуществляется базидиоспорами – экзогенные споры,

сидящие на особых выростах мицелия – базидиях. Половой процесс происходит при слиянии двух вегетативных клеток гаплоидного мицелия, вырастающих из базидиоспор. У гомоталлических видов могут сливаться гифы одного и того же мицелия у гетероталлических от спор с разным половым знаком (+, –). При этом происходит только слияние цитоплазмы а ядра объединяются в пары – дикарионы. Такой дикариотический мицелий может существовать много лет, пронизывая субстрат: почву, древесину, стебли и листья хозяина.

Базидиомицеты подразделяются на 2 подкласса:

1. Холобазидиомицеты – одноклеточные базидии
2. Фрагмобазидиомицеты – 4–х клеточные базидии.

Подкласс Холобазидиомицеты: порядок экзобазидиальные ~ 20 видов – паразиты цветковых растений, без плодовых тел.

Гименомицеты – самая большая по числу видов группа – 12 тыс видов и наиболее распространенная. Гриб – плодовое тело.

Гимений – слой, состоящий из базидий, попеременно с бесплодными нитями, развиваются на гименофоре – плотной основе из сплетенных гиф.

Большинство шляпочных грибов вступают в симбиоз с деревьями образуя экто–эндофитную микоризу, которая оплетает корень дерева и частично проникает в корень получает углеродное питание. В то же время наружные свободные гифы доставляют корню из почвы воду, минеральные соли и органические вещества: *Boletus edulis* – белый гриб; *Lactarius deliciosus* – рыжик; *Leccinum scabrum* – подосиновик; *Amanita muscaria* – мухомор красный; *Armillaria mellea* – опенок осенний; *Stropharia* – род масленок; *Xeromus* – род моховик; *Agaricaceae* (агариковые) – семейство шампиньонов; *Agaricus bisporus* – шампиньон двуспоровый.

Порядок Гастеромицеты – сапрофитные грибы, мицелий которых развивается в перегнойной лесной и луговой почвах. Плодовое тело находится под прочной оболочкой – перидия и состоит из многочисленных камер, стенки которых выстланы базидиями и прослойками бесплодной ткани. Типичным представителем является дождевик – *Lycoperdon demmatum* – съедобный в молодом состоянии.

Подкласс Фрагмобазидиомицетии: порядок Головневые и порядок Ржавчинные. Головневые несколько сто видов, паразиты злаков. Мицелий членистый, развивающийся в межклеточном веществе и присосками внедряющийся в полость клеток. Поражаются цветки и вместо зерен в колосе образуется огромное количество головневых спор. Представители: Твердая головня пшеницы, Пыльная головня пшеницы, овса. Пузырчатая головня кукурузы.

Основная экологическая роль грибов – минерализация органических соединений как и у бактерий. В тундрах при низких температурах и кислой среде в подстилки грибы более эффективны в качестве минерализаторов, чем бактерии.

Лишайники – комбинированные, симбиотические организмы, состоящие из гриба, водоросли и азотобактерия. Слоевище лишайника составлено двумя организмами – грибом и водорослью. Грибы, как правило – аскомицеты; водоросль – из типа зеленых: *Chlorella*, *Cladophora* или синезеленые – *Nostoc*, *Chroococcus* и т.д. Гриб обеспечивает водоросль водой, минеральными солями, ферментной системой и прикрепляется к субстрату. Водоросль в процессе фотосинтеза вырабатывает углеводы и снабжает ими гриба. По внешнему строению лишайники делят на три группы: накипные слоевище в виде окрашенной корочки, приросшей к субстрату; листоватые – средняя часть слоевища прикрепляется нижней поверхностью к субстрату грибными гифами; кустистые – слоевище имеет разветвленную форму стебельков (бородатые): наиболее распространенные лишайники: Цетрария исландская (исландский мох) – распространен по всему северу. Кладония альпестрис (ягель), Олений лишайник (олений мох) растет в тундре, Лесная кладония. Бородатый лишайник поражает ветви лесных пород.

Экологическая роль: пионеры сукцессионных процессов на суше.

3. ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ – (Kormobionta)

Подразделяются на 8 отделов: Мохообразные – Bryophyta, Псилофиты, Плауновидные (Lycophyta), Членистые – Sphenophyta, Папоротники – Pterophyta, Голосеменные – Gymnospermae и Покрытосеменные – Antophyta.

3.1. Отдел Мохообразные

Характеризуется тем, что основное тело представлено гаметофитом (n хромосом). Тело мохообразных – либо слоевище, прижатое к субстрату, либо стебелек с листьями. Вместо корня многоклеточные разветвленные ризоиды. Женский орган – Архегоний бутылочной формы, в расширенной части которого находится яйцеклетка. Мужской орган – Антеридий, похожий на удлиненный плоский мешочек на короткой ножке, внутри которого развивается сперматогенная ткань со сперматозоидами. В стадии половой зрелости происходит разрыхление клеток горлышка архегония, через которое сперматозоиды вместе с водой попадают внутрь. После оплодотворения из зиготы на гаметофите вырастает спорофит ($2n$ хр) – короткая или удлиненная ножка со спорангиями, прикрытыми сверху колпачком. Споры (n хр) после созревания и вскрытия коробочки рассеиваются.

Мохообразные подразделяются на 3 класса: Антоцертовые, Печеночниковые и мхи (Musci). Класс Антоцертовых. Слоевище в виде маленькой зеленой пластинки тесно прижатой к почве. Клетки одноядерные с 1–2 пластинчатыми хроматофорами. Расчет на сырых глинистых местах.

Класс Печеночники (Hepaticae). Слоевищные растения. Типичный представитель – маршанция (*Marchantia polymorpha*) – двудольное растение, т.е. антеридий и архегонии образуются на разных растениях. Широко распространена в сырых и тенистых лесах.

Класс Мхи

Подразделяются на три порядка: сфагновые, андреевые и зеленые мхи (Bryales).

Сфагновые мхи (Sphagnales) – основной компонент торфов Западной Сибири. Стебли сфагнового мха ветвистые, не высокие, нарастающие верхушкой без ризоидов. Минеральное питание по капиллярам стебля поднимается к листьям. Клетки в листьях двух видов: ассимилирующие – хлорофилоносные, длинные и узкие; широкие ромбовидные, мертвые, лишенные протопласта называются гиалиновыми, снабженные порами.

Гиалиновые клетки как губки впитывают воду в 25 раз больше сухого веса мха. Отсутствие кислорода, высокая кислотность препятствует развитию в торфяниках бактерии и грибов и создает консервирующие условия для всего, что попадает на торфяник. Так как торфяники увеличивают свою массу послойно каждый год, можно проводить многолетний (до 1000 лет) физико–химический анализ веществ, оседающих на поверхности торфа. Торф – ценное топливо, удобрение и используется в медицине.

Порядок Зеленые мхи – основу тела зеленых мхов представляет гаметофит (n–хромосом) прикрепленный к почве ризоидами. Характерно, что все гаметофиты наземных растений не имеют корней. Половые органы: антеридий и архегоний закладываются на верхушке стебелька, в особых почках, окруженных листочками, наружные листочки крупные и ярко окрашенные. В обоеполых растениях архегоний занимает центральное место, а антеридия размещаются по краям. Клетки верхушки антеридия при созревании ослизняются, разрыхляются и сперматозоиды выходят наружу.

Рассмотрим основные семейства мхов: политриховые и гипновые, широко распространенные в России.

Кукушкин лен (*Polytrichum juniperinum*) – крупный до 15–20 см высотой мох, образующий в лесах густые дернинки. Стебель прямой, покрытый кожицей, под которой находится ткань из механических клеток, затем основная ткань и примитивный проводящий пучок, окруженный флоэмой из удлиненных клеточек, похожих на ситовидные трубки. Растение двудомное: антеридий и архегоний развиваются на верхушках стебля. Оплодотворения происходит ранней весной. Спорофит (Ахромосом) растет на гаметофите на ножке и образует гаплоидные споры, из которых прорастает гаметофит.

Гипновые мхи – разнообразные по величине и внешнему виду. В тундре создают целые ландшафты. Зеленые мхи обитатели сырых, влажных мест в хвойных лесах с широкой экологической валентностью являются

индикаторами первичной сукцессии и накапливают тяжелые металлы и радионуклиды.

С древнего времени пионерами суши являлись теломофитные растения, которые составляли мощный зеленый покров суши: псилофитовые – полностью вымерли; псилофовые, плауновидные, членистые и папоротники.

Псилофиты – род Риния (силурский период вымерли к началу каменноугольного). Характеризуется наличием горизонтальной оси с ризоидами – прототипами корневых волосков. От горизонтальной оси шли вертикальные оси – первичный стебель, внутри которого имелись проводящие пучки с ксилемой в виде трахеид, окруженные клетками флоэмы. Тело псилофитов–спорофит (гаметофит не обнаружен) с верхушечным расположением спорангиев. Длинные ножки спорангиев называется теломатами, что характерно для первых поселенцев суши.

Отдел псилофовые. Известно два рода: *Psilotum* и *Tmesipteris*, которые обитают в тропиках на стволах растений, прикрепляются ризоидами.

Гаметофит псилофа развивается на корневище спорофита со стелой с проводящими прерывистыми пучками. В качестве приспособлений к наземному образу жизни с избытком O_2 рассматривают: антеридий, архегоний, кожицу с устьицами, стелу – центральный стержень стебля сосудистых растений включает ксилему и флоэму.

Ксилема – внутри сосудистые клетки проводят минеральные вещества и воду. Флоэма располагается с внешней стороны от прокамбия проводит ассимиляторы фотосинтеза. От псилофитов произошли плауновидные, членистые и папоротники.

Отдел плауновидные (*Lycophyta*)

Широко представлен древовидными и травянистыми видами, которые вымерли в конце каменноугольного периода. До нас дошли представители 2–х порядков: плауновые и селлагинелловые.

Порядок плауновые состоит из одного семейства, два рода, 11 видов наиболее распространен плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum*) – вечнозеленое многолетнее травянистое растение со стелющемся стеблем 1–3 м., который дает приподнимающиеся веточки до 20 см. Стебель имеет придаточные корни, листья–выросты стебля в виде мелких зеленых чешуек густо по спирали покрывают стебель. Каждый год главный стебель передвигается в сторону на 50–100 см, укореняется молодыми отростками, старая часть больше 5 лет отмирает. Трахеиды лестничные. Боковые стебли разветвляясь, несут на верхушках предыдущего года спороносные колоски

(2–3), в которых развиваются спорангии со спорами. Споры шаровидные, желтого цвета содержат до 50 % масла. Споры на почве через несколько лет прорастают, образуя гаметофит (n–хромосом) – заросток имеет вид маленького клубня, сапрофитно живет в почве. Развитие происходит после зарождения внутренней микоризы. Заросток многолетний; архегоний и антеридий погружены в ткань заростка. Из каждой сперматогенной клетки образуется 1 двухжгутиковый сперматозоид, который при наличии воды оплодотворяет архегоний, из которого произрастает многолетнее растение сапрфит. Типичный представитель - плаун булавовидный растет зарослями в хвойных лесах по всей России и в лесотундре.

Отдел членистые. Стебли этих растений разграничены на узлы и междоузлия. Листья мутовчато располагаются на узлах, откуда образуются и боковые ветви. Подразделяются на 2 порядка: клинолистные (Sphenophyllales) и хвощевые (Equisetales).

Клинолистные – травянистые растения с клиновидными листьями – все вымерли. В порядке хвощевых сохранилось одно семейство – хвощевые, род хвощ. Представитель – полевой хвощ широко распространен на полях и лугах. Листья сросшиеся в междоузлиях. Кора – ассимиляционная перенхима: хлоренхима и флоэма с ситовидными элементами. Трахеиды метаксилемы лестничные, имеются и сосуды. Стебель заканчивается спороносным колоском – стробилом, который состоит из оси, на которой тесно расположены спорофиллы, на внутренней стороне которых располагаются спорангии, внутри которых образуются споры. Следовательно, особенность членистых растений заключается в том, что спорангии перешли в особые не ассимилирующие спороносные листья. При созревании споры попадая на почву, дают мужские и женские заростки. После оплодотворения произрастает многолетний спорофит.

3.2. Отдел папоротники (Pterophyta)

Крупнолистная форма таломофитных растений оказались наиболее устойчивой. Зародившись в полеозойской эре, многие формы дошли до нашего времени. Сейчас на Земле около 8,5 тыс. видов папоротников. В начальном этапе эволюции все листья у папоротников были фотосинтезирующими и спороносными. В ходе эволюции спороносными остались только верхние листья, утратив способность к образованию хлорофилла, стали желтыми или бурными и значительно уменьшились в размерах. Гаметофит редуцировался. Спорофит достиг высокой формы развития: дифференцируется на стебель, листья и придаточные корни.

Класс спорангиаты

Настоящие папоротники. Рассмотрим более подробно класс настоящие папоротники: семейство чистоусовых – небольшие многолетние шаровидные папоротники распространенные на Дальнем Востоке и Западной Грузии.

Семейство Polypodiaceae. род Мужской папоротник – образует крупное корневище, из которого ежегодно появляется пучок крупных двоякоперисторассеченных листьев. Спор на одном растении образуется несколько десятков миллионов.

Род *Pteridium* включает виды: *Pteridium agnalinum* (Орляк) и *P. tauricum* (Гвилера) – Западная Грузия. Орляк – самый распространенный папоротник в Сибири, съедобный до высоты 15–20 см ранней весной. Спорангии образуются на краях листа непрерывную полосу. Корневище длинное, горизонтально ветвящееся в почве. Род многоножка – сладкий корень (*Polypodium*) в России – 4 вида.

3.3. ОТДЕЛ ГОЛОСЕМЕННЫЕ (*Gymnospermae*)

Подразделяется на 7 порядков: семенные папоротники, саговники, беннеттитовые, кейтониевые, гинкговые, хвойные, покровносеменные. Впервые возникает новый морфологический орган – семя, которое возникло раньше цветка и плода. Семенные папоротники были представлены крупными и мелкими деревьями и лианами. У них были только стеблевые т.е. придаточные корни.

Спороносные листья были двух типов: микроспорофиллы несли микроспорангии, которые срастались вместе, образуя прототип тычинки: другие мегаспорангии имели особое строение и назывались “семязачаток” или семяпочка.

Порядок Саговники – появились в пермском периоде, и сохранились в тропических и субтропических областях. Типичным представителем является саговник – мощное 10–18 м, пальмовидное дерево с толстым стволом, стержневым корнем. Растение двудомное; на одних деревьях растут микроспорофиллы (сперматозоиды), на других – магаспорофиллы (семяпочки). В условиях обсыхания суши развивается новый механизм защиты мегаспоры. Мегаспора прорастает внутри мегаспорангия в женский гаметофит, который называется эндоспермой, образует архегоний с яйцеклеткой. В то время как мужской гаметофит произрастает в микроспорангии с образованием мужских гамет – пыльцы, которая разлетаясь по воздуху, попадает в яйцеклетку.

Порядок Беннеттитовые – появились в пермском периоде, вымерли в нижнем мелу. Предполагают, что цветковые растения произошли от беннеттитовых. Беннеттиты имели стройные, высокие, неветвящиеся стволы с венцом крупных перистых листьев наверху. В связи с тем, что расцвет

беннеттитов совпал с появлением на Земле сосущих насекомых, возможно опыление производилось не только ветром, но и насекомыми.

Порядок Гинкговые – зародились в пермском периоде, остались в ботанических садах. Гинкго – крупные листопадные деревья с обильным ветвлением. Двудомные деревья. Опыление при помощи ветра. Семена крупные: внешняя оболочка мягкая, внутренняя твердая.

Порядок Хвойные (Coniferales) – наиболее приспособленные к современным условиям существования и насчитывает 50 родов: 550 видов. В Сибири произрастают: сосна – *Pinus*, ель – *Picea*, пихта – *Abies*, лиственница – *Larix*, можжевельник – *Juniperus*. *Sibirica*. Выживаемость современных хвойных объясняется высоким ксерофитным строением т.е. позволяющим экономно регулировать и сокращать водный баланс. В зимнее время они испаряют количество в десятки раз меньше оголенные покрытосеменные. Листья хвойных растений многолетние, игловидные или чешуевидные, расположенные на укороченных побегах. Размножение вегетативное, бесполое и половое. Большинство хвойных – однодомные растения.

Рассмотрим размножение сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*. Микроспорофиллы собраны в мужских шишках в основаниях молодых ветвей. Женские шишки сосны образуются на верхушках молодых побегов. На оси шишки образуются чешуйки 2-х видов: наружные бесплодные, кроющие и внутренние семенные, на верхней стороне которых развиваются 2 семяпочки, каждая из которых состоит из нуцеллуса и покрова. Семяпочка развивается при редукционном делении одной из клеток ткани (бугорка – плаценты) на четыре мегаспоры. Одна мегаспора прорастает, образуя женский гаметофит с двумя архегониями, в которых образуется 2 яйцеклетки.

При делении микроспоры образуется 1–вегетативная клетка, 1 – генеративная. Попав через пылепровод на нуцелус семяпочки пыльца не прорастает в течение года – поэтому и урожаи орехов через год. Вначале прорастает вегетативная клетка, образуя пылепроводную трубку. Генеративная клетка делится в пылепроводной трубке, образуя 2 спермия, которые с помощью пылепроводной трубки доносятся к яйцеклетке и один из спермиев оплодотворяет яйцеклетку. Зигота начинает делиться и происходит созревание семени.

Хвойные растения подразделяются на 6 семейств: араукариевые, подокарповые, тиссовые, сосновые, таксодиевые и кипарисовые.

Семейство Араукариевые – однодомные и двудомные красивые деревья до 50 м с зонтообразными кронами распространены в тропическом и субтропическом поясе южного полушария. Наиболее распространены 2 рода: Араукария и Агатие. Известно около 11 видов.

Семейство Подокарповые ~ 100 видов – мощные деревья и кустарники, образующие горные леса. Распространены в Южной Америке, Гималаях, Китае, Японии.

Семейство Тиссовые – двудомные и однодомные деревья и кустарники. Женские спорофиллы мясистые, вздутые, настоящих шишек не образует.

Представитель – Тисс обыкновенный (*Taxus baccata*) – распространен в средней и южной части России. Кора красноватая, древесина красная, крепкая. Крона широкая, раскидистая. Из-за высоких качеств древесины подвергся массовым вырубкам в Греции, Италии, Западной Европе.

Семейство Сосновых (*Pinaceae*) – наиболее обширное семейство имеющее огромный ареал и представленное на всех континентах: *P. sylvestris*, *Pinus sibirica* – кедровая сосна, сосна крымская, сосна итальянская – пиния.

Ель ~ 50 видов: *Picea excelsa* – ель обыкновенная, ель сибирская *P. obovata*, ель восточная, ель Шренка, Тянь-шаньская. Пихта (*Abies*) – 45 видов: Пихта сибирская, белокорая – Приамурье, пихта – европейская; пихта кавказская.

Лиственница – *Larix*, Сибирская, европейская, даурская, камчатская. Кедр – *Cedrus* – наиболее древний род семейства сосновых – с мезозоя. Деревья крупные с серым прямым стволом с декоративной кроной – 4 вида: на Кипре, Гималаях, Крыму и Закавказье.

Семейство Таксодиевые: род Секвойя – в честь индийского вождя Секвойя – вид Мамонтово дерево – 150 м h и d > 10 м произрастает в Калифорнии.

Семейство Кипарисовых – кустарники и деревья, подразделяется на подсемейства: можжевельниковых, туевых и кипарисных.

Можжевельник (*Juniperus*) – вечнозеленые деревья и кустарники. Шишки в зрелом состоянии образуют шишкоягодку – мясистую, сочную, созревающую на втором году ~ 60 видов.

Туевые – 12 родов, у нас в России: Туя и биона восточная дерево до 20 м до 3 м в Китае.

Кипарисовые растения, зрелые шишки деревянистые, в России встречается Кипарис вечнозеленый и пирамидальный: Крым, Кавказ, Иран.

3.4. ОТДЕЛ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ – angiospermae ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ – anthophyta ~ 150 млн лет назад

Появившись в юрском периоде, широко распространившись в меловом, покрытосеменные растения в настоящее время господствуют в растительном мире. Характерной чертой покрытосеменных является плод, который развивается из цветка, как правило, из пестика. Цветок – укороченный и ограниченный в росте спороносный побег, в котором мегаспорофиллы превращены в плодолистики. Цветок служит для образования спор и гамет, где в результате полового процесса созревает семя и плод.

Строение цветка: цветоножка, цветоложе – стеблевая часть цветка, чашелистики и лепестки (венчики), чашечка околоцветник тычинки – андроцей; плодолистики – гинеций.

Все части цветка образуются при делении из внешней зоны цветonoсного побега. Венчики могут быть свободнолепестными, сростнолепестными или

трубчатые. Тычинки (микроспорофиллы) состоят из тычиночной нити, связника и пыльника, вся совокупность тычинок называется андроусом. Совокупность мегаспорофиллов – Гинеций образуют пестик, состоящий из завязи – нижней части, столбика и рыльца – верхушки, которые может быть одно, двух, трех и многополостным, т.к. столбики являются плодолистиками, которые срастаются. Число лопастей рыльца равно числу плодолистиков, образующих пестик. Цветок может быть правильным – актиноморфным, если через него можно провести несколько плоскостей симметрии: яблони, сливы, хлопчатника. Неправильные или зигоморфные цветки такие через венчик, которых можно провести одну плоскость симметрии: бобовые, фиалки, львиного зева. Части цветка могут располагаться на цветоложе по спирали, что характерно для наиболее древних форм. Если части цветка располагаются последовательно, то цветок называется циклическим. Полным цветком считается 5–циклический цветок: 2 цикла – околоцветник, 2 цикла – андроцей (тычинки), 1 цикл – гинецей. Тычинки и пестик являются органами спороношения, определяя пол: тычинки – мужской, пестик – женский.

Цветки обоеполые: тычинки и пестик характерны для однодомных растений: кукуруза – мужские цветки в метелке на верхушке, а женские – початок, тыква, огурец, арбуз. Двудомные – одни растения одного вида имеют только мужские цветки, а другие только женские облепиха, тополь, крапива, ива, лимонник. Полигамные растения, у которых на одном растении есть и обоеполые и однополые цветки: дыня, подсолнечник, георгины, каштаны и др.

Пыльцевая клетка и начало развития мужского гаметофита. Зрелая пыльцевая клетка – микроспора (гаплоид) одноядерна и окружена оболочкой, состоящей из 2–х слоев: наружного твердого –экзина, с выступами, шипиками и т.д. и мягкого слоя – интимы, состоящей из пектиновых веществ. Прорастание микроспоры заключается в митотическом делении с образованием крупной вегетативной клетки и одной генеративной клетки – прорастание мужского гаметофита. Пыльца богата питательными веществами и может сохраняться от 20–210 дней до 10 лет – финиковая пальма.

Центральную часть цветка занимает гинецей, состоящий из нескольких плодолистиков – мегаспорофилл цветка, на внутренней стороне которых развиваются семяпочки (мегаспорангии). Срастаясь между мегаспорофиллы образуют пестик, характерный только для покрытосеменных растений. Следовательно, эволюционные изменения покрытосеменных в отличии от голосеменных в большей мере характерны для развития женского гаметофита. Пестик состоит из завязи – нижней части, столбика и рыльца. Семяпочки развиваются на внутренних стенках завязи. Количество семяпочки в пестике у различных видов различно: у пшеницы, у ячменя – 1, у сливы, вишни 1 – 2; у хлопка – десятки, у мака – тысячи.

В семязпочке происходит процесс образования зародышевого мешка с яйцеклеткой и пыльцевходом, т.е. мегаспорогенеза и развитие женского гаметофита: 1. Спорогенная клетка делится дважды. 2. Моноспорический зародышевый мешок образуется только из одной мегаспоры. 3. Первичное ядро зародышевого мешка проходит (гаметофит женский редуцированный архегоний) через три митотических деления без митоза. Следовательно, зародышевый мешок вместе с яйцеклеткой 8 ядерный.

Необходимо отметить, что в процессе эволюции наиболее пластичным активно изменяющимся является женский орган, ответственный за создание здорового потомства. В то время как сперматогенез практически не изменяется, выполняя роль накопления генетической информации, и сохранения не зашумленных первичных генокопий биосистем.

Вероятно, именно прогрессивные изменения в организме женских особей определяют успех будущего потомства того или иного вида животных. В этом отношении направление: женский гаметофит - семязпочка плод определила направленность эволюции биосферы.

После того, как пыльца попадет на рыльце, начинается ее прорастание. На кожице рыльца имеются различные выростки, сосочки, волоски, липкая и неровная поверхность – все это способствует удержанию пыльцы. При наличии совместимости, рыльце выделяет специальный фермент, который стимулирует прорастание пыльцы. Пыльца прорастает в виде пыльцевой трубки, в которую переходит содержимое пыльцы т.е. 2 спермия и одно вегетативное ядро. Попадая в завязь, через пыльцевход (микропиле) пыльцевая трубка входит в семязпочку и зародышевый мешок. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя зародыш семени, а другой спермий сливается с вторичной клеткой зародышевого мешка, образуя эндосперм семени.

В первом случае образуется диплоидная зигота, а во втором случае – триплоидное ядро, т.к. вторичное возникает при соединении двух гаплоидных так называемых полярных ядер. Такое оплодотворение покрытосеменных называется двойным оплодотворением и открыто в 1898 г. С.Навашиным.

Два спермия в пыльцевой трубке неравноценны: они асимметричны и зеркальноподобны, различаются как оптически, так и биохимически. Характерно, что вначале происходит оплодотворение а затем образование триплоида, из которого развивается эндосперм – питательный продукт развивающегося зародыша имеет наследственную информацию как отцовского и материнского организма, в отличие от голосеменных, где эндосперм является женским заростком. Что значительно повышает адаптивные возможности покрытосеменных растений, способствуя увеличению их устойчивости. После оплодотворения внутри зародышевого мешка начинается деление оплодотворенных частей, прежде всего деление триплоида дающего рост эндосперма – питательной ткани для зародыша.

Зигота зародыша облекается целлюлозной оболочкой и наступает период покоя от нескольких часов до нескольких месяцев в зависимости от вида растений. Затем происходит деление до 8 клеток.

Таким образом, зародыш и эндосперм составляют семя, которое покрывается кожурой, образуемой из интегумента семяпочки. Плод – нормальный плод образуется из завязи или из всего цветка. Из стенок завязи образуется околоплодник, в основном состоящий из видоизмененных мезофилл (средней части) стенок завязи. Дифференцируясь мезофилл образует 3 слоя: экзокарпа (наружный) мезокарпа и эндокарпа. Наружные и внутренние слои тонкие – 1–2 слоя, но иногда внутренний слой окостеневает, образуя косточку: вишня, слива и т.д. Срединный слой, как правило, сочный и мясистый, паренхимные клетки которого в вакуолях содержат сахар или масла.

Типы соцветий, цветки могут быть одиночными, Завершающими побег – цветок тюльпана или собраны в укороченные или разветвленные соцветия. Соцветия могут быть простыми. Строение цветка можно выразить в виде формулы цветка:

Ca – чашечка (calyx); Co – венчик (corolla)

P – простой околоцветник

A – тычинки (андроций)

G – гинецей

∞ – если число лепестков неопределенное у примитивных цветков

() – если лепестки или карпеллы срослись

– неправильный цветок (зигоморфный)

* – правильный (актиноморфный) цветок ,завязь верхняя

*Ca(5)CoA∞G – формула цветка яблони

Самоопыление происходит в обоеполых цветках. Однако имеются самонесовместимые растения, у которых пыльца неспособна к оплодотворению в своем цветке: яблоня, груша, рожь и др.

Перекрестное опыление растений осуществляется с помощью ветра или насекомыми. Для ветроопыляемых растений характерны невзрачные мелкие цветки без яркой окраски и запаха: береза, ольха, дуб, бук, грецкий орех, орешник, тополь, осина, злаки, рожь, кукуруза – растение дает $50 \cdot 10^6$ пыльцевых клеток.

Насекомые опылители: пчелы, осы, мухи, шмели, бабочки, жуки, трипсы, муравьи и др. Энтомофильные растения привлекают насекомых пищей. Пищей являются специальные жидкие и полужидкие сахаристые выделения, поступающие из нектарников – специальных желез, расположенных в цветке. Нектар: 25–95 % вода; 3–72 % – глюкоза и тростниковый сахар – выделяется небольшими порциями, поэтому насекомому, чтобы насытиться, необходимо облететь большое количество цветков, которые они находят по запаху – эфирные масла и цвету. Пыльца является также пищей для насекомых, т. к. она богата питательными

веществами. При уничтожении одного вида опылителей могут погибнуть от 5 до 25 видов растений.

Развитие любого растения начинается с прорастания семени – зародыша, у которого в зачаточном состоянии имеются основные вегетативные органы: побег и корень. Для растений характерен модулярный тип развития.

В корне снизу вверх выделяют следующие зоны: зона деления ~ 1 мм, прикрытая чехликом, зона роста, поглощения и проведения.

Побег растения – массив верхушечных меристем, включающих стебель, листья и почки – зачатки новых побегов. Так картофель и лук – это видоизмененные побеги. Главной характеристикой побега является наличие узлов участка стебля на уровне отхождения листьев. Участки стебля между соседними узлами называются междоузлиями, т.е. побег имеет метамерное строение. Кроме верхушечной почки на побеге имеются боковые почки – из боковых пазушных почек формируются боковые побеги с своей верхушечной почкой. Следовательно, растение представлено побегами первого порядка, второго, третьего и т.д.

Почка – это зачаточный еще не развернувшийся побег (модулярность) и состоит из меристематической зачаточной оси, оканчивающейся вегетативной почкой, и зачаточных листьев.

Вегетативно–генеративные почки – в которых конус нарастания трансформируется в зачаточный цветок или соцветие.

Порядок размещения листьев на побеге – наследственный признак каждого вида иногда характерный для рода и семейства. Выделяют несколько вариантов листорасположения: спиральное, двухрядное, мутовчатое – несколько листьев на одном узле, супротивное.

Анатомия листа: особенность строения листа определяется его главной функцией – фотосинтезом. Лист состоит из эпидермиса, регулирующего газообмен и транспирацию, системы проводящих пучков, арматурных тканей (склеренхима и колленхима) и мезофилла, в котором сосредоточены хлоропласты и происходит фотосинтез.

Мезофилл занимает все пространство между верхней и нижней эпидермой листа, и дифференцируется на две ткани: палисадную (столбчатую), находящуюся в верхней стороне листа и губчатую ткань. Палисадная ткань содержит ~ 4/5 всех хлоропластов листа и выполняет основную работу по ассимиляции углекислого газа. Поэтому палисадная ткань располагается под верхней, непосредственно освещаясь лучами солнца. Через губчатый мезофилл осуществляется газообмен. CO₂, содержащийся в атмосфере через устьицы, расположенные в нижней эпидерме, проникает в большие межклеточки губчатого мезофилла. Кислород, выделяемый мезофиллом при фотосинтезе, через устьицы выделяется в атмосферу.

Эпидерма листа состоит из кутикулы и воска.

Ксилема и флоэма в листьях объединены в проводящие пучки–жилки.

Роль арматурных тканей в листе выполняют склеренхимные волокна, склериды и тяжи колленхимы. Как только листья достигают предельных размеров, начинаются процессы старения листа и отмирания. Видимый признак старения листа – пожелтение и покраснение, связанное с разрушением хлорофилла, накоплением каротиноидов, антоциана, кристаллов оксалата кальция и оттока из листа углеводов, аминокислот и т.д. Первичное строение стебля.

В результате деятельности первичных меристем образуется первичная структура стебля, характерная для однолетних растений. Вторичное строение стебля начинается с откладки камбием внутрь вторичной ксилеммы. При этом камбий растягивается на ее поверхности и отодвигается от центра, оставаясь между ксилеммой–древесиной и корой. Одновременно камбий откладывает наружу слой вторичной флоэмы или луба. Первичная кора погибает и заменяется вторичной; перидерма сменяет эпидерму и образуется вторичное строение стебля. Молодые слои древесины и луба обладают максимальным числом живых элементов. С возрастом живые элементы постепенно отмирают. Луб – через год, древесина несколько медленнее. Следовательно, в стволе дерева одновременно протекают два процесса: образование новых молодых слоев и отмирание старых.

Строение стеблей однодольных растений – характерная черта строения – отсутствие камбия. Приводящие пучки закрытого типа возникают из прокамбия и лишены вторичных тканей. Отсутствие камбиальных утолщений и сильное развитие листьев, из которых в стебель входит число пучков привело к тому, что проводящие пучки распределены по всему поперечному сечению стебля. Типичным является апикальный рост усиления, т.к. по мере роста проростков происходит разрастание апикальной (верхушечной) меристемы и строится обратно конусовидный по форме мощный стебель или цилиндрический у пальм.

Также характерны для стеблей однодольных придаточные многочисленные корни.

РОДИНА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Китай: просо, гаоляна, гречихи, капусты, лука, яблони, груши, абрикоса, персика, вишни, сливы, хурмы, тутового дерева, чая, апельсина, мандарина и т.д.

Индостан: пшеницы, риса, баклажана, огурца, лимона, помаранца, сахарного тростника, хлопчатника, черного перца, нута.

Малайзия: бананы, кокосовые пальмы, имбирь, мускатный орех, хлебное дерево.

Средняя Азия: карликовая пшеница, горох, бобы, горчица, мак, дыни, моркови, репы, репчатого лука, чеснока, винограда, грецкого ореха, яблони.

Иран: твердая пшеница, люцерны, клевера, лук порей, морковь, анис.

Средиземноморье: твердая пшеница, овса, льна, маслина, свеклы, лаванды.

Эфиопия: твердая пшеница, ячмень, кофе.

Африка: арбуза, сорго, финиковая пальма, проса.

Америка и Мексика: кукуруза, фасоль, тыква, картофель, перец, хлопок, табак, авокадо, физалис, каучукового дерева, ананаса, арахиса.

Евразия: лен долгунец, виноград, хмель, клюква, брусника.

2.5. СИСТЕМАТИКА ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Основателем систематики растений считается Карл Линей (1707 – 1778), который ввел бинарную номенклатуру растений, т.е. название рода и вида. Например: тополь серебристый; хлопчатник травянистый и т.д.

Все покрытосеменные делятся на 2 больших класса: двудольных и однодольных растений.

Класс двудольных характеризуется: зародыш с двумя семядолями; листья часто сложные, стебли с концентрическим расположением пучков, которые способны ко вторичному утолщению. В качестве проводящей системы выступают в основном сосуды. Цветки пятичленного типа.

Двудольные на Земле представлены 264 семействами и соответственно 120000 видами

Класс двудольных растений подразделяется на два подкласса:

Раздельнолепестных и спайнолепестных

части околоцветника разделены

без околоцветника, т.к.

основания венчика лепестков

срастаются в трубочку

Класс однодольные растения (*Monocotyledoneae*).

Большинство ботаников считают, что однодольные растения произошли от двудольных растений.

К однодольным растениям принадлежат: бананы, финики, кокосовые орехи, лук, чеснок, спаржа и т.д. Однодольность возникла в результате преобладания в развитии и росте одной семядоли над другой. Однодольные дифференцировались по трем направлениям насекомоопыляемые – превращение правильных цветков в неправильные: ирисовые, орхидные; ветроопыляемые приводящие к редукции околоцветника, нектарников, частей аедроцея – семейство злаковых ; самоопыление характерно для водных однодольных.

Зоология беспозвоночных

Все животные подразделяются на одноклеточных (Protozoa) и многоклеточных (Metazoa). Все многоклеточные подразделяются на три большие группы: фаллоцителообразные, низшие многоклеточные и остальные многоклеточные, которые в свою очередь дифференцируются на Лучистых и Билатеральных многоклеточных.

Билатеральные многоклеточные: беспозвоночные и Хордовые с подтипом Позвоночных животных.

Современный животный мир является результатом длительной эволюции животных. Рассмотрим основные законы эволюции, основоположником которых является Ч. Дарвин (1809–1882 г.), разработавший принципы естественного отбора.

1. Эволюционные изменения являются приспособлениями к изменившимся условиям среды. Естественный отбор выбирает наиболее приспособленные к естественным условиям среды варианты биосистем. Все приспособления могут быть разделены на приспособления общего характера–ароморфозы: постоянство температуры тела, семя, плод, легкие, внутренний скелет, органы чувств и т.д. и узкие специализации–частичные приспособления–идиоадаптации: развитые лапы, густой мех у северных животных и т.д.

2. Эволюция–в основном процесс монофилогический, т.е. развитие происходит от одного общего корня.

Как показал Ч. Дарвин (1859 г.) существующие группы организмов (роды, виды и т.п.) развивались путем дивергенции–расхождения признаков от одного общего ствола в результате вымирания признаков от одного общего ствола в результате вымирания не приспособленных промежуточных и боковых групп. Начальная фаза эволюции происходит внутри одного вида при распадении его на географически или экологически изолированные популяции, которые при расхождении становятся самостоятельными видами.

Конвергенция–вторичные приобретенные морфологические адаптации в результате приспособления к одинаковым условиям среды.

3. Организм, (сообщество, экосистема и биосфера) представляют собой единое целое, в котором все органы и части взаимосвязаны. Поэтому, когда в процессе эволюции изменяется строение и функция одного органа, то неизбежно происходят коррелятивные изменения в других органах, связанных с первым физиологическими и морфологическими зависимостями (Ж. Кювье, 1812 г.). Например: развитие трахей у насекомых, кровеносные сосуды исчезают.

4. Эволюция–процесс необратимый (Долло, 1893). Если орган в процессе эволюции редуцируется и исчезает то вновь он не появляется (как и

вымершие виды). Взамен утраченного органа при необходимости появляется другой орган, выполняющий аналогичную функцию.

5. Эволюция организмов всегда сопровождается дифференциацией частей и органов (Мильн–Эдвардс, 1851). Дифференциация заключается в том, что первоначально однородные части организма специализируются в выполнении различных функций и изменяются морфологически, что приводит к усложнению организации и подчинению частей целому, т.е. к развитию регуляции.

4.1. Классификация современного животного мира

Выделяют 23 типа известных животных: Саркомастигофоры, Споровики, Книдоспоридии, Макроспоридии, Ресничные–Инфузории, Пластинчатые, Губки, Кишечнополостные, Гребневики, Плоские черви, Немертины, Первичнополостные черви, Скребни, Аннелиды–Кольчатые черви, Членистоногие, Онихофоры, Маллюски, Щупальцевые, Иголкожие, Полухордовые, Пагонофоры, Щетинкочелюстные, Хордовые.

Подцарство–одноклеточные–Protozoa: Саркомастигофоры, Споровики, Книдоспоридии, Микроспоридии, и Инфузории. Экологическое значение простейших–распространены повсеместно, входят в состав бентоса, планктона, как морского так и пресноводного–разлагают отходы и являются пищей для других организмов. В качестве паразитов встречаются у животных и растений.

Тип Саркомастигофоры включает 2 класса: Саркодовые и Жгутиконсцы.

Класс саркодовые–обитатели морей, пресноводных водоемов, почв и паразиты. Характеризуется наличием псевдоподий как основными органами движения. Подкласс корненожки включают 3 отряда: Амебы, Раковинные корненожки и Фораминиферы.

Отряд Амебы, обитатели пресных вод, морей, почв. Размеры 10–15 мкм–3мм, одноядерные, с разнообразными выростами–псевдоподиями. Амеба обтекает одноклеточные водоросли, бактерии, органические вещества выделяет ферменты и переваривает органический субстрат. Вакуоль с неперевариваемыми остатками пищи выталкивается наружу. Имеется также и пульсирующая вакуоль, которая регулирует осмотическое давление внутри цитоплазмы. При неблагоприятных условиях амеба инцистируется, т.е. округляется и формирует вокруг себя прочную белковую оболочку. В таком состоянии она способна сохраняться в течении многих месяцев. Размножение бесполое, путем деления на две. Дизентерийная амеба живет в кишечнике человека в прямой кишке и питается бактериями. В патогенных случаях дизентерийная амеба проникает под слизистую оболочку кишки и начинает

там питаться и размножаться, изъязвляя слизистую кишечника, приводя к кровавым поносам. Цисты дизентерийной амебы имеют 4 ядра, в отличие от 8 ядерной кишечной амебы–неболезнетворной. При зарождении выходят с экскрементами до 300 миллионов цист в день. **Отряд Раковинные амебы**–обитатели прибрежных пресноводных водоемов и торфяных болот и почв, защищены раковиной с отверстием, из которого выдаются псевдоподии. **Отряд Фораминиферы**–обитатели морей до 1000 видов. Имеют раковины из хитиноидной основы, пропитанной углекислым кальцием. Форма раковины разнообразная с одним или многочисленными отверстиями. Псевдоподии–ризоподии, в которых осуществляется непрерывный ток цитоплазмы, улавливают пищу, переваривают частично и переваривают частично и передвигают животное. Т.к. большинство фораминифер живут на дне водоемов, то их используют для биоиндикации морских отложений, начиная кембрия. Толстые слои известняка, мела, зеленого песчаника и других осадочных пород состоят в основном их фораминифер. Поэтому в каждом нефтеносном районе достаточно один раз определить пласт, в котором залегает нефть, чтобы в других местах по виду встречающихся корненожек определить близость этого пласта, а значит и залегания нефти.

Подкласс лучевики радиолярии: 7–8 тыс. видов, характерна геометрическая правильность и разнообразие форм, т.к. у них есть внутренний скелет (появляется впервые), морские животные планктонного образа жизни. Тело в основном шарообразно но может быть крестовидным или звездчатой формы. Ядро находится в середине, окружено однородной и плоской цитоплазмой, заключенной в капсулу–кожистую мембрану органическую раковину, с многочисленными отверстиями. За центральной капсулой находится слой зернистой цитоплазмы, пенистой цитоплазмы с жировыми и слизистыми включениями и сетчатой, граничащей с наружной средой. Псевдоподии представлены двумя типами: одни идут от цитоплазмы, другие от сетчатой, которые образуют сеть, улавливающую пищу. В цитоплазме лучевиков часто находятся одноклеточные симбиотические водоросли, которые снабжают лучевиков кислородом, и используются в качестве питания. Внутренний скелет, состоящий из окиси кремния или сернокислого стронция (SrSO_4) и способствует парению в воде. Размножение бесполое, характерна полиплоидность ядра (до 1000 хромосом) реже половое с образованием гамет и последующим слиянием в зиготу.

Класс жгутиконосцы характеризуются наличием жгутов, служащих органами движения. В пределах этого класса проходит разделение между растительным и животным миром. Часто группы жгутиконосцев имеют хроматофоры с хлорофиллом способные к автотрофному питанию. Другая группа–гетеротрофы. **Строение:** размеры и форм тела разнообразны. Цитоплазма делится на эндо–и эктоплазму часто покрытая специальной оболочкой, состоящая либо из клетчатки, хитина или студенистого вещества.

От переднего отдела вырастают жгутики от 1 до 1000. В основе движения жгутиков лежит винтообразное движение, при этом жгутики образуют водоворот, органические вещества и бактерии направляются к жгутикам, у некоторых из которых имеется «клеточный рот», ведущий в глубокий канал в теле–глотку и в пищевую вакуоль. Сократительная вакуоль выполняет функцию осморегуляции и выделения. Клеточное ядро одно, реже два. Размножение бесполое, некоторые отряды образуют колонии.

Подкласс–растительные жгутиконосцы имеют хлорофилл, продукты ассимиляции крахмал и полисахариды.

Подкласс животные жгутиконосцы–гетеротрофные жгутиконосцы, ведущие свободноживущий или паразитический образ жизни и состоит из следующих основных отрядов.

Отряд Воротниковые жгутиконосцы–свободноживущие одиночные или колониальные формы с одним жгутиком и расположенным у его основания цитоплазматическим воротником, к которому прилипают пищевые частицы и спускаются к его основанию. В пищеварительных вакуолях цитоплазмы происходит их переваривание.

Отряд Kinetoplastida–характеризуется наличием особо связанного со жгутиком органоида–кинетопласта, аналогичного митохондрии, поставляет энергию для функционирования жгутика.

Среди паразитических кинетоплазмид особенно выделяются паразиты крови позвоночных–трипанозомы–небольшие жгутиконосцы (20–70мкм), передатчиком являются кровососущие беспозвоночные. Трипанозомы вызывают в Африке «сонную болезнь» человека, которая без лечения оканчивается смертью. Трипанозомы живут в крови антилоп, переносчик кровососущая муха «це–це». Лейкимии–вид жгутиконосцев, являющихся внутриклеточными паразитами человека. Переносчик москиты, в кишечнике москита происходит восстановления жгута.

Leishmania tropica вызывает воспаление кожи–восточная язва или пединка. После язвы (1–2 г.) остается рубец. Вырабатывается стойкий иммунитет.

Отряд Polimastigina–паразитические простейшие с несколькими жгутиками. В человеке паразитируют виды рода *Trichomonas*–в кишечнике, мочеполовых путях. Частым паразитом, особенно у детей, являются лямблии, которые живут в желчных протоках двенадцатиперстной и тонкой кишке.

Отряд Hypermastigina–многожгутиковые и многоядерные формы живущие в кишечниках тараканов и термитов. В качестве симбионтов они переваривают древесину–клетчатку в легко усваиваемые углеводы.

Экологическое значение жгутоносцев: участвуют в биологическом круговороте, осуществляют контроль численности беспозвоночных животных; биоиндикаторы степени загрязненности– сапробности вод.

Тип споровики–простейшие, ведущие паразитический образ жизни. В жизненном цикле наблюдается чередование бесполого, полового процесса и спорогонии. Тип делится на 2 класса: грегорины и концидиеобразных.

Отряд грегорины–паразиты беспозвоночных животных живут в кишечниках. Тело грегорины продолговатой, червиобразной формы (10 мкн до 16 мм). Питание и дыхание осуществляется всей поверхностью тела одноклеточного.

Жизненный цикл и размножение: взрослые грегорины объединяются попарно, тела их округляются и вокруг них образуется плотная оболочка–циста. Ядра каждой особи многократно делятся митотически и вдавливаются в цитоплазму в виде бугорков. Каждый бугорок отделяется и превращается в гамету. Гаметы сливаясь образуют зиготу окруженную плотной оболочкой–ооциста. Внутри ооцисты мейотически делятся (два первых деления) до 8 ядер с образованием 8 мелких червеобразных телец–спорозоитов. Таким образом ооциста становится способной к заражению нового хозяина.

Класс Кокцидиеобразные–внутриклеточные паразиты.

Отряд Кокцидий–внутриклеточные паразиты печени, почек, кишечника беспозвоночных и позвоночных животных.

Тело кокцидий покрыто мембранной оболочкой, под которой расположена система трубчатых фибрилл, образующих вместе с оболочкой наружный скелет. Имеются митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть с рибосомами. Вызывают заболевание кокцидиоз характерный для молодняка кроликов и крупного рогатого скота.

Второе заболевание кокцидий–таксоплазмоз. Половой процесс в кишечнике кошачих происходит с образованием ооцист. Бесполое размножение происходит в птицах, теплокровных позвоночных и человеке. Токсоплазмы поражают клетки различных органов и в первую очередь ретикулярную систему мозга. Клинические формы: поражение лимфатической, нервной системы, органов зрения.

Отряд Кровяные споровики–несколько десятков видов, часть жизненного цикла протекает в эритроцитах рептилий, млекопитающих и птиц. Типичны представитель малярийный плазмодий, в человеке паразитирует четыре вида. В кровь человека паразит попадает в стадии спорозоида при укусе малярийного комара. Спорозоиды мелкие (5–8 мкн) червеобразные одноядерные клетки. С током крови они попадают в печень, размножаются бесполом путем и внедряются в эритроциты крови, где

выедают все содержимое. Половой процесс вновь происходит в кишечнике комара.

Тип инфузории или ресничные ~ 700 видов–простейшие, органами движения которых являются реснички. В теле имеются два ядра: крупное вегетативное–макронуклеус и мелкое генеративное–микронуклеус.

Макронуклеус–содержит ДНК и обеспечивает управление всей клетки: синтез белка, проницаемость, энергетический обмен и т.д. (Инфузория–туфелька–обитатель пресноводных водоемов). Микронуклеус–осуществляет деление и передачу генетической информации при бесполом делении–митозе. Для инфузории в качестве полового процесса характерна конъюгация, заключающаяся в попарном слиянии инфузорий и обменом генетическим материалом–поделившимися ядрами микронуклеуса. Инфузории (30–40 мкн) имеют разнообразную форму и достаточно сложное строение: оболочка, пелликула, эктоплазма, эндоплазма, реснички ~ 10 тыс., трихоцисты, длинные выстреливающие ядовитые нити, ротовое отверстие, глотка, ведущая в эндоплазму, пищеварительные вакуоли, заднее отверстие–поршица, сократительные вакуоли. Инфузории–планктон пресноводных и морских водоемов, питаются водорослями, сине-зелеными, бактериями. Более 20 видов имеется почвенных инфузорий. Около 120 видов паразитов, особенно много в переднем отделе жвачных животных–рубце: 2 млн на 1 см², т.е. они помогают переваривать клетчатку.

4.2. Подцарство Многоклеточные–Metazoa

Тип пластинчатые животные (Placozoa)–наиболее примитивные многоклеточные животные. Одним из двух представителей является трихоплакс (4 мм). Нижний слой клеток несет по одному жгуту каждая. Спинной клеточный слой представлен клетками, каждая из которых состоит из лежащей на поверхности цитоплазматической пластинки с одним жгутом и погруженным в паренхиму клеточного тела с ядром. Внутреннее пространство животного заполнено массой разнообразных клеток, перемещающихся с помощью псевдоподий–паренхима. Трихоплакс накрывает своим телом пищевые частицы, изливает на них пищеварительный секрет клеток брюшного эпителия и всасывает своей поверхностью продукты наружного пищеварения. Развитие: бесполое размножение путем деления на двое. При половом размножении в паренхиме трихоплакса образуется яйцо и спермии. После оплодотворения, происходит равномерное дробление яйца и развитие зародыша.

Тип губки–многоклеточные водные, в основном морские прикрепленные ко дну животные ~ 5000 видов. Губки имеют форму мешка или глубокого бокала с основанием прикрепленным к субстрату. Тело состоит из двух

слоев: эктотермы и энтодермы, посередине мезоглея—слой бесструктурного вещества с отдельными клетками. Нервная система и раздражительность отсутствуют. У большинства губок имеется скелет, служащий для опоры тела, который образуется в результате биоминерализации. Минеральный скелет возникает в мезоглее и состоит из микроскопических телец игл и формируется внутри особых клеток склеробластов. В цитоплазме склеробласта образуется маленькое зернышко, которое разрастаясь, превращается в правильной формы скелетную иглу, после чего склеробласт отмирает. Иглы могут быть одиночными, могут спариваться друг с другом, образуя решетчатый остов или сплошной скелет. В мезоглее также находятся подвижные клетки амебоциты, внутри которых происходит переваривание пищи. Часть клеток являются недифференцированными резервными клетками, способными превращаться в различные типы клеток, в том числе и половые. Губки обладают высокой регенерационной способностью: они восстанавливают отрезанные участки тела. Если губку мелко растереть, то из каждой клетки образуется новая губка. Размножение: бесполое почкованием с образованием колоний. Половое: в мезоглее образуются сперматозоиды и яйцо. Сперматозоиды выходят наружу и оплодотворяют яйца соседних губок. Оплодотворенное яйцо делится равномерно до стадии 8 бластомеров, лежащих в одной плоскости. Затем зародыш еще раз делится на 8 мелких и 8 крупных нижних клеток. Затем мелкие бластомеры делясь быстрее крупных, совместно образуют полый однослойный шар—бластулу. Верхняя половина состоит из мелких цилиндрических снабженных жгутиками клеток. В таком виде личинка или амфибластула выходит наружу и прикрепляется к субстрату. Слой мелких клеток впячивается внутрь бластулы и оказывается внутри зародыша, т.е. зародыш становится двухслойным. Крупные клетки образуют дермальный слой, мезоглею и все клеточные элементы.

Губки—фильтраторы и очистители воды, являются биоиндикаторами чистой воды. В наших водоемах встречается мелкая, пресноводная губка—бадяг. Признаки примитивности губок: отсутствие полностью дифференцированных органов и тканей, пластичность клеточных элементов. По мнению некоторых зоологов губки произошли от колониальных воротничковых жгутиконосцев.

Раздел лучистые (Radiata)

Тип кишечнополостные ~ 9000 видов.

Строение кишечнополостных характеризуется радиальной или лучистой симметрией. В их теле можно выделить одну главную продольную ось, вокруг которой в радиальном—лучистом порядке расположены органы. Если вокруг продольной оси располагаются 4 одинаковых органа, то симметрия называется четырёхлучевой (2,4,6,8). Радиальная симметрия характерна для животных, ведущих сидячий образ жизни. Кишечнополостные—двухслойные

животные, т.к. в онтогенезе из них формируются два зародышевых листка: эктодерма и энтодерма, разделенные прослойкой мезоглеи. Наиболее простые кишечнополостные имеют вид мешка, открытого на одном конце – рот. В полости происходит переваривание пищи, не переварившиеся остатки пищи выталкиваются через рот наружу, который окружен одним или несколькими венчиками щупальцев. Наличие стрекательных клеток, движение осуществляется путем мускульных сокращений. Тип кишечнополостных разделяется на 3 класса: Гидрозои, Сцифоидные медузы, коралловые полипы.

Итак: класс Гидрозои, подкласс гидроидные вид *Hydra oligactis* – гидра.

Гидра – один из наиболее просто устроенных полипов. Это небольшой – 1 см пресноводный полип, живущий в озерах и прудах, тело которого в виде продолговатого мешочка прикрепляется к субстрату своим основанием. Рот окружен венчиком из 6–12 щупальцев. Эктодерма состоит из нескольких сортов клеток: цилиндрические клетки эпителия с длинными отростками вдоль тела, выполняющие сократительную (мускульную) функцию. При одновременном сокращении тело гидры укорачивается. Вторая группа – мелкие промежуточные половые и стрекательные клетки. Под эпителием диффузно располагаются нервные клетки звездчатой формы, соединяясь отростками, формируют субэпителиальное, нервное сплетение. Стрекательные клетки: овальная стрекательная капсула со стрекательной нитью. Книдоциль – тонкий чувствительный волосок, задевая за который добыча приводит в возбуждение стрекательную капсулу, которая выбрасывает упругую нить. Нить аналогичная гарпуну покрыта шипиками, на конце выделяется ядовитая жидкость, парализующая добычу. Стрекательные нити бывают обвивающие вокруг тела животных или приклеивающие. Энтодерма выстилает пищеварительную полость и состоит из эпителиально – мускульных пищеварительных клеток. Внутренние клетки имеют 1–3 жгутика и псевдоподии которые захватывают пищу и переваривают – внутриклеточное пищеварение. Железистые клетки выделяют пищеварительный сок в полость тела. Питается гидра дафниями и циклопами.

Размножение и развитие: Гидры размножаются почкованием – на теле животного образуется бугорок и отщуровывается. Половым способом гидры размножаются с приближением холодов. В основном гидры разнополы, но встречаются и гермафродитные виды. Интернациональные яйцеклетки у основания тела, а бугорки со сперматозоидами (мужские гонады) ближе к ротовой полости. После оплодотворения яйцеклетки, гидра погибает и яйцо, окруженное плотной оболочкой, остается в покоящем состоянии до весны.

Класс сцифоидные медузы: 200 видов, морские медузы.

Строение—тело представлено в виде круглого зонтика.

Рот ведет в энтодермальный желудок, от желудка отходит система каналов впадающих в кольцевой канал. Край зонтика несет различное число щупальцев со стрекательными капсулами. Некоторые щупальцы видоизменяясь, превращаются в ропалии: органы зрения и органы равновесия. В каждой ропалии находится одинстатоцист и несколько глазков: состоящих из стекловидного тела, хрусталика, прозрачного эпителия—роговицы и светочувствительного слоя клеток. Нервная система соответственно 8 ропалиям образует 8 скоплений нервных клеток—ганглиев, т.е, усложнение нервной системы происходит по мере увеличения количества датчиков, воспринимающих информацию о состоянии окружающей среды.

Медузы раздельнополые: Половые железы образуются из энтодермы нижней поверхности карманов желудка, половые клетки выходят наружу через рот медузы. После оплодотворения происходит равномерное дробление яйца т.е, образуется бластула, обрастая ресничками превращается в мерцательную планулу. Планула плавает, затем прикрепляется передним полюсом к морскому дну. На верхнем полюсе открывается рот, ведущий в гастральную полость, образуется маленький одиночный полип—сцифистому. Полип делится поперечными перегородками, образуя как бы стопку тарелок, соединенных центральным стволом—стробила. Диски—молодые медузы с восемью лопастями, отрываясь от верха стробилы, и пускаются в плавание. Растут и превращаются в настоящих медуз: d 40 см; 2 мг длина щупальцев до 15 м. Медузы хищники питаются беспозвоночными и рыбами.

Класс коралловые полипы—6000 видов.

Строение: тело в форме цилиндра, нижний конец утолщен для прикрепления к субстрату. Рот, длинная глотка, гастральная полость. На концах сплюсненной глотки располагаются реснички, которые воздают ток воды с питательными веществами, по обратной стороне глотке без ресничек вода выходит наружу. Гастральная полость выстлана энтодермой и поделена на камеры, радиальными перегородками, в которых железистые клетки, выделяя пищеварительные ферменты, осуществляют пищеварение. Имеется слой мезоглеи, мускульные клетки, имеются хорошо выраженные нервные сплетения. Скелет внутренний или наружный у колониальных форм—мадрепоровых кораллов—лагуны—пример кораллового строительства. Размножениеб бесполое, деление и почкование.

Половое: сперматозоиды выходят через ротовое отверстие, и через рот проникают в женский организм. Оплодотворенное яйцо полностью и неравномерно дробится, формируется бластула→мерцательная планула, которая плавает, оседая на дно и превращается в молодого полипа.

Экологическое значение коралловых полипов: очистители морской воды от кальция (до 50 м в глубину), строят острова, эдификаторы прибрежной зоны теплых морей. Враги—морские звезды.

Тип гребневики (Ctenophora)—90 видов, морские.

Свободноплавающие, ползающие или сидячие радиально—симметричные (двухлучевые) животные. Тело, как и у кишечно—полостных состоит из двух слоев клеток: эктодермы и энтодермы, между которыми находится слой мезоглеи. Движение происходит с помощью ресничек. Характерная черта типа—наличие клейких клеток.

Класс гребневики. Строение: тело мешковидно, на одном конце находится рот, противоположный конец называется аборальным, к которому подходят две ветви гастроваскулярной системы с узкими отверстиями. Рот→глотка→энтодериальный желудок (появляется впервые). От желудка отходят каналы гастроваскулярной системы с 8 каналами. Соответственно меридиональным каналам на поверхности тела проходят 8 ребер (валиков), на которых прикреплены органы движения—гребные пластинки. Четырехугольные пластинки бьют по воде аналогично маленьким веслам, направляя тело животного ротовым отверстием вперед. Органом равновесия и определения направления является статолит (гироскоп). Статолит состоит из склеенных зерен фосфорнокислого кальция, подвешен на специальных душках, прикрыт специальным колпачком и находится в ротовом полюсе. Нервная система в виде сплетения нервных клеток, располагается под статолитом и гребными пластинками. Для захвата пищи у гребневиков имеется пара щупальцев в виде длинных разветвленных арканчиков с клейкими эпителиальными клетками на конце. Клейкие клетки выделяют специальные капли липкого секрета, благодаря которому к щупальцам прилепают мелкие морские организмы.

Размножение и развитие: Гребневики гермафродиты, половые клетки образуются в энтодерме. По бокам каждого меридионального канала пищеварительной системы закладываются яичник, а с другой стороны семенник. Зрелые половые клетки: яйца и сперматозоиды прорывают пищеварительный канал, и по нему через рот выходит наружу, где и происходит оплодотворение. Дробление зиготы полное, но не равномерное. Один полюс зародыша делится быстро и дает маленькие клетки—микроммеры. Другой медленно—макроммеры, дающие энтодерму. Микроммеры—эктодерма. Макроммеры на нижнем полюсе зародыша образуют выпячивание: первичный рот и зачаток гастральной полости, образуя гаструлу. По краям эктодерма тоже выпячивается для формирования глотки. В гастральной полости, часть клеток энтодерма проходя под эктодермой превращаются в крестообразную группу клеток, своего рода мезодерму, из которой формируется мезоглея и мускульные оси.

4.3. Раздел Биллатеральные. Тип плоские черви (Platodes)

Тип плоских червей представлен двусторонне–симметричными или биллатеральными животными, т.е. через их тело можно провести только одну плоскость симметрии.

Особенности:

1. Плоские черви трехслойны, т.е. у них формируется 3 зародышевых листка в эмбриогенезе: эктодерма, энтодерма и мезодерма.
2. Наличие кожно–мускульного мешка.
3. Тело не имеет полости, вместо нее все пространство между органами занимает паренхима–соединительная ткань мезодермального происхождения.
4. Пищеварительный канал состоит из глотки и энтодермальной средней кишки, замкнутой слепо.
5. Нервная система состоит из парного мозгового ганглия и идущих от него нервных стволов, соединенных кольцевыми перемычками. Т.е. формируется центральный регулирующий аппарат.
6. Впервые появляются специальные органы выделения–протонефридии–система разветвленных канальцев, берущих начало в паренхиме в виде клетки с пучком ресничек и оканчивающихся наружу в виде экскреторных отверстий.
7. Половая система гермафродитна, появляются специальные органы, обеспечивающие внутреннее оплодотворение.
8. Нет кровеносной и дыхательной системы.

К типу плоских червей принадлежат 5 классов: ресничные черви, сосальщики–трематоды, моногенеи, ленточные черви и цистообразные. Последние 4 класса–паразитические формы.

Класс ресничные черви 300 видов (Turbellaria) или турбеллярии.

Строение и физиология: Тело вытянуто в длину, листовидно без придатков и покрыто однослойным мерцательным эпителием (ресничками). В покровах расположены кожные железистые клетки, одной из разновидностей которых являются клетки, содержащие палочки, которые при раздражении животного выбрасываются из эпителия наружу, разбухают в воде, образуя на поверхности тела червя сгустки слизи, выполняющие защитную роль. Под эпителием расположена эластичная базальная мембрана–создаваемая эпителиальными клетками, которая служит для сохранения формы тела и прикрепления мышц. Под базальной мембраной–мышечная система гладких мышц, образующая кожно–мускульный мешок. Далее располагается паренхима–рыхлое скопление соединительных недифференцированных клеток, соединенных друг с другом отростками и заполняющая все промежутки между органами. Пищеварительная система: рот на брюшной стороне, через который происходит выбрасывание не переваренной пищи,

глотка, передняя кишка и средняя, в которой происходит внутриклеточное пищеварение, замыкающаяся слепо.

Нервная система турбеллярий состоит из мозгового ганглия (впервые появляется) и отходящих от него нервных стволов–волокон. Мозговой ганглий–концентрация нервных клеток в переднем конце тела с образованием двойного узла, нервный центр или примитивный мозг. В нервных волокнах также встречаются диффузно рассеянные нервные клетки.

Органы чувств: Осязание вся кожа и парные щупальцы на переднем конце тела, которые воспринимаются неподвижными ресничками, устроенными как книдоциты у кишечнополостных, но соединенные с нервной системой и называются сенсилами. Статоцист расположен над мозговым ганглием. Глаза: одна пара или несколько десятков находятся над мозгом. Кислород, растворенный в воде поступает в тело червя путем диффузии.

Выделительная система–появляется у турбеллярий. Она представляет собой органы в виде ветвистых каналов, замкнутых на концах звездчатыми клетками с мерцательным эпителием, который ускоряет ток жидкости и открывающиеся наружу–осмотическая регуляция протонефридии. Образуются за счет эктодермы.

Половая система гермафродитна. Мужская система: семенники–мешочки, расположенные в паренхиме. От семенников → семявыводящие каналы → впадают в продольный проток–семяпровод–2→семяизвергательный канал, который залегает внутри мышечного совокупительного органа–пениса, который расположен в особой впячиваемой–половой клоаке, открывающейся наружу отверстием. Женская система–яичники, расположены в паренхиме→2 канала яйцевода + желточные протоки с желточными–питательными веществами → один канал–влагалище→впадает в половую клоаку. В половой клоаке часто расположен и мышечный мешочек, называемый копулятивной сумкой, в которую при оплодотворении поступает семя другой особи. Половые системы возникают впервые. Оплодотворение внутреннее: совокупительный орган особи вводится в половую клоаку другой особи. После оплодотворения яйцеклетка окружается группой желточных клеток, покрывается скорлупой и образует яйцо.

Размножение и развитие: яйца проходят полное, но неравномерное дробление с образованием микромеров–эктодермы и макромеров–энтодермы и мезодермы бластулы. Гастрюла–выпячивание. Метаморфоз–стадийное развитие особи до взрослого организма (эмбриональное). Из яйца выходит личинка, тело у которой круглое, кишечник неразветвленный в виде простого мешка. Вокруг тела венчик из 8 лопастей с ресничками, благодаря которому личинка плавает, превращается в маленькую турбулярию и опускается на дно, ведя придонный образ жизни.

Класс Сосальщиков (Trematoda)–4000 видов–паразиты беспозвоночных и позвоночных животных. Развитие: хозяин позвоночного→яйца попадают в воду выходит личинка → промежуточный хозяин–улитка, в которую он с помощью хоботка вбуравливается, выделяя секрет разрушающей ткани хозяина, где она превращается в спороцисту. Яйца делятся и образуют следующее поколение–редии. Внутри редии в улитке из зародышевых клеток развивается новое поколение, церкарии → выходят из тела редии и улитки в воду, где плавают с помощью хвоста внедряются в тело второго промежуточного хозяина: маллюски, рыбы, головастики, где покрывается тонкой оболочкой, инцистируется–метацеркарий, при попадании позвоночным в кишечнике метацеркарий превращается во взрослую особь. Печеночная двуустка–печень рогатого коза, человека. Кошачья двуустка: собака, кошка, человек–заражение при поедании сырой, вяленой рыбы в Сибири. Кровяная двуустка– заболевание почек, мочевого пузыря– шистоматоз, проникает через кожу человека во время купания в Южных странах.

Класс Моногней–многоустки 2500 видов–эктопаразиты на коже, жабрах рыб, амфибий и рептилий–эпизоотии рыб.

Класс ленточные черви: 3000 видов паразиты позвоночных и беспозвоночных животных–цистоды.

Тело, вытянутое в длину, лентовидное, поделенное на большое количество члеников–проглоттид: от 1 мм до 10 м. Голова имеет орган прикрепления типа присосок или крючков. Имеются продольные мускульные волокна. Нет пищеварительной системы, слабо развита нервная, выделительная–протонефридии, идущие по всему телу. Половая система гермафродитна, развивается в каждом проглоттиде.

Размножение и развитие: оплодотворение перекрестное и самооплодотворение. Жизненный цикл рассмотрим на примере свиного селетера: яйца выходят с экскрементами человека, попадают с пищей в кишечник свиньи. В кишечнике из яиц выходит личинка–онкосфера–маленький многоклеточный шарик с крючочками или присосками. При помощи крючочков онкосфера вбуравливается в стенки желудка, проникает в кровеносную систему и разносится по органам печени, почкам. Онкосфера растет и превращается в финну или пузырчатую глисту. Попав с мясом к человеку, растет, превращаясь в свиного цепня. Цепень эхинококк наиболее опасен для человека, развивается: скот→собака→человек.

Тип немертины ~ 750 видов, один класс немертины–водные, в основном морские свободноживущие животные. Тело вытянуто в длину от 1–2 см до 2–30 м. Рот расположен на брюшной стороне, кожный эпителий мерцателен с большим количеством железистых клеток. Пищеварительная система рот, пищевод, средняя кишка с боковыми выпячиваниями, задняя кишка и заднепроходное отверстие. Немертины хищники питаются червями,

ракообразными и моллюсками. Нервная система хорошо развита, органы чувств представлены хеморецепторами, осязательными рецепторами и глазами от 2 до 8.

Кровеносная система появляется впервые и представлена тремя главными продольными сосудами, сливающимися в переднем конце тела и по всему телу соединяющиеся поперечными перемышками. По кровеносной системе происходит транспортировка пищи и имеются дыхательные пигменты–гемоглобин и др. несмотря на отсутствие специализированных органов дыхания.

Выделительная система–накапливающие в крови конечные продукты обмена веществ поступают в протонефридии, которые представлены парой трубок, лежащих по бокам тела, с открывающимися наружу выводными отверстиями.

Половая система– раздельнополые, оплодотворение наружное. Яйца дробятся полностью, бластула, гастрюла, свободноплавающая личинка, внутри которой формируется червь, который выходит из личинки, опускается на дно и переходит к ползающему образу жизни.

Тип круглые или первичнополостные черви характеризуются:

1. Тело нечленистое;
2. Имеется первичная полость тела в виде щели между внутренними органами, граничащих с сокращающимися тканями;
3. Раздельнополые;
4. Нет кровеносной, дыхательной системы и выделительной системы;
5. Прimitивная нервная система и слабо развитые органы чувств;
6. В пищеварительной системе имеется задняя кишка и анальное отверстие.

Делятся на классы: нематоды – круглые черви, брюхореснитчатые, кинорихи, волосатики и коловратки.

Класс нематоды–десятки тысяч видов, самые распространенные в биосфере Земли животные: в воде, на суше, в почве, паразитируют во всех группах растений, беспозвоночных животных. Обладают максимальной экологической валентностью, без них не обходится ни один процесс гниения.

Строение и физиология: снаружи веретеновидная форма тела нематод покрыто кутикулой многослойное образование своеобразного наружного скелета. Кутикула предохраняет нематод от механических повреждений и ядовитых веществ. Под кутикулой лежит гиподерма–видоизмененный эпителий, затем мускульный слой, потом полость тела, заполненная водянистой жидкостью, через которую осуществляются обменные процессы между кишечником и другими органами. А также вынос отходов к органам выделения, т.е. первичная полость тела, осуществляет функцию внутренней среды организма.

Пищеварительная система: рот, глотка, средняя кишка, задняя кишка, анальное отверстие.

Выделительная система: состоит из одноклеточных кожных желез вместо протонефридиев.

Развитие: нет чередования поколений, отложенные яйца или личинки выделяются наружу, затем, попадая к животному хозяину, развиваются во взрослую особь.

Экологическое значение: перерабатывают все биологические отходы, паразиты человека: глисты, аскариды, слоновая болезнь, острицы, нитчатка. На растениях образуют опухоли–галлы.

Тип кольчатые черви (Annelida)–9000 видов высших червей:

1. Тело состоит из головной части с органами чувств сегментированного туловища и задней анальной части;
2. Хорошо развит кожно–мускульный мешок;
3. Животные имеют вторичную полость тела–целом, в каждом сегменте имеется своя пара целомических мешков;
4. Ротовое отверстие находится на брюшной стороне головного сегмента, переходит в глотку, среднюю и заднюю кишку с анальным отверстием;
5. Имеется хорошо развитая кровеносная система;
6. Выделительная система представлена нефридиями в каждом сегменте;
7. Нервная система состоит из пары нервных тяжей с ганглиями–2 в каждом сегменте. Органы чувств: глаза, обонятельные ямки и щупальцевидные придатки–органы осязания;
8. Прimitивные черви раздельнополые, а более высшие гермафродитны;
9. Спиральное дробление яйца с детерминированным характером;
10. У низших кольчатых развитие протекает с метаморфозом.

Тип подразделяется на два подтипа: Беспоясковые и Поясковые, типичный представитель–Дождевой червь.

4.4. Тип моллюски

Или мягкотелые животные, берущие начало от кольчатых червей, в основном водные животные характеризуются рядом признаков:

1. Моллюски – билатерально симметричные животные.
2. Тело несегментированное.
3. Вторичнополостные животные с неметамерным остаточным целомом, представленным околосоудочной сумкой и полостью гонад.
4. Тело моллюска состоит из: головы, туловища и ноги. Нога – мускулистый непарный вырост брюшной стенки тела, служащий для передвижения.
5. Основание туловища окружено большой кожной складкой – мантией. Между мантией и телом находится мантийная полость, в которой

имеются жабры, некоторые органы чувств, отверстия задней кишки, почек и полового аппарата – мантийный комплекс органов.

6. На спинной стороне тела располагается образованная мантией защитная раковина.

7. В глотке располагается особый аппарат для размельчения пищи – терка.

8. Кровеносная система незамкнута, сердце состоит из желудочка и предсердий.

9. Органы дыхания – первичные жабры.

10. Органы выделения почки.

11. Нервная система – разбросано–узловая; т.е. несколько пар ганглиев.

12. Развитие яйца идет по спиральному типу, из яйца выходит трохофора или видоизмененная трохофорная личинка – парусник, которая метаморфозирована во взрослую особь.

Тип моллюски включает 130.000 видов и подразделяется на следующие классы: Панцирные, Беспанцирные, Моноплакофоры, Брюхоногие, Пластинчатожаберные – Двустворчатые, Лопатоногие, Головоногие.

Все моллюски – фильтраторы – биоиндикаторы степени загрязненности водоемов.

Класс панцирные или хитоны ~ 1000 видов живут в полосе прибоя, где ползают по камням или прочно присасываются к ним ногой.

Форма тела – продолговато–овальная, размеры от мм до 33 см. Тело состоит из туловища и ноги. Основную часть брюшной поверхности составляет широкая плоская мускулистая нога, сокращение которой приводит к передвижению моллюска по субстрату. Спинная сторона тела покрыта раковиной, представляющей собой продукт выделения наружного эпителия. Восемь пластинок раковины расположены друг за другом в один ряд и подвижно соединены. Каждая раковинная пластинка состоит из нескольких слоев: наружный– органическое роговидное вещество, внутренний – известь.

Органы дыхания – жабры от 4 до 80 пар, органы чувств и нервная система развиты слабо. Кровеносная система – сердце и сосуды незамкнуты, разносит по телу O_2 и выделяет CO_2 .

Органы выделения – почки, в которых кровь освобождается от накопившихся в ней азотистых продуктов обмена. Панцирные раздельнополые, из яйца выходит личинка, ведущая плавающий образ жизни, метаморфозированная, опускается на дно и превращается в моллюска.

Подтип раковинные – моллюски с известковой раковиной, цельной или разделенной на две боковые створки. Включает 5 классов: Моноплакофоры, Брюхоногие, Лопатоногие, Пластинчатожаберные и Головоногие.

Класс Моноплакофоры – древние ископаемые моллюски, встречаются в отложениях кембрия, силура и девона.

Для них характерна колпачковидная, блюдцевидная или спирально закрученная раковина.

В 1952 г. на глубине 3590 м был найден современный представитель этого класса вид – *Neopilina galathea*.

Класс Брюхоногие или улитки самый богатый представителями класс. Первично брюхоногие моллюски жили в морях, но вследствие широкой экологической валентности адаптировались к пресным водоемам и суше.

Размеры: от 2–3 мм до 25 – 60 см.

Строение и физиология: Голова хорошо развита: имеется рот, 1 – 2 пары щупалец и глаза. Нога – мускулистый брюшной вырост с плоской подошвой.

Раковина брюхоногих спирально закручивающаяся состоит из тонкого органического наружного слоя, под которым лежит фосфоридный слой с известковыми пластинками, и у некоторых перламутровый слой.

Органы дыхания: жабры и легкие – у наземных и пресноводных.

Нервная система хорошо развита, органы чувств: осязания – головные щупальцы, органы химического чувства – осфадии, лежат у основания жабр.

Статолиты – органы равновесия, 1 пара глаз.

Раздельнополые, как правило, внутреннеё развитие у морских низших с метаморфозом.

Класс Пластинчатожаберные и двустворчатые.

Около 20.000 видов – морские и пресноводные моллюски с двустворчатой раковиной. Характерно – редукция головы. (Устрицы).

Строение. Тело продолговатое, сплюснутое с боков, голова редуцирована, туловище, нога, рот и порошица. Перламутровый слой: тонкие многослойные листочки углекислой извести с тонкими прослойками конциолина – жемчуг, блестит в результате интерференции световых лучей. Питание пассивное: детрит, планктон, бактерии.

Экология: фильтраторы, индикаторы чистой воды.

Класс головоногие – 700 видов, наиболее сложно организованных крупных моллюсков: осьминоги, кальмары. Свободноплавающие, реже ползающие хищники теплых морей: – Каракатицы. Нога видоизменилась в воронку и щупальцы. В воронку нагнетается вода из мантии и под давлением выталкивается, в результате чего животное движется. Раковина – рудиментарна.

Нервная система хорошо развита, органы чувств: химические, осязательные, вкусовые, зрительные.

Раздельнополые, оплодотворение внутреннее, развитие без метаморфоза в яйце.

Филогения головоногих: кембрий – наутилоидеи – раковина не спирально закручена. Это коническая трубка, поделенная на камеры и пронизанная узким сифоном. Триас – раковины спиралевидные, Ордовик –

Паукообразные раздельнополые, оплодотворение внутреннее. Сперматофор–мешочек, выделяемый самцом, в котором находится порция семенной жидкости. Самец лжескорпионов и многих клещей оставляет его в почве, а самка захватывает его наружными половыми органами. Самка откладывает яйца, у скорпионов и клещей происходит и живорождение. Из яиц выходят паучата и после 4–6 линек превращаются во взрослые особи. Паукообразные подразделяются на следующие отряды: Скорпионы ~ 600 видов наиболее древние 500 млн. лет, Жгутоногие, Сольпуги ~ 600 видов, ночные южные хищники, Лжескорпионы –мелкие паукообразные; Сенокосцы ~ 3200 видов; Пауки (Aranei) ~ 50.000 видов, Клещи (Acari) ~ 10.000 видов.

4.6. Тип Членистоногие (Arthropoda)

Наиболее богатый тип в видовом и численном отношении: 2.000.000 видов. Характеризуется рядом общих признаков:

1. Гомогенность сегментации. Группы сходных сегментов объединяются в отделы тела: голову, грудь и брюшко;
2. Конечности членистоногих подвижно соединяются с телом при помощи суставов и состоят из нескольких члеников. Конечности располагаются на всех участках тела;
3. Тело покрыто хитиновой кутикулой, образующей наружный скелет, в котором выделяют твердые пластинки (склериты) и мягкие сочленовные мембраны. Каждый сегмент тела покрыт четырьмя склеритами: вверху, внизу и по бокам;
4. Кутикула состоит из липоидов, протеинов, хитинов. Затвердевание кутикулы обусловлено тем, что хитин пропитывается углекислотой у ракообразных и многоножек или пронизан задубленными белками у паукообразных и насекомых. Рост членистоногих сопровождается линьками, когда старая кутикула сбрасывается, ломается, новая кутикула мягкая происходит рост тела;
5. Мускулатура членистоногих представлена отдельными мышечными пучками– мышцами с поперечно-полосатой структурой и не образуют сплошного кожно- мускульного мешка;
6. Пищеварительная система состоит из трех отделов: передней и задней кишки и соответствующей железы, секретирующие пищеварительные ферменты;
7. Кровеносная система незамкнутая, имеются только аорта и артерии, из которых гемолимфа изливается в полость тела и омывает внутренние органы. Гемолимфа по своему составу соответствует крови и целомической жидкости. Появляется сердце – специализированный пульсирующий орган;

8. Имеются разнообразные органы дыхания. Образуются конечности. Жабры, легкие и специализированная трахейная система у высших членистоногих;
9. Нервная система аналогична кольцецам и состоит из парного головного мозга, окологлоточных конективов и брюшной нервной цепочки;
10. Выделительная система представлена коксальными железами или особыми органами–мальпигиевыми сосудами;
11. Половой способ размножения, раздельнополы.

Членистоногие подразделяются на четыре подтипа: жабродышащих, трахейных, хелицерových и трилобитообразных.

Подтип жабродышащих, относятся первичные членистоногие, ведущие водный образ жизни включает один класс– Ракообразных (Crustacea)–20.000 видов. Дыхание ракообразных происходит при помощи жабер, представляющих собой особые выросты ножек, но могут дышать поверхностью тела.

Ракообразные: дафнии, мокрицы, щитни, рачки, водяные блохи, креветки, крабы, раки-отшельники, речные раки, омары, langусты–десятиногие раки.

Подтип трахейные–наземные членистоногие дышащие при помощи трахей включает два класса: Многоножки и Насекомые (Insecta).

Класс многоножки (Tyrriapoda) включает 10.000 видов наземных членистоногих. Червеобразное тело подразделяется на два отдела: слитную голову и членистое туловище и соответственно ноги. В основном это ночные животные: хищники.

Класс насекомые (Insecta), 1.500.000 видов–трахейнодышащие членистоногие, обладающие тремя парами ног (произошли около 250 мил лет назад).

Строение: тело разделено на голову, грудь и брюшко. Голова и грудь несут конечности, голова одета хитиновой капсулой и несет две пары антенн или пары усиков снабженные химическими, осязательными и другими рецепторами.

Вероятно, первичным питанием у насекомых было питание твердым органическим детритом, с соответствующим ротовым аппаратом грызущего типа характерного для тараканов и жуков. Конечности насекомых представлены системой подвижно соединенных друг с другом рычагов с большим числом степеней свободы. Крылья: две пары, расположены на грудных сегментах и представляют собой мощные складки тела. Крыло двухслойно: верхний и нижний слой разделены тонкой щелью, являющейся продолжением полости тела, в которой находятся трахейные и нервные стволы, которые образуют характерные утолщения–жилки. Крылья

приводятся в движение с помощью грудных мышц и варьируют от 5 Гц до 500~1000 Гц у мокрецов.

Покровы насекомых: кутикула, гиподерма и базальная мембрана. Кутикула выделяется клетками гиподермы, механическую прочность обеспечивают белки, задубленные фенолами. Мышечная система насекомых сложная и высокоорганизованная и количество отдельных мышечных пучков равно 1,5–2 тыс.

Пищеварительная система: ротовая полость со слюнными железами, глотка, пищевод, задняя и передняя кишка; средняя кишка, в которой происходит переваривание и всасывание пищи, задняя кишка и анальное отверстие через которое выходят сухие кристаллы мочевой кислоты.

Нервная система построена по типу брюшной нервной цепочки. Головной мозг: передний, средний и задний. Наиболее сложно устроен мозг у общественных насекомых: муравьев, пчел, термитов. Брюшная нервная цепочка состоит из подглоточного ганглия, трех крупных грудных ганглиев и брюшных ганглиев ~ 11 штук.

Органы чувств. Морфологической основой органов чувств у насекомых являются сенсиллы, расположенные по одиночке на поверхности тела или сгруппированные в органы слуха, глаза и т. д. Все сенсиллы произошли от одного исходного типа путем специализации для восприятия конкретного физического типа информации. Каждая сенсилла состоит: из одной рецепторной– чувствительной клетки. Одним отростком рецепторная клетка соединяется с нервной системой, другой выходит наружу. Наружная часть сенсиллы представлена кутикулярным образованием, во внутреннем канале которого располагается чувствительный жгутик сенсиллы. Хеморецепторы насекомых представлены обонятельными и вкусовыми сенсиллами. Чувствительность к половым аттрактантам~100 молекул в 1 см³ воздуха. Химические загрязнения атмосферы очень вредны для насекомых. Глаза у насекомых сложные фасетированные, т.е. состоящие из отдельных омматидий, которые являются совершенной фотооптической системой. У активных хищников и летунов, число омматидий достигает 28.000 фасеток, в то время как у рабочих муравьев, живущих под землей не более 8-9 омматидий. Омматидий: прозрачный участок роговицы—хрусталик–хрустальный конус, пигментные клетки отражатели, рабдом–чувствительная часть клетки, видоизмененная группа сенсилл, отростки, чувствительных клеток, соединенные с нервной системой. Цветовой спектр зрения насекомых сдвинут в коротковолновую часть: зелено–желтые, синие и ультрафиолетовые лучи.

Органы дыхания: Сильно развитая система трахей, пронизывающая все тело насекомого и по мелким концевым веточкам проникающая в отдельные клетки. По бокам тела располагаются до 10 пар дыхалец или стигм, расположенных на груди и брюшке животного. Воздух проникает диффузионным путем, для активации дыхания используется активное

сжимание и расслабление брюшка. У личинок, живущих в воде, имеются жабры, которые поставляют кислород в трахеи.

Кровеносная система развита слабо. В брюшке над кишечником находится длинное трубковидное сердце. Гемолимфа снабжает органы и ткани питательными веществами и доставляет к органам выделения продукты обмена.

Половая система: насекомые раздельнополые и часто обладают половым деморфизмом.

Развитие: эмбриональное и постэмбриональное с личинкой, куколкой и имаго. Рассмотрим строение и развитие насекомых на примере чешуекрылых.

Четыре перепончатые крыла покрыты различно окрашенными чешуйками, которые преломляют солнечный свет под разными углами, от чего зависит такое разнообразие расцветок чешуекрылых. В редких случаях на крыльях нет чешуек. Прозрачные крылья без чешуек имеют бабочки–стекляницы.

Ротовые части бабочек своеобразны: их хоботок не похож на хоботок мухи или комара. Верхние челюсти отсутствуют, внутренние лопасти нижних челюстей вытянуты и образуют створки хоботка. Бабочки, сосущие сок из цветов с высоким венчиком, имеют очень длинный, иногда длиннее тела, хоботок. У бабочек, которые не питаются (тонкопрядов и некоторых молей), хоботок недоразвит и практически незаметен. Обычно хоботок мягкий, но некоторые тропические бабочки способны проколоть кожу апельсина. Нижняя губа очень мала, ее щупики развиты хорошо и состоит из трех члеников. В итоге, у чешуекрылых развиты только нижняя челюсть, нижнегубные щупики, остальные ротовые части едва развиты.

Большие, занимающие большую часть головы, фасеточные глаза, развиты хорошо. На теменном участке головы есть пара простых глазков. Усики очень разнообразны по форме, бывают нитевидные, булавовидные (у дневных бабочек), перистые, гребенчатые. Сложное строение имеют усики самцов шелкопрядов и мешочниц.

Грудь состоит из трех колец, переднегрудь развита слабо, наиболее крупный отдел–среднегрудь. На переспинке помещается пара небольших придатков, они напоминают крыловидные придатки палеозойских насекомых. Ноги, обычно длинные и тонкие, покрыты чешуйками и волосками. Голени несут две пары подвижно сочлененных с ними шпор, передняя голень несет на внутренней стороне своеобразную подвижную подушечку или щеточку для чистки усиков. (Усик протаскивается между голенью и щеточкой). Лапки пятичлениковые, с коготками, у некоторых двух-, трехчлениковые, коготков нет. Лапки, а иногда голени, имеют шипы, систематический признак. Обычно хорошо развиты все четыре крыла, у самок некоторых видов крылья недоразвиты или отсутствуют. Передние и задние крылья отличаются по форме и размерам. Они сцепляются друг с

другом при помощи специальной зацепки («уздечки»). Это хитиновая щетинка или пучок волосков, прикрепленный одним концом на верхней стороне заднего крыла, а другим цепляется за вырост одной из жилок нижней части переднего крыла. Низшие бабочки зацепки не имеют, как и некоторые высшие дневные виды. Жилкование крыльев преимущественно продольное, поперечных жилок очень мало. Жилки наиболее густы в передней части переднего крыла. Такое расположение жилок, также как и сцепление переднего крыла с задним значительно улучшает летательный аппарат бабочек. Именно на крыльях находится наибольшее скопление чешуек характерных для чешуекрылых. Чешуйки – видоизмененные волоски: полые хитиновые мешочки различных размеров и форм. Их наружная поверхность покрыта узкими ребрышками, внутри находится зерно пигмента. Сама чешуйка прозрачная или матовая, окраски не имеет. Ее окраска зависит от находящегося внутри пигмента. Преломление и отражение световых лучей от ребрышек на чешуйках обуславливает особенности окраски многих бабочек: переливы их окраски заметны, если смотреть на бабочку под известным углом.

Среди бабочек широко распространены пахучие органы, запах которых нередко доступен и обонянию человека. Например, репница пахнет резедой, бруквенница – лимонным маслом, сатиры – шоколадом. Не всегда запахи приятны: есть бабочки, пахнущие черными тараканами, заплеснувшей соломой. Пахучие органы расположены в самых разнообразных частях тела и различны по строению. Часто это видоизмененные чешуйки, иногда волоски или пучки волосков. Душистые волоски располагаются на крыльях, ногах и брюшке. Обоняние самцов, находящихся самку по запаху, развито чрезвычайно сильно (самец способен чувствовать запах за сотни метров).

Личинок бабочек называют гусеницами. Их червеобразное тело состоит из головы, трех грудных и десяти брюшных колец. Грудные ноги (три пары) называют истинными ногами. Ложные (брюшные) ноги, до пяти пар, расположены на третьем, четвертом и девятом брюшных кольцах. Брюшные ноги не расчленены, на подошвах несут хитиновые крючки.

Ротовые части гусениц грызущие, усики короткие, трехчленные. Глаза простые, обычно сгруппированные по шесть с обеих сторон головы. Из внутренних органов важное значение имеют две длинные трубчатые паутинные железы. Выделения желез затвердевают в воздухе, образуя паутинную нить. При помощи нити гусеницы свертывают листья, повисают в воздухе, спускаясь с веток, или опутывают себя и ветки паутиной. У некоторых видов выделение паутинных желез идет на построение кокона.

Желудок гусеницы хорошо развит, но лишь немногие гусеницы хищны. Некоторые мелкие экзотические виды живут, питаясь, тлями, воском, шерстью, волосами, листьями и древесиной. Куколка бабочки представлена совершенной формой куколки насекомого: ее наружные покровы образуют твердую оболочку, никаких отверстий, кроме дыхательных, куколка не

имеет. Многие куколки защищены особыми коконами, сплетенными гусеницами из выделений ее паутинных желез. Кокон настолько прочный. У некоторых видов выделяется особая едкая жидкость, разъедающая кокон при выходе из него бабочки.

Яйца бабочек очень разнообразны по форме, обычно окрашены или пятнистые. Жизнь гусеницы продолжается от одного года и более. Бабочка живет недолго. Только у зимующих бабочек жизнь длится около года.

Самцы отличаются от самок более яркой и красивой окраской, иногда наличием на задних крыльях длинных выростов–хвостов. Самки окрашены скромнее самцов и всегда крупнее их. Распространены бабочки по всей Земле. Наиболее многочисленны, как и все растительные насекомые, в тропиках, где встречаются красивые и крупные формы. Всего известно более 80 тысяч бабочек. В пределах Палеарктической области обнаружено около 11 тысяч. На территории бывшего СССР встречается до 12 тысяч видов чешуекрылых. Ископаемые бабочки известны, начиная с третичных отложений. Из других насекомых к бабочкам наиболее близки ручейники, некоторые сетчатокрылые.

Классификация. По особенностям строения крыльев отряд чешуекрылых делится на 2 подотряда: равнокрылых и неравнокрылых чешуекрылых.

Подотряд равнокрылые (низшие чешуекрылые). Homoneura (jugata). Низшие чешуекрылые–сравнительно небогатая видами группа бабочек. Оба крыла имеют одинаковое жилкование, расположенное более или менее равномерно по всей ширине крыла. Сами крылья вытянуто–прямоугольного типа, без зацепок. Ротовые части мало специализированы, длиннохоботка не бывает, соком цветов не питаются.

Семейство Мелкокрылов (Micropterygidae) включает вид: калужница мелкокрылая (micropteryx calthella).

Семейство Эриокраний (Eriocraniidae)– (eriocephala sparmanella). Семейство тонкопрядов (Hepia Lidae), виды: хмелевой тонкопряд (hepiali), новозеландский тонкопряд (zelotypia staceyi).

Подотряд разнокрылые (высшие чешуекрылые). Heteroneura (frenata). К этому подотряду относится подавляющее большинство семейств бабочек. Передние крылья треугольные, жилкование на них полное, задние крылья округленные, жилкование менее густое, обычно есть зацепка. Нижние челюсти образуют хоботок, грызущими ротовые полости не бывают.

Семейство настоящих молей (Ninidae) включает виды: шубную моль (tinea pellionella), мебельная моль (tineola biselliella), ковровая моль (trichophaga tapetiella). Семейство горностаевая моль (Hyponomeutidae), виды: яблонная моль (hyponomeuta padellus), плодовая моль (hyponomeuta padellus). Семейство стеклянниц (Aegeriidae), виды: стеклянница пчеловидная (aegeria ariformis), малинная стеклянница (bembecia

hylaeiformis). Семейство листоверток (Tortricidae): дубовая листовертка (totrix viridana), виноградная листовертка (sparganothis pilleriana) и другие семейства: Мешочницы (мешконосы) — Psychidae Эпипиропиды — Epiryropidae Слизнячек — Cochliidiidae Гамачницы — Mamallonidae Пестрянки — Zygaenidae Огневки — Pyralididae Булавоусые — Phopalocera Шелкопряды — Bombycidae Бражницы — Sphingidae Пяденицы — Gcometridae

Классификация насекомых:

Подкласс скрытночелюстных—отряды: Бессяжковые, ногохвостки и двуххвостки, все виды обитают в почве, подстилке и реже в травостое.

Подкласс отрыточелюстных—настоящие насекомые: отряды: Щетинкохвостики, Прямокрылые (кузнечики), Термиты, Тараканы, Стрекозы, Поденки, Равнокрылые, Клопы—полужесткокрылые, Вши, Ручейники, Чешуекрылые—бабочки. Жесткокрылые— жуки, Блохи, Перепончатокрылые, двукрылые (15 отрядов).

4.7. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОГО МИРА

Первый этап родословного дерева образован царством Protozoa, в котором обнаруживается отчетливая тенденция к переходу в многоклеточное состояние (многоядерность, образование колоний) и увеличение в связи с этим продолжительности индивидуальной жизни — онтогенеза.

Предполагается, что именно Mastigophora (жгутиконосцы) осуществили переход к многоклеточности, тем самым повысив устойчивость и равномерность скоростей биогенных кругооборотов веществ в биосфере.

Низшие Metazoa дали тупиковую ветвь губок, т.к. у них не дифференцированы ткани, нет нервной системы. А Coclenterata (кишечнополостные) и Stenophora (гребневики) образуют новый раздел Radiata, (симметрия радиальная, характеризующийся наличием 2-х зародышевых листков т.е. генетически закрепленной дифференцировки тканей приводящей к усложнению системы. Кишечнополостные — сидячий образ жизни. Гребневики — плавание с помощью ресничек.

Следующий уровень раздел Bilateria — билатеральная симметрия тела, произошли от предков Radiata — ползающих, и характеризуются 3 — мя зародышевыми листками: экто, эндо и мезодермы.

Низшие билатеральные — плоские черви, характеризуются централизацией нервной системы: головной мозг, разделение осморегулирующей и выделительной системы. Общий признак — отсутствие вторичной полости тела — целома.

Дальше развитие идет по пути образования вторичной полости тела – целом – Coelomata – вторичнополостные.

Высшие билатеральные представлены как сегментированным так несегментированным строением вторичной полости (Mollusca). Основная черта, развитие вторичной полости тела в кровеносную систему и превращение протонефридиев в метанефридии, открывающихся в целом. Образование целомодуктов – коротких мезодермальных каналов, открывающиеся одним концом наружу, другим в целом, прототипы половых протоков.

Тип членистоногих и моллюсков берут начало от кольчатых червей – вторичнополостных.

От первичных (Coelmata) вторичнополостных полисегментированных животных произошли и хордовые животные (типа рыб, лацетника) давших начало эволюции позвоночных животных.

Зоология позвоночных

Зоология позвоночных в отличие от зоологии беспозвоночных охватывает значительно меньшее число видов, объединяемых всего лишь в один тип хордовых животных. Все они характеризуются следующими основными признаками:

- 1) на ранних стадиях развития или в течение всей жизни имеется осевой скелет в виде спинной струны, или хорды, представленной шнуром из клеток, обычно вакуолизированных и одетых эластичной оболочкой;
- 2) в переднем отделе пищеварительного канала расположены жаберные щели, посредством которых полость глотки сообщается с наружной средой. Подобно хорде жаберные щели имеются или в течение всей жизни или только в зародышевом состоянии;
- 3) нервная система в виде трубки находится на спинной стороне тела над хордой;
- 4) сердце, если есть, закладывается под пищеварительным каналом на брюшной стороне животного.

Тип хордовых состоит из четырёх подтипов: полухордовых, личиночно-хордовых или оболочников, бесчерепных или головохордовых, а также позвоночных или черепных.

К подтипу полухордовых принадлежат очень мелкие морские животные червеобразной формы, представленные небольшим количеством форм и относящиеся к двум классам: кишечнодышащих и перистожаберных.

Представители подтипа личиночно-хордовых, или оболочников во взрослом состоянии совершенно не похожи на хордовых, но их личинки обнаруживают явные признаки типа. Живут в морях.

Подтип бесчерепных или головохордовых (хорда достигает переднего конца тела) насчитывает всего около 20 видов морских мелких животных, среди которых наиболее известен ланцетник.

Подтип позвоночных или черепных животных объединяет огромное число видов и таксонов разного ранга. Бесчелюстные и челюстные, анамнии и амниоты, четвероногие и ящерообразные и 7 классов: круглоротых, хрящевых рыб, костных рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих.

Помимо общих признаков хордовых для позвоночных типичны следующие черты организации: расчленение тела на голову, туловище (с полостью тела) и хвост. Хорда, всегда закладывающаяся у эмбриона, в большей или меньшей части вытесняется позвоночником, берущим на себя функцию осевого скелета. Позвонки охватывают спинной мозг и главные кровеносные сосуды дугами; к ним же причленяются рёбра. Передний конец осевого скелета преобразован в череп, включающий черепную коробку, или нейрокраниум, внутри которой находится головной мозг из пяти отделов и висцеральную часть, служащую опорой для головной кишки. Нейрокраниум защищает также парные глаза, органы обоняния и лабиринт. У анамний-10, у амниот-12 головных нервов. Пищеварительный тракт расчленяется на головную и туловищную кишку. Развиты сложные органы дыхания и почки. Замкнутая кровеносная система с вентральным многокамерным сердцем, 4-7 артериальными дугами и воротной системой. Красные кровяные тельца (эритроциты) содержат гемоглобин. Селезёнка-орган кроветворения и депо крови. Гонады расположены дорсально в стенке целома; сперматозоиды выводятся через вольфов канал, служащий у анамний мочеточником и семяпроводом, мюллеров канал становится яйцеводом. Исходно мочеполовые протоки и задняя кишка открываются в клоаку. Покровы включают многослойный эпидермис с кожными железами и соединительнотканную дерму. Гормональная система имеет типичный набор эндокринных желез.

Класс круглоротые

Сюда относятся наиболее примитивные из позвоночных, имеющих непарный носовой мешок, жаберный скелет представлен в виде коробки, хорда сохраняется в течение всей жизни, отсутствуют челюсти, парные конечности, воротная система почек и перекрест зрительных нервов. Современные круглоротые делятся на два отряда: миксины - морские формы, паразитирующие на рыбах; миноги - морские и пресноводные формы.

Минога в своём развитии проходит стадию слепой личинки - фильтратора (пескоройки) живущей в песке, как ланцетник. В период метаморфоза к эктопаразитической взрослой особи у неё из эмбриональных рудиментов развиваются типичные для позвоночных глаза. Для миног характерны семь пар жаберных отверстий и одна непарная ноздря. Рот вооружён эпидермальными зубами. Обитают миноги не только в морях, но и в реках многих континентов. В Европе, Японии, Северной Азии (в том числе и Западной Сибири) встречаются речная и ручьевая миноги. Личинки живут в стадии пескоройки 3-4 года, а затем в течение нескольких недель превращается во взрослую форму.

Класс хрящевые рыбы. Рыбы, как все позвоночные, относятся к группе челюстноротых. Челюсть образовалась из третьей пары висцеральных дуг, первоначальное значение которых заключалось в фиксации передней дыхательной части кишечного канала. Для активно питавшихся рыбообразных, предков настоящих рыб приобретение хватательного аппарата повысило жизнедеятельность в связи с большей трансформацией энергии. Появившись, челюсти сохраняются у всех позвоночных животных, специализируясь соответственно приспособлениям к способу добывания и виду пищи. У рыб появляются и другие особенности прогрессивного характера: наличие парных конечностей, более сложный головной мозг, три полукружных канала в слуховом лабиринте, два носовых отверстия, а у рыб дышащих жабрами, жабры эктодермального происхождения и расчленённые

жаберные дуги. Из всех организмов, живущих в воде, рыбы являются наиболее приспособленными к движению в этой среде. Что позволило им ,расселиться в гидросфере и эволюционировать в течение всей геологической истории земли, начиная с силура и до наших дней, а так же конкурировать с другими обитателями водоёмов. Для дальнейшей эволюции позвоночным необходим выход из воды на сушу. У некоторых рыб можно видеть начало развития тех приспособлений, которые были необходимы для выхода на сушу как со стороны органов движения, так дыхания и кровообращения.

Основное деление рыб - на хрящевых и костных – своеобразные эволюционные ступени: хрящевой скелет является более примитивным и в филогении рыб предшествует костному. К хрящевым рыбам относятся акулы, скаты и цельноголовые, или химеры. Все они обитатели морей и океанов. Глотка акул и скатов пронизана 5-7 жаберными щелями, причём первая из них рудиментарна, образует брызгальце. Рот находится на нижней стороне рыла. Плавательного пузыря нет. Кожа несёт плакоидные чешуи (кожные зубы). Акулы откладывают крупные богатые желтком яйца с роговой оболочкой или живородящи. В любом случае им необходимо внутреннее оплодотворение, для чего часть брюшного плавника самца преобразована в пенис. У акул развиты обонятельные доли переднего мозга, имеются рецепторы восприятия электрических полей и высокодифференцированная система органов боковой линии.

Класс костные рыбы. Основным отличием костных от хрящевых рыб является редукция хрящевого внутреннего скелета и замена костным. В коже рыб появляются мезодермальные кожные чешуи. В плавниках роговые лучи сменяются костными, развивающимися из чешуи. Рот конечный. Жабр, прикрытых жаберными крышками, 4 пары. Класс костных рыб включает в себя два подкласса. Подкласс Лучепёрые рыбы, в который входят отряды многопёрых, хрящевых ганоидов, костных ганоидов и костных рыб. Подкласс Лопастопёрых рыб включает отряды кистеперых и двоякодышащих. Представители отряда многоперых рыб являются эндемиками рек Африки, а костных ганоидов - Северной Америки (ганоидная щука). У хрящевых и костных ганоидов, доживших до нашего времени потомков древних форм, крупные чешуи покрыты эмалеподобным слоем ганоина. К ним относятся осетровые рыбы. Высоко ценится икра осетровых рыб, идущих на нерест из моря в реки. Нерест происходит весной, выметав икру, рыбы уходят обратно в море. Так, белуга весом 1120 кг даёт более 300 кг икры. Стерлядь является пресноводной формой, как и сибирский осётр являются представителями сибирской ихтиофауны. Костные рыбы (около 15000 современных видов) доминируют с мезозоя во всех типах водоёмов и имеют большое значение для человека. В водоёмах Западной Сибири обитает небольшая их часть. Из карпообразных: вьюн, карп, сазан, язь, елец, чебак, карась, плотва, лещ, линь, пескарь. Щукообразные представлены одним видом щуки, окунеобразные: окунь,

ёрш, судак. Из трескообразных встречается налим, из лососевых можно назвать хариуса, тайменя (обитателей горных рек и ручьёв), нельму, муксуна и сырка, а из сельдевых - сибирского эндемика сосьвинскую сельдь.

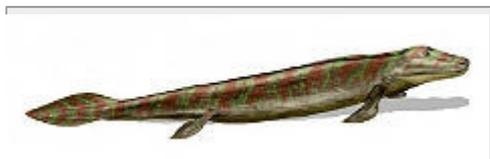
Двоякодышащие рыбы представлены всего тремя родами в реках Австралии и Африки. Рыбы способны пережить период высыхания водоёма, так как кроме жабр имеют парные или непарные выросты передней кишки, ячеистая поверхность которых служит им дополнительным органом воздушного дыхания. Псевдолёгкие гомологичны лёгким наземных позвоночных и плавательным пузырям рыб. То, что у костных рыб плавательный пузырь представляет собой не орган дыхания, а в основном гидростатический аппарат, результат вторичного преобразования предковых лёгких. Связь плавательного пузыря с передней кишкой (воздушный канал) сохраняется у двоякодышащих и у ряда пресноводных костных рыб например, у карповых.

К боковой ветви кистеперых принадлежат отловленные, начиная с 1939 г., у восточных берегов Южной Африки латимерии, мелании и др. Близкие родичи этих «живых ископаемых» жили в палеозое и в раннем триасе. Кистеперые ближе всех других рыб к наземным позвоночным, прежде всего по строению своих парных плавников. Вероятно, из аналогичного многолучевого плавника в ходе эволюции появилась пятипалая конечность наземных форм. Как у кистеперых, так и у двоякодышащих, имелись и другие предпосылки для перехода к наземной жизни, осуществлённого

земноводными. Например, носовая и ротовая полости хоановых рыб связаны с хоанами, что позволяет воздуху поступать в лёгкие.

Рыбы появились около 400 млн. лет назад. Их появление совпадает со временем, последовавшим с высочайшим поднятием гор на границе кембрийской эпохи. Поднятие суши изменило во многих местах ландшафт и сделало стоячие или медленно текущие до тех пор воды быстро текущими. Особенно важным адаптивным свойством являлась способность к активному движению или способность удержаться на дне с помощью присоски. Это были специализированные представители бесчелюстных, приспособившиеся к жизни на дне. Они известны из верхнего силура и девонских отложений. Около 350 миллионов лет назад - самые смелые особи стали осваивать сушу. У ученых нет единого мнения, зачем рыбам понадобилось менять место жительства: по одной версии, водоемы, где они обитали, начали высыхать из-за жаркого климата; по другой, первопроходцы обнаружили, что на земле, в отличие от океана, полно еды и нет никакой конкуренции; по третьей, роль сыграли оба эти фактора. Рыбы сменили жабры на легкие, научились ходить на четырех конечностях и даже летать и создали на суше такую конкуренцию, которая обитателям океана и не снилась. Первые подозрения, что в реальности все обстояло куда сложнее, чем на страницах учебников, появились у исследователей после того, как были тщательно изучены сохранившиеся останки "промежуточных" существ - уже не рыб, но еще не полноценных наземных четвероногих. Никакие эволюционные переходы не

осуществляются с первой попытки: так как живые существа "не знают", в какую сторону им развиваться, любые изменения происходят несколько раз, причем параллельно у разных групп организмов. На сегодняшний день ученым известно несколько ископаемых животных, которые самостоятельно пытались сменить надоевший рыбий облик на что-то более современное.



Один из примеров "нетипичных" рыб - лопастоперые рыбы рода *Eusthenopteron*, обитавшие на Земле около 385 миллионов лет назад. В анатомии этих существ сочетались как примитивные черты, характерные для рыб, так и более продвинутые особенности. Внимательное изучение плавников *Eusthenopteron* показало, что они были совершенно бесполезны для передвижения по твердой поверхности, хотя их кости уже начали изменяться. В 2004 году на севере Канады был найден скелет лопастоперой рыбы вида *Tiktaalik roseae*. Несмотря на то что это существо, обитавшее на планете около 375 миллионов лет назад, предпочитало водный образ жизни, его плавники, ребра и шея были устроены практически так же, как у наземных животных. Многие ученые полагают, что необычные плавники были нужны *Tiktaalik roseae* совсем не для того, чтобы попытаться вылезти на сушу, а для лучшего маневрирования в воде. Уже потом эти изменения могли пригодиться первопроходцам материков, но тот факт, что хотя бы у части организмов зачатки лап появились еще до того, как они собрались покорять новые земли, заметно усложняет сложившуюся эволюционную картину. Новый удар по удобной и понятной гипотезе о выходе рыб на сушу нанесло существо, от которого меньше всего ждали подвоха.

Ихтиостега всегда была излюбленным объектом палеонтологов - не в последнюю очередь потому, что хорошо сохранилась: в общей сложности, ученые обнаружили около 300 останков. Многие из них неполны или повреждены, однако в целом из найденных костей вполне можно собрать целый скелет. Именно этим решила заняться группа исследователей из Кембриджского университета и Королевского ветеринарного колледжа Великобритании. Ученые складывали скелет из отдельных костей не в буквальном смысле - так как многие останки за миллионы лет намертво слились с окружающей их каменной породой, специалисты использовали метод компьютерной томографии. Из полученных изображений различных

частей тела ихтиостеги исследователи выбирали лучшие, а затем соединяли их друг с другом. В итоге исследователям под руководством Джона Хатчинсона (John Hutchinson) удалось воссоздать скелет ихтиостеги целиком. Вывод ученых оказался неутешительным: перемещаться по земле так же, как, например, саламандра, животное физически не могло. Особенности суставов, при помощи которых передние и задние конечности соединяются с туловищем, позволяли ихтиостеге двигать лапами только вперед-назад и вверх-вниз, а вот вращать конечности вдоль их длинной оси она не могла. Хатчинсон и коллеги пришли к выводу, что ихтиостега передвигалась, опираясь на передние конечности, как на костыли, и подтягивая к ним остальное туловище. Истоки ходьбы нашли под водой.

Ученые обнаружили, что умение ходить у живых организмов появилось задолго до того, как они вышли на сушу. [Статья](#) исследователей появилась в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Объектом исследования выступали африканские двоякодышащие протоптеры *Protopterus annectens*. Ученые поместили взрослую особь в аквариум и наблюдали ее с помощью нескольких высокоскоростных камер. В результате исследователям удалось установить биомеханику движения. Как и подозревали ученые раньше - плавники протоптера непригодны для плавания (*P. annectens* движется всем телом как угорь), однако рыба использует их для того, чтобы отталкиваться от дна. При этом есть два основных характера движения - "ходьба" (когда протоптер двигает плавниками по очереди) и "прыжки" (когда рыба отталкивается парами плавников одновременно). По словам ученых, новые результаты заставляют пересмотреть эволюцию механики передвижения живых организмов. В частности, исследователи полагают, что древние рыбы девонского периода (416-360 миллионов лет назад) также могли использовать для передвижения подобную технику. Из этого, в частности, вытекает, что обнаруженные окаменелые следы, которые приписывают наземным живым организмам, могут принадлежать рыбам.

В палеозое существовали формы рыб, близкие к акулам, но с более примитивными чертами. Эти формы могли дать начало и настоящим акулам, от которых затем произошли скаты путём приспособления к донному образу жизни, и костным рыбам. Акулы и скаты представляют группу весьма древних рыб, сохранивших ещё многие черты своих палеозойских предков, приспособившихся к определённым условиям существования и потому

процветающих по наше время. Но дальше они не эволюционировали, так как не развил никаких признаков, поднимающих их общую жизненную энергию на более высокую ступень. Главное – это то, что жаберное дыхание осталось у них на той же ступени развития, на которой оно было у их палеозойских предков: отсутствие жаберной крышки, межжаберные перегородки, несовершенная жаберная решётка.

По другому пути пошло развитие костных рыб. Эта группа обильно представлена уже в девоне. Условия существования в силуре были весьма неустойчивыми, что ставило рыб в новые условия существования, вызывало мутационные изменения, усиливало борьбу за существование и действие отбора, способствовало эволюции одних и гибели других. Всё это происходило в пресных водах, в море в те времена рыбы ещё не вышли, так как они были ещё не совершенны, чтобы конкурировать с головоногими моллюсками и другими беспозвоночными хищниками. В это время у примитивных костных рыб под плакоидной чешуёй развиваются метамерно расположенные ромбические чешуи, из которых затем образовались на голове покровные кости. Вместо хрящевых челюстей вокруг рта развивались кости, несущие зубы. Роговые лучи плавников заменились костными. Жаберные щели прикрылись крышечным аппаратом, появились лучи жаберной перепонки. Межжаберные перегородки стали редуцироваться, число жаберных щелей сократилось, и из задней пары жаберных ответвлений образовался плавательный пузырь, игравший, вероятно, первоначально роль

дополнительного дыхательного органа. Все эти преобразования поднимали организм на большую функциональную высоту, давали возможность шире распространяться, изменяться к новым условиям. От примитивных костных рыб, вероятно, рано ответвились хрящевые ганоиды. Их можно считать неудачным шагом эволюции. Они сохранили много признаков своих акулоподобных предков: хрящевой скелет, рострум, палатоквадратный симфиз, примитивные плавники, гетероцеркальный хвост. Кость у них только начала развиваться, жаберный аппарат не достиг совершенства, перегородки между жаберными щелями не вполне редуцировались. Эта группа дотянула до наших дней благодаря высокой плодовитости и другим адаптациям, но не процветает.

Доминирующим типом становятся костные рыбы, которые завоёвывают первенство благодаря тому, что у них развивается целый ряд прогрессивных признаков: значительно совершенствуется жаберный аппарат, развивается всасывающий насос, совершенствуется жаберная решётка. Повышение интенсивности дыхательного процесса влечёт за собой повышение активности движения. Длинные отростки позвонков дают лучшую опору мускулам. Гидростатический аппарат – плавательный пузырь именно у костных приобретает своё оптимальное значение. Благодаря этим чертам костные рыбы широко распространяются как в пресных водах, так и в море, приспособились к самым разнообразным условиям жизни, давая большое разнообразие адаптивных форм.

Класс амфибий или земноводные

Земноводные являются древнейшими из наземных позвоночных, развивавшимися в девоне, по-видимому, из кистеперых рыб. До начала мезозоя преобладали различные лабиринтодонты (некоторые достигали размеров крокодила), названные так из-за особой структуры зубов. Встречающиеся в наше время хвостатые, безногие и бесхвостые амфибии столь различны, что их возникновение от общего предка маловероятно. Следует отметить особый вид специализации червяг амфибий. Они слепые живут как дождевые черви во влажной почве тропиков. Их конечности вторично редуцированы (конвергенция со змеями). Общими признаками, характерными для хвостатых и бесхвостных амфибий, можно считать: личиночное развитие с жаберным дыханием в пресной воде (головастики лягушек), метаморфоз во взрослую форму, дышащую лёгкими, пятипалая конечность; суставное сочленение между черепом и первым шейным позвонком (атлантом) с двумя мышечками; кожа влажная, богатая железами (в противоположность пресмыкающимся); температура тела непостоянная; прочная связь тазового пояса с крестцовыми позвонками (в отличие от рыб).

С рыбами их сближает ряд существенных признаков: в сердце имеется артериальный конус, артериальные дуги отходят от брюшного артериального ствола симметрично, хотя часть из них исчезает, сердце трёхкамерное и сходно с таковым двоякодышащих, жаберные дуги ещё несут жабры, если не

во взрослом, то в личиночном состоянии. Сохраняются в течение водного периода жизни органы чувств системы боковой линии; нет зародышевых оболочек. Доказательством происхождения амфибий от рыбообразных предков является их местообитание. Живут в воде или во влажных местах у воды. Тропические леса с их жарким, но сырым климатом и болотами являются главным местом обитания амфибий. В период размножения все земноводные, за немногим исключением, идут в воду (река, озеро, болото или лужа в дупле, у основания листа и т.д.), как это бывает в девственных лесах тропических частей Южной Америки, Азии и Африки. На суше эти животные выбирают места сырые, закрытые, недоступные лучам солнца, ведут большей частью ночной образ жизни, днём прячась в укрытиях. В тех случаях, когда они встречаются в сухих или пустынных местностях, развивают приспособления, дающие им возможность избегать неблагоприятных для них условий. Три отряда амфибий (бесхвостые, хвостатые и безногие) хорошо ограничены друг от друга и не связаны между собой переходами. Связь можно проследить через ископаемого подкласса амфибий - стегоцефал (покрытоголовых). Они дали начало современным амфибиям и рептилиям, примерно 320 млн. лет назад. В настоящее время насчитывается около 1000 видов ныне живущих земноводных, в России их не более 35. Условия существования в водной и воздушной среде во многом различны. Новые обстоятельства нашли своё отражение в тех изменениях, которые произошли в теле позвоночных при выходе на сушу. Дыхание

сменилось с жаберного на лёгочное. Что привело к перестройке кровеносной системы. В дополнение к ранее существовавшему большому кругу кровообращения (сердце- тело - сердце) возник малый (сердце - лёгкие - сердце), что усложнило функции и строение сердца. Если у рыб через сердце проходил только один поток венозной крови, то у земноводных их проходит два венозный и артериальный. Появление двух предсердий представляет собой морфологическое отражение физиологических изменений. Несовершенство лёгких сделало кожное дыхание у большинства амфибий необычайно важным. Заметно изменилась кровь: количество её по отношению к весу тела взрослого (у лягушки 3-7%, у рыб 1-2%), установилась более постоянная формула крови, увеличились размеры форменных элементов (поперечных эритроцитов земноводных 18-70, у рыб 7-27), число их уменьшилось (у протей 36000 на мм³ крови, а у карпа 1,9-3,06 млн.). Остатки жаберного скелета, меняя функцию, получают у амфибий значение подъязычного аппарата, что позволило голове приобрести подвижность, за счёт возникновения шеи, первые позвонки не входят в состав затылочной части черепа, как у рыб.

Эволюция разных органов совершается в филогенезе не одинаковыми темпами. Лёгкие земноводных, изменились медленнее потребности животного в кислороде. У лягушек дыхательная поверхность их относится к поверхности кожи примерно как 2:3, тогда как у млекопитающих она в десятки раз больше, и потому им на помощь пришло кожное дыхание.

Последнее мыслимо только при влажной коже, что вызывает у амфибий прогрессирующую утрату чешуй в филогенезе и усиленное развитие слизистых желез, которые дополнительно выполняют функцию механической и биологической защиты. Кожа становится органом водного обмена, земноводные никогда не пьют ртом, а пополняют запас воды погружением своего тела в неё или «купанием» в росе. В связи с этим кожа получила особые свойства избирательной проницаемости к жидкости, газам и другим веществам, а также значение фоторецептора. Такая биологическая нагрузка неизбежно должна вызвать быстрый износ. Вероятно, частые вынужденные регенерации кожи на травмированных местах были исходным материалом, из которого развилось явление линьки. Не менее интересна также перестройка органов чувств. Плотность воды обеспечивает передачу звука непосредственно через хрящ или кость на внутреннее ухо. С выходом на воздух, в дополнение к нему появляется среднее ухо, развивающееся за счёт использования ненужного больше брызгальца, затянувшегося барабанной перепонкой. Из материала ушной капсулы ещё в онтогенезе отделяется звукопроводящий аппарат, гомологичный подъязычной кости рыбообразных. В связи с выходом на сушу впервые появляются железы ротовой полости. Возможность высыхания, загрязнения и повреждения роговицы в наземных условиях привели и к возникновению век и слезных желез. Появление же хоан (характерный признак воздушно - дышащих животных) оказалось важным и для дыхания, и для сохранения влажности

слизистой оболочки рта, которая могла пострадать, если бы дыхание шло через открытый рот. Перестройка органов чувств, как и других, не могла не вызвать существенных изменений в нервной системе амфибий: передний мозг имеет сравнительно крупные размеры, а его полушария полностью отделены друг от друга. Появляется настоящий мозговой свод. Средний мозг начинает терять значение зрительного центра. Мозжечок развит слабо. Как примитивный признак нужно отметить то, что изгибы головного мозга почти не выражены.

Класс современных земноводных представлен тремя отрядами: безногих, хвостатых и бесхвостых, из которых на территории Западной Сибири обитают лишь немногие виды (не более 6) из двух лишь таксонов. Такая бедность фауны объясняется суровостью климата региона, где эти животные большую часть своей жизни вынуждены проводить в состоянии спячки, спасаясь от холодов. Единственный представитель хвостатых амфибий – сибирский углозуб распространён по всей Сибири. Общая длина взрослых особей достигает 13 см. Окраска серо-коричневая. Излюбленными местами обитания являются поймы крупных рек. Икра заключена в продолговатые прозрачные мешки длиной около 15 см. Из бесхвостых на территории Западной Сибири встречаются два вида жаб и три вида лягушек. Серая или обыкновенная жаба обнаруживается под корнями деревьев, в пещерах, норах поблизости грызунов, у деревенских строений, в горах на высоте 3000 м и т.п. Питается жуками, муравьями, пауками, многоножками, слизнями,

дождевыми червями и другими беспозвоночными. Икрометание в апреле-мае. Шнуры икры от 3 до 5 м. Одна самка кладёт до 6840 икринок. Метаморфоз длится 77-91 день. Длина тела взрослых до 200 мм. Половозрелости достигают на четвёртый год жизни. Зимует на суше. В то время как этот вид связан с полосой лесов и тайги, значительно меньшая по размерам (до 140 мм.) зелёная жаба встречается в сухих местностях.

Наиболее обычны и местами многочисленны наземные лягушки, которые имеют резонаторы, скрытые под кожей, и окрашены в коричневые, серые или тёмные тона. Кроме того, у них есть тёмное «височное» пятно, идущее от заднего края глаза через барабанную перепонку почти до плеча. Типичным представлением их можно считать травяную лягушку, распространённую от Франции до Сахалина включительно, заходя на север в ряде мест, до пределов континента, в горы поднимаясь до 3000 м. Встречаются в лесах, рощах, среди кустарников. Активны в сумерках. Икрометание ранней весной, почти после пробуждения. Половозрелости достигает на третий год жизни. Большая часть животных зимует под водой, другие – в земле. Эндемиком региона является сибирская лягушка. На сырых лугах, по опушкам, полям и т.п. держится обыкновенная лягушка.

Класс пресмыкающиеся или рептилии. Пресмыкающиеся, эволюционировали от примитивных стегоцефалов в верхне-каменноугольное или нижне-пермское время, освоивших сухие станции. Произошло развитие

рогового слоя кожи, что обусловило почти полное исчезновение кожных желез и кожного дыхания. Переход взрослых особей к наземному образу жизни привёл к исчезновению наружного оплодотворения и развитию как плотных, часто пропитанных известью, так и особых зародышевых образований: амниона, яйца, аллантоиса. Подобная перестройка организации позволила им не только занять все сухие станции, но уже в пермское время начать интенсивную конкуренцию с земноводными. Юра и нижний мел представляют собой время господства пресмыкающихся – динозавров, которые господствовали на земле в течении 150 миллионов лет. Катастрофическое падение гигантского метеорита в Мексиканском заливе привело к вымиранию динозавров. Начало кайнозоя отмечено отсутствием господствующих групп рептилий и адаптивной радиацией млекопитающих.

Современные пресмыкающиеся подразделяются на пять отрядов:

1. Черепахи (болотная, степная, морские).
2. Клювоголовые -древняя реликтовая форма из Новой Зеландии.
3. Крокодилы (аллигаторы, кайманы).
4. Ящерицы (прыткая и живородящая, игуаны, вараны, хамелеоны, гекконы).
5. Змеи (ужи, гадюки, удавы, питоны).

Основные отличия современных рептилий от земноводных – сухая кожа и отсутствие водной личинки, а более подробно они характеризуются следующими признаками:

- 1) череп сочленяется с позвоночником одним затылочным мыщелком;
- 2) нижняя челюсть образована несколькими костями и сочленяется с черепом посредством квадратной кости;

- 3) имеется слуховая косточка, входящая в овальное окно;
- 4) конечности в основе наземного, пятипалого типа, но могут внешне превращаться в лапы или редуцироваться;
- 5) подъязычный нерв является черепным;
- 6) ребра формируют истинную грудину;
- 7) подвздошно-крестцовое сочленение лежит сзади вертлужной впадины;
- 8) поверхность тела почти совершенно лишена желез и покрыта чешуёй или щитками;
- 9) температура тела переменная (пойкилотермные);
- 10) эритроциты имеют ядра и овальные;
- 11) сердце состоит из двух предсердий и одного желудочка, не вполне разделённого на две части;
- 12) две дуги аорты;
- 13) дыхание лёгочное, жабры полностью отсутствуют;
- 14) кожный орган водного чувства «боковая линия» полностью исчез;
- 15) почки метанефрические (вторичные).
- 16) всегда имеется типичная клоака;
- 17) яйца
- 18) оплодотворение внутреннее, всегда с помощью копулятивного органа;
- 19) в онтогенезе формируется амнион и аллантоис.

Появление истинной грудины позволило рептилиям, птицам и млекопитающим развить новый тип дыхания при посредстве ритмических движений грудной клетки. Строение мягких органов, равно как и способ размножения ископаемых остаются нам в большинстве случаев неизвестными. Поэтому разграничение вымерших пресмыкающихся и древних амфибий подчас затруднительно.

Наиболее развитыми органами чувств у рептилий являются глаза. Как у форм вполне наземных, у них хорошо развиты веки. У змей верхние и нижние веки срастаются между собой и прозрачны над глазом. Они защищают подвижное глазное яблоко спереди. Между яблоком и прозрачными веками находится слезная жидкость, стекающая в носовую

полость через широкий канал во внутреннем углу глаза. У других рептилий более развито нижнее веко, которое может прикрывать всё глазное яблоко. У большинства ящериц, у крокодилов и черепах имеется ещё «мигательная перепонка», надвигающаяся на глаз из переднего его угла.

Из всего разнообразия современных пресмыкающихся на территории Западной Сибири обитают лишь пять видов: прыткая ящерица, обыкновенный уж и палласов щитомордник встречаются по её южной окраине. Далеко на север проникают лишь обыкновенная гадюка и живородящая ящерица, которая держится в хвойных и лиственных лесах, на лугах и болотах. В горах поднимается до 3 км. Длина тела достигает 7 см. Хорошо плавает. Питается разнообразными беспозвоночными. Пробуждается от спячки в апреле-мае. Примерно через 3 месяца после спаривания рождаются до 12 молодых, общая длина тела которых составляет 34-42 мм. Половозрелость животных наступает на 3-м году жизни. Уходит на зимовку в конце августа - в сентябре. Прыткая ящерица более крупных размеров (длина тела до 11 см.). Самцы в брачное время зелёные, а самки бурые или коричневые. Предпочитает сухие, солнечные места. Хорошо лазает. Пробуждается в конце апреля, после чего следует линька и спаривание. В кладке бывает до 15 яиц, размером 12-18x7-10мм. Развитие длится около 56 дней. Ведут оседлый образ жизни, используя в качестве убежищ норы млекопитающих или вырывая собственные. Обыкновенная гадюка характерна для смешанных лесов, болотистых мест, боров и

лиственных лесов. Питается мышевидными грызунами, реже ящерицами и насекомыми. В августе-сентябре рождает до 18 молодых. Зимует под землёй, часто группами. Общая длина может достигать 80-90 см. Окраска тела разнообразная от серых и рыжих тонов до чёрных. Щитомордник населяет зоны южной тайги и степей. Общая длина достигает 75 см. Питается преимущественно мелкими грызунами. В июле – сентябре рождается 3-10 молодых. Обыкновенный уж обычно связан с водой и придерживается рек, озёр, прудов и других водоёмов. Удаляется от воды весной и осенью. Характерно наличие по бокам головы животного по одному светлому (от белого до оранжевого) пятну, хотя встречаются и сплошь чёрные особи. Питается преимущественно земноводными, мышевидными и рыбой. В июле – августе в навозе, под опавшие листья или в сырой мох откладывает до 30 яиц, длина которых составляет 25-38 мм, а ширина 12-22. Инкубация длится около 2 месяцев. Зимуют в норах млекопитающих или под корнями деревьев.

Класс птицы. Птицы относительно молодой класс позвоночных, развивавшийся из рептилий во второй половине мезозойской эры, потомки динозавров. «Промежуточным звеном» является известный из юрского периода археоптерикс, «первоптица», обнаруженная всего в пяти экземплярах и соединяющая в себе признаки обоих классов. От рептилий у него длинный хвост (20-21 позвонков), челюсть с зубами, брюшные «рёбра»,

не полностью сросшиеся косточки пястья, пальцы крыла с костями, маленький мозг. Перья, ключицы, сросшиеся в «вилочку», направленный назад первый палец на ноге, частично полые кости являются птичьими признаками ископаемого. Археоптерикс, вероятно, передвигался по земле скачками, балансируя крыльями и используя их для ловли насекомых. К настоящему полёту птицы могли перейти как от прыжков с земли, так и от планирования с деревьев. Не летающие бегающие птицы (киви, нанду, страусы) в систематическом отношении неоднородны. Их следует рассматривать как сборную группу, появившуюся от способных к полёту предков. В противоположность к ним очень богата формами эволюционно прогрессивная группа килегрудых птиц. Киль на груди служит для прикрепления обеспечивающей полёт мускулатуры. Воробьиные – самая богатая видами группа. Гомойотермия позволила птицам освободить недоступные для рептилий зоны с холодным климатом (полярные области, высокогорья). В целом же оба класса зауропсид (ящерообразных) настолько близки между собой, что птиц можно считать теплокровными динозаврами. Некоторые общие признаки современных птиц следующие: гомойотермные, оперённые амниоты, передние конечности преобразованы в крылья, межпредплюсневый пяточный сустав, редукция хвоста, полые кости, беззубые челюсти, вытянутые в одетый роговым покровом клюв, один затылочный мышцелок. Система крови: полностью разделены артериальная и венозная кровь, сохранена одна дуга аорты, сердце четырёхкамерное. В коже

осталась копчиковая железа, крупные яйца с белковой и известковой оболочками. Мощное развитие базальных ганглиев переднего мозга. Глаза птиц устроены совершенно, что обуславливает их острое зрение. Аккомодация достигается не только передвижением хрусталика, но и изменением его кривизны. Имеются нижние и верхние веки, а так же мигательная перепонка. После совершенного приспособления птиц к полёту началось вторичное приспособление птиц к жизни в других условиях со вторичной утратой способности летать. Ещё позднее происходит видоизменение переднего отдела черепа в роговой клюв и уничтожение зубов. Птицы мелового периода уже приспособились к разным средам обитания, но всё ещё сохраняют у большинства видов настоящие зубы на челюстях.

- 1) В настоящее время земной шар населяют 8600 видов птиц, из которых основная часть приходится на тропические и субтропические страны. На территории Западной Сибири установлено обитание 400 видов, причём характер пребывания их здесь следующий: перелётных-293, случайно-залётных-41, пролётных-5 и оседло-кочевых-62.

В систематическом отношении орнитофауну нашего региона составляют представители 17 отрядов: гагарообразные-3, поганкообразные-4, голенастые-9, гусеобразные-40, соколообразные-31, курообразные-8, журавлеобразные-15, ржанкообразные-11, голубеобразные-7, кукушкообразные-2, совообразные-11, козодоеобразные-1, ракшеобразные-4, стрижеобразные-3, дятлообразные-7 и воробьиные-154. Отряды козодоеобразных, ракшеобразных и стрижеобразных в нашей фауне очень

бедны (не более 1-2 вида в каждом), поэтому ограничимся лишь их упоминанием. **Отряд гагарообразные.** Водоплавающие хорошо ныряющие выводковые птицы с ногами, далеко посаженными назад. Клюв прямой и острый. Плюска сжата с боков. Три пальца соединены перепонкой. Обитают гагары по материковым озёрам и в подходящих местах речных долин. Наиболее встречаемы обыкновенная краснозобая гагара и европейская чернозобая гагара. На весеннем пролёте у Томска они отмечаются в первых числах мая, а на осеннем – в первой половине октября. Птенцы появляются в июле-августе. Питаются рыбой. Белоклювая полярная гагара более редка. Основная часть её гнездового ареала расположена в Субарктике.

Отряд поганкообразные. Водоплавающие птицы среднего или небольшого размера. По складу тела сходны с гагарами. Каждый палец снабжён лопастной перепонкой. Очень хорошо плавают и ныряют. Селятся на озёрах с богатой растительностью. Гнёзда строят на плавучих островках. В кладке бывает до 7 яиц. Пуховые птицы полосатые. Питаются мелкой рыбой и водными беспозвоночными. Наиболее обычны большая поганка или чомга, серощёкая или краснощёкая поганки, реже встречаются чернощёкие поганки.

Отряд веслоногие. Водоплавающие птицы средней и крупной величины. Характерно наличие сплошной плавательной перепонки, соединяющей все 4 пальца. Представители этого отряда немногочисленны и отличаются лишь по южной окраине нашего региона. Все они питаются рыбой. Ведут колониальный образ жизни. Розовый пеликан известен очень редкими залётами. Кудрявый же пеликан найден на гнездовье в Курганской области, где прилёт его наблюдался в конце апреля. В середине июня в гнёздах содержалось 1-2 яйца, а 10 июля в них были полностью оперившиеся птенцы. Отлёт наблюдался в конце сентября. Большой баклан так же найден на гнездовье. В кладке бывает 4-7 яиц. Сроки пролёта те же, что и у пеликана. Неоднократные залёты известны до южной окраины лесной зоны.

Отряд голенастые. Из внешних признаков для всех голенастых характерно наличие длинного (длиннее головы) клюва, длинной шеи и длинных ног – приспособлений для добычи пищи на болотах или мелководье. Пища почти исключительно животная и состоит из самых

разнообразных водных и наземных мелких животных. Гнездятся обычно колониями на деревьях, в затопленных водой прибрежных зарослях, реже на скалах, строениях или на мелководье. Среди цапель наиболее обычна серая цапля. Прилёт наблюдается в апреле, а отлёт в середине сентября. В кладке бывает до 5 яиц. Вылупление птенцов проходит в конце мая. Белая и рыжая цапли являются случайно залётными.

Большая выпь наиболее многочисленна в степи и лесостепи, а в лесной зоне она встречается редко. Местами обитания её служат озёра, пруды, речные заливы, заболоченные луга. В этих же биотопах иногда отмечается малая выпь.

Чёрный аист обитает в лесных и горных районах. Во время полёта, как журавли, держит шею вытянутой (цапли шею вытягивают). Верх тел чёрный, с зеленоватым отливом, брюшко белое. Кормится на сырых лугах, болотах и берегах мелководных водоёмов.

Остальные виды голенастых (колпица, каравайка и фламинго) являются залётными.

Отряд гусеобразные. Водоплавающие птицы от очень крупных (лебедь) до небольших (чирок) размеров. Длинная шея, короткие ноги с плавательными перепонками, уплощённый клюв, края челюстей которого усажены роговыми пластинками или зубцами. Все они хорошо плавают, прекрасно ныряют. Пища чисто растительная (гуси кормятся травой на лугах или водоёмах), смешанная у многих уток и преимущественно животная (например, рыба у крохалей). Вне периода гнездования многие живут стаями. Гнездятся на земле, некоторые в дуплах деревьев (большой крохаль, гоголь).

Лебедь-шипун населяет крупные озёра степной и лесостепной зон. Клюв у него с большим вздутием у основания. Уздечка чёрная.

Лебедь-кликун обитает в основном в поёме Оби, её крупных притоках и на водораздельных озёрах лесной зоны. В кладке бывает до 4 яиц (апрель-май), вылупление птенцов происходит в июне. Прилёт этих птиц наблюдается в конце марта в апреле, а отлёт в середине октября.

Тундровый лебедь (самый мелкий из лебедей) гнездится в тундре и лесотундре. Гуси представлены пятью видами. Из них наиболее обычен серый гусь, который встречается повсеместно. Прилетает на гнездовье в середине апреля, а улетает на зимовку во второй половине сентября - начале октября. В выводке бывает 1-6 птенцов (в среднем 3). Откладка яиц

начинается в начале мая, вылупление птенцов – в конце этого месяца. Остальные виды гусей (белолобый, пискулька и гуменник) гнездятся в тундре, лесотундре и в северной части лесной зоны, а на остальной территории бывает только на пролёте. Такой же характер пребывания чёрной и краснозобой казарок, огаря и пеганки.

Группу утиных птиц подразделяют на собственно уток и нырковых. К первой относятся кряква, чирки, свистунок, серая утка, свиязь, шилохвость и широконоска. Кряква (родоначальница наших домашних уток) является одним из многочисленных, широкораспространённых и малоприхотливых в выборе мест обитания видов и населяет почти всю территорию сибирской равнины, отсутствуя в тундре и на некоторых водораздельных таёжных участках. В кладке бывает до 12 яиц, из которых в конце мая, вылупляются птенцы. Подъём их на крыло отмечается в первой половине августа.

Чирок-свистунок наиболее многочислен в лесной и лесостепной полосе, но значительно реже встречается в степи, лесотундре и тундре. Он неприхотлив и обитает практически по всем водоёмам до мелких луж и придорожных канав. Прилёт наблюдается с середины апреля до начала мая. Кладка яиц (до 9 штук в гнезде) можно встретить с середины мая до середины июля. Подъём птенцов на крыло приходится в основном на начало августа, осенний пролёт на вторую половину сентября, а на юге региона на первую половину октября.

К группе нырковых уток принадлежат гаги, нырки, чернети (хохлатая и морская), турпаны (чёрный и горбоносый), крохали (длинноносый и большой), синьга, морянка, гоголь, луток и савка. Среди них гага-гребёнушка, сибирская гага, красноносый и белоглазый нырок Бэра, морская чернеть, чёрный и горбоносый турпаны, являются редкими, населяя незначительную часть региона или бывая в качестве залётных.

Красноголовый нырок распространён от южных пределов до низовий р. Оби. Основными местами обитания служат глубокие озёра в открытой местности, обычно с зарослями тростника по берегам. Весенний пролёт длится с конца апреля до середины мая, а осенний с конца сентября до середины октября. Кладка яиц (до 10 штук) происходит в июне, а в конце этого месяца уже можно встретить птенцов.

Более обычен гоголь. Местами обитания его являются таёжные реки, их старицы и озёра с лесистыми берегами. Гнёзда устраивает в дуплах деревьев. Охотно заселяет искусственные гнездовья. В выводке, которые начинают появляться в конце июня, бывает до 12 птенцов.

Отряд соколообразные. Средних размеров и крупные птицы с крепким крючковатым клювом и кривыми острыми когтями; основание клюва прикрыто голой кожицей – «восковицей». От сов, имеющих сходные

внешние признаки, отличаются плотным оперением, расположением глаз, которые находятся по бокам головы, а не направлены вперёд, дневным образом жизни и другими особенностями внутреннего строения. Питаются животной пищей: насекомыми, рыбой, рептилиями, птицами и млекопитающими или же падалью и отбросами. Летают парящим или активным полётом. Добычу высматривают с воздуха или же преследуют её на лету. Подразделяются на два семейства: соколиные (сокол – сапсан, кречет, балобан, пустельга, кобчик и чеглок) и ястребиные с более разнообразными видами (осоеды, орлы, грифы, стервятники, змеяеды, луни, орланы, коршуны, канюки, тетеревятники, перепелятники, скопа).. Среди соколов чаще всего можно встретить пустельгу. Местами обитания её в лесной зоне являются долины рек, поля, вырубки и газон. В лесостепи и степи встречаются везде, где есть куртины леса или крупных кустарников, необходимых для устройства гнезда. Прилёт на гнездовье отмечают в апреле, а отлёт в конце октября. В мае – первой половине июня птицы откладывают и насиживают яйца (до 5 штук), а в июле полностью оперившиеся птенцы покидают гнёзда.

Обыкновенный сарыч или канюк является обычным и широко распространённым видом региона от зоны степи до тундры. В лесной полосе обитание его приурочено к долинам рек, гарям, вырубкам, полям и сенокосам. Основным кормом служат мышевидные грызуны.

Отряд курообразные. Различные по размерам птицы: от мелких (перепел) до очень крупных (глухарь). Телосложение плотное, шея короткая; ноги сильные, хорошо приспособленные для ходьбы и разгребания лесной подстилки или земли при кормёжке. Крылья короткие, широкие, хорошо развита грудная мускулатура. Гнездятся на земле. Вне периода гнездования

многие живут стаями. Лишь перепел настоящая перелётная птица, остальные же живут оседло или совершают нерегулярные сезонные перекочёвки. Пища преимущественно растительная, но в летнее время рацион их значительно расширяется за счёт беспозвоночных. В фауне Западной Сибири отряд куриных представлен двумя семействами: тетеревиные (белая и тундрная куропатки, рябчик, тетерев и глухарь) и фазановые (перепел и серая куропатка). Обращает на себя внимание высокая плодовитость этих птиц. Так, у рябчика и тетерева кладки насчитывают до 11 яиц, у глухаря – до 9 яиц, у перепела – до 16, а у серой куропатки – до 24 яиц.

Отряд журавлеобразные. Довольно разнообразная группа околоводных и наземных птиц, объединяемых на основании ряда особенностей внутреннего строения. Это обитатели открытых пространств: степей, полей, болот, зарослей по берегам водоёмов. На территории региона отмечено присутствие представителей четырёх семейств. Однако, авдотки являются случайно залётными, а дрофиные (дрофа и стрепет) настолько сильно истреблены, что стали редкими. Более полно представлено семейство журавлей (серый, даурский, чёрный, белый и журавль-красавка), а так же пастушковые (лысуха, водяной пастушок, камышница, коростель и три вида погоньшей).

Центральное место в отряде занимают журавли – птицы крупных и средних размеров. Ноги и шея длинные; клюв такой же длины, что и голова, или длиннее её; задний палец короткий, прикреплен выше передних. Гнездятся на земле. Пища растительная и животная, чаще всего насекомые. Наиболее обычен в нашей фауне серый журавль. Местами его обитания являются болота, берега озёр и поймы рек. В кладке бывает 1-2 яйца. Вылупление птенцов проходит в июне-июле, осенний пролёт в сентябре, а весенний в апреле.

Пастушковые – птицы средних и мелких размеров. Крылья у них короткие и широкие, так что они летают плохо и только на короткие расстояния. Некоторые виды имеют на пальцах отдельные плавательные лопасти и могут хорошо плавать и даже нырять. Пища – мелкие беспозвоночные (моллюски, насекомые), семена, водоросли и молодые побеги прибрежных растений.

Коростель имеет очень широкое распространение. Обитает по сырым луговинам и кустарникам, поросшим высокой травой, по колкам среди полей, вырубкам, поймам рек и берегам озёр. Прилёт птиц на гнездовья проходит в мае, а отлёт – в сентябре. В кладке бывает до 12 яиц.

У лысухи передние пальцы с плавательными лопастями в виде округлых фестонов. На лбу расположена белая голая бляшка. Обитает она на озёрах и старицах рек, предпочитая поросшие густой околоводной растительностью. Плодовитость этих птиц так же велика (кладки из 12 яиц не редкость).

Отряд ржанкообразные. Отряд объединяет три большие группы птиц, в основном обитателей побережий и болот: куликов (два семейства), чаек (три

семейства) и чистиков (одно семейство). В группе куликов наиболее разнообразны и многочисленны ржанковые. Это мелкие и средней величины птицы с относительно длинной шеей и длинными ногами. Будучи наземными обитателями, ржанковые хорошо ходят и бегают; некоторые могут плавать. Пища главным образом животная: насекомые, моллюски, черви и другие беспозвоночные. Наиболее обычны на территории региона: ржанка, плавунчик, чибис, черныш, перевозчик, турухтан, дупель, бекас, кроншнеп, вальдшнеп и др.

К семейству чаек принадлежат однородная по внешнему виду группа птиц средних размеров – обитателей берегов водоёмов и болот. У них довольно массивный, сжатый с боков клюв с небольшим крючком на вершине, длинные крылья, светлая окраска, довольно короткие ноги с плавательными перепонками. Все чайки прекрасно летают как активным, так и парящим полётом, хорошо плавают, но нырять могут только падая в воду с высоты.

Селятся обычно колониями на береговых отмелях, на скалах, а некоторые на топких заросших травой болотах. Пища животная: рыба, беспозвоночные, мелкие грызуны; некоторые хищничают, разоряя гнёзда. Чаще всего у нас можно встретить сизую, серебристую и обыкновенную чайку, тогда как поморники, клуша и некоторые другие виды чаек очень редки.

К семейству крачек относятся небольшой величины птицы, с длинными узкими крыльями; летают только активным полётом, парить не могут; часто высматривают добычу, держась в воздухе на одном месте при помощи более частых взмахов крыльев. Клюв прямой, острый, без крючка на вершине. Хвост обычно вильчатый с вырезкой. Число видов их, гнездящихся на территории Западной Сибири невелико – крачки (белощёкая, белокрылая, чёрная, чайконосная, речная, полярная и малая). Все ржанкообразные имеют невысокую и сходную плодовитость: полная кладка яиц состоит из 4 яиц.

Отряд голубеобразные. Птицы с плотным массивным телом; ноги и шея короткие; крылья длинные и острые, приспособленные к стремительному полёту. Оперение густое и плотное. Клюв довольно короткий, а ноздри прикрыты кожистыми крышечками. Пища почти

исключительно растительная: семена, реже плоды и ягоды. Все они имеют хорошо развитый зоб, служащий для размягчения семян. Подразделяются на два семейства: голубей и рябков. В нашей фауне присутствуют представители только первого: сизый голубь, клинтух, вяхирь, обыкновенная и большая горлица. Гнездятся они на деревьях, на скалах или земляных обрывах. Откладывают обычно два яйца; птенцы вылупляются совершенно беспомощными; родители в начале кормят их «молочком» из зоба, а позднее размягчёнными семенами.

Отряд кукушкообразные. Средние по величине птицы, ведущие наземный или древесный образ жизни. Хвост из десяти рулевых перьев, относительно длинный, как это часто бывает у лесных птиц, вынужденных во время полёта маневрировать среди деревьев. Два пальца (первый и четвёртый) направлены назад, а два – вперёд. Оба вида наших кукушек (обыкновенная и глухая) паразитируют на других птицах, подкладывая им в гнёзда свои яйца. Первая это делает в гнёзда красношейки, черноголового чекана, полевого воробья, дубровника, сорокопута жулана, садовой славки, варакушки, срой мухоловки и теньковки, тогда как вторая паразитирует на пеночках. Птенцы рождаются голыми и покрываются птенцовым пухом. Пищей служат различные насекомые.

Отряд совы. Хищные птицы, ведущие преимущественно ночной образ жизни. Основание крючковатого клюва покрыто кожицей, «восковицей», обычно оперённой. Глаза направлены вперёд и, как правило, окружены лицевым диском из мелких пёрышек. Ноги сильные, часто оперённые до самых когтей; когти крючковидные, очень острые. Оперение мягкое и рыхлое, благодаря чему полёт у сов бесшумный. Это помогает выслеживанию добычи, которую совы отыскивают, пользуясь как зрением, так и прекрасно развитым слухом. Пищей служат грызуны и птицы, у мелких сов – насекомые. Ведут оседлый образ жизни, исключением являются полярная сова, мохноногий сыч и сплюшка, для которых характерны широкие кочёвки. Самыми крупными представителями сов нашей фауны можно назвать филина, полярную сову и бородатую неясыть. К мелким относят сплюшку, воробьиного и мохноногого сычей и средних размеров длиннохвостую неясыть, ушастую, болотную и ястребиную сову. Почти все они имеют высокую плодовитость: в кладке бывает до 10 яиц.

Отряд дятлообразные. Обширная группа мелких и средней величины птиц, ведущих древесный образ жизни. Оперение короткое, жёсткое, у многих ярко окрашенное. Рулевые перья жёсткие (исключением является лишь вертишейка) и служат опорой при лазании по стволам деревьев. Клюв у большинства дятлов массивный, долотообразный, хорошо приспособленный для долбления древесины, так как основной корм (насекомых) добывают под корой деревьев, заражённых вредителями; некоторые питаются и семенами хвойных (сосны, ели, пихты). Язык длинный, липкий, способный извлекать насекомых из узких ходов в древесине или подхватывать их на земле. Ноги хорошо приспособлены для лазания по деревьям: два пальца направлены вперёд, а два (иногда бывает только один задний палец) - назад, причём один из задних пальцев подвижный, он может поворачиваться в бок и создавать дополнительную опору. Полёт довольно быстрый, прямо, неманевренный. Гнездятся в дуплах. Все наши дятлы (седой, желна, большой пёстрый,

белоспинный, малый пёстрый и трёхпалый) оседлы. В кладке бывает не более 6 яиц. Лишь вертишейка является перелётной и отличается плодовитостью (в кладке до 11 яиц). Прилёт на гнездовья отмечается в конце апреля, а отлёт в первой половине сентября.

Отряд воробьинообразные. Обширный отряд преимущественно мелкой и средней величины птиц, очень различны по внешнему виду, образу жизни, условиями обитания и добывания пищи. Почти половина видов, встречающихся в нашей фауне, относятся к воробьиным птицам. Очень многие из них приспособлены к жизни в лесах и зарослях кустарников, некоторые живут в степях и горах, на лугах и скалах. Среди них есть чисто зерноядные и чисто насекомоядные, есть и много видов, употребляющих смешанную растительно-животную пищу, добывая её в воде и воздухе, на почве и растениях. Воробьиные на территории нашего региона представлены следующими семействами: жаворонки, ласточки, иволги, синицы, поползни, пищухи, мухоловки, дроздовые, славковые, корольковые, завирушки, трясогузки, свиристели, сорокопуты, скворцы, овсянковые, ткачиковые и вьюрковые. Большая часть видов являются перелётными и лишь некоторые ведут оседлый образ жизни (синицы, воробьи, врановые, снегири, чечётки и др.).

Класс млекопитающие

Основные признаки млекопитающих (частично исключая однопроходных): гомойотермные амниоты; кожа с волосяным покровом, молочными, потовыми и сальными железами; зубная система с двумя генерациями зубов молочными и постоянными; вторичный челюстной состав; два затылочных мышцелка; у подавляющего большинства 7 шейных позвонков; брюшная полость отделена от грудной диафрагмой; мощное развитие коры переднего мозга; полностью разделены артериальная и венозная кровь. Красные кровяные тела безъядерны. Сердце четырёхкамерное, имеется одна дуга аорты, которая загибается налево. Гортань снабжена щитовидным хрящом и прикрывается надгортанным. Характерно развитие обонятельных долей мозга, которые состоят из многочисленных нитей обонятельных нервов и проходят в носовую полость через отверстия решётчатой кости. При рождении функционирует лишь вторичная почка, всегда имеется мочевого пузырь. Сперма, большей частью, и моча выводятся через совокупительный орган; по способу размножения живородящие или яйцекладущие.

Все эти особенности дали млекопитающим возможность приспособиться к самым разнообразным условиям существования и превратиться в богатый формами, процветающий обширный класс позвоночных, в котором насчитывается более 5 тысяч видов, относящихся к трём подклассам:

- 1) Первозвери, однопроходные, или клоачные, ныне только три рода: утконос, ехидна и проехидна.
- 2) Сумчатые.

- 3) Высшие звери или плацентарные: насекомоядные (например ёж, крот, землеройка), рукокрылые (летучие мыши, крыланы), приматы (полуобезьяны, широконосые обезьяны Нового Света, узконосые обезьяны Старого Света, гиббоны, человекообразные обезьяны – орангутанг, шимпанзе, горилла, люди, неполнозубые (муравьеды, ленивцы, броненосцы), ящеры, зайцеобразные, грызуны (белки, бобры, мыши, дикобразы), китообразные (зубатые и беззубые киты), хищные (собаки, медведи, кошки, гиены), ластоногие, хоботные, сирены, непарнокопытные (лошади, тапиры, носороги), парнокопытные (свиньи, бегемоты, верблюды, жирафы, антилопы, быки).

Млекопитающие развились полифилетически на рубеже палеозоя и мезозоя (пермь - триас) из зверозубых рептилий, очень рано выделившихся в отдельную эволюционную ветвь. Современные отряды млекопитающих сформировались в третичном периоде, при этом многие группы вымерли.

Однопроходные – реликтовые формы, распространение которых в настоящее время ограничено Австралией и Новой Гвинеей. С рептилиями их сближают следующие признаки: откладывание крупных, богатых желтком яиц, вынашиваемых в сумке (у ехидны) или насиживаемых (у утконоса), плечевой пояс, клоака. Признаки млекопитающих: волосяной покров, гомойотермия (ещё несовершенная), млечные железы, гетерогаметность самцов.

Сумчатые рожают недоразвитых детёнышей (короткая беременность), которых донашивают, выкармливая молоком, в сумке или между кожными складками на брюхе. Встречаются они только в Австралии и Южной Америке; только один вид, северный опоссум, расселился и по Северной Америке. Разнообразные сумчатые смогли сохраниться лишь там, где географическая изоляция избавила их от конкуренции с плацентарными

млекопитающими. В Австралии среди сумчатых известны хищники (сумчатый волк, сумчатые куницы), насекомоядные (сумчатый крот, сумчатая землеройка, сумчатый муравьед, сумчатая летяга), плодоядные и листоядные (древесные кенгуру, коала) и крупные травоядные (кенгуру). В Австралии специализированные сумчатые освоили экологические ниши, которые на других материках оказались занятыми плацентарными.

Наименее специализированны среди плацентарных насекомоядные, для которых характерны такие примитивные признаки: полная зубная формула, обоняние как главный сенсорный инструмент, детёныши рождаются слепыми и голыми (гнездовой тип), стопохождение, пятипалые конечности.

Перешедшие вторично к водному образу жизни ластоногие (котики, моржи, тюлени) и ещё более изменённые в связи с этим китообразные ведут своё происхождение от хищных млекопитающих. Сходство между китообразными и сиренами (ламантин, дюгонь, стеллерова морская корова) исключительно конвергентное. Оба отряда «вернулись в воду» независимо друг от друга, причём предки сирен, вероятно, были близки к ветви хоботных. Зайцеобразные отличаются от грызунов зубами, у них позади каждого верхнего резца находится ещё по одному мелкому (двухпарнорезцовые), отсутствующему у грызунов (парнорезцовые). Сильная специализация в строении скелета конечностей и зубов характерна для парно и непарнокопытных.

За исключением приспособлений к полёту, рукокрылые по многим признакам близки к своим предкам насекомоядным, давшим начало нескольким отрядам. Так, индо-малайские тупайи связывают их с полуобезьянами и далее с обезьянами.

Эволюция людей началась от предков, общих с современными человекообразными обезьянами, около 20 млн. лет назад. История происхождения человека (*Homo sapiens*) представляется в настоящее время следующим образом. Уже в середине третичного периода линия людей (гоминид) отделилась от линии, ведущей к современным человекообразным обезьянам. При этом определяющим этапом стал переход к обитанию на открытых пространствах с растительностью саванного типа. Переход совершили рамапитеки, известные по костным остаткам из Индии. Дальнейший прогресс в направлении к современному человеку связан с прямоходящими австралопитеками, объём мозга, которых не превышал 800 см³. Эти «прелюди» обитали в Восточной Африке. *Homo erectus* (объём головного мозга до 1200 см³), распространённый главным образом в Юго-Восточной Азии и в Китае, уже может считаться прямым предком *Homo sapiens* (средний объём мозга современных европейцев: женщины-1350 см³, мужчины-1500 см³). В Евразии до середины вюрмского оледенения (примерно 50 тыс. лет назад) одновременно существовали два подвида *Homo sapiens* и *Homo neandertalensis* (неандерталец). Возможно, при этом возникали смешанные популяции, и происходил обмен генами, то есть в

генотипе современного человека присутствуют гены, унаследованные от вымершего неандертальца.

Существенную роль в становлении человека сыграли руки, высвободившиеся при переходе к прямохождению, и увеличение объёма мозга. Это оказалось предпосылкой для большего использования орудий труда и развития понятийной речи. Только благодаря языку стала возможной передача следующим поколениям индивидуального опыта (и социальных традиций). Из всего разнообразия форм млекопитающих, обитающих в настоящее время на Земле, территорию Западной Сибири освоили некоторые из них, не более 70 видов, относящихся к пяти отрядам высших зверей: насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные, грызуны, хищные и парнокопытные.

Отряд насекомоядные. Размеры тела небольшие. Для подавляющего большинства видов характерна вытянутая в хоботок передняя часть морды. Хоботок очень подвижный и снабжён специальной двигательной мускулатурой. Зубная формула: I 3:3-2; C 1:1; P 4-1:4-1; M 3-2:3 = 44-26. Зубы слабо дифференцированы. Часто резцы, клыки и передние премоляры сходны по форме и размерам. Для насекомоядных характерно значительное разнообразие форм движений. Последние могут быть сведены к четырём основным типам: приспособление к передвижению прыжками только на задних ногах (прыгунчики) или галопом (большинство видов); к

постоянному рытью для добывания пищи (кроты, златокроты); к плаванию (обыкновенная кутора, выдровая кутора, выхухоль); к лазанию по деревьям (тупайи). Распространены они по всей земле, кроме Австралии и большей части Южной Америки. Основную пищу насекомоядных составляют беспозвоночные и мелкие позвоночные животные, а так же семена растений. В состав отряда входят 10 современных семейств, на территории Западной Сибири обитают представители лишь четырёх. Ежи отличаются относительно крупным (до 30 см), массивным телом и коротким, малозаметным хвостом. Спина и бока покрыты иглами, а остальные части тела волосами. Распространены в Европе, Азии и Африке. Населяют степи, пустыни и предгорья, а отдельные виды заходят в лесостепь и лесную зону.

Из Европы до левобережья ре Оби и Иртыша проникает обыкновенный ёж. Обитает в разнообразных ландшафтах, всюду предпочитая участки под прикрытием древесно-кустарниковой растительности. Активен в ночные и сумеречные часы. Пищей ему служат разнообразные беспозвоночные и позвоночные животные, а так же сочные плоды растений. Из позвоночных он поедает мышевидных грызунов, ящериц, лягушек и змей, яд которых ему не вредит. Иногда съедает птенцов птиц, гнездящихся на земле. Весной пробуждается от спячки в апреле-мае. Спаривание происходит вскоре после пробуждения. Продолжительность беременности около 7 недель, число детёнышей от 3 до 8. В течение лета у ежа бывает один выводок. Половозрелость молодых ежей наступает на втором году жизни. Залегает в

спячку в сентябре-октябре. На зиму устраивает наземное гнездо в различных укрытиях или для этого выкапывает нору глубиной до 40 см. Гнездо крупное, состоит из сухой травы и листьев. Главными врагами являются соболь, лисица и филин.

Из Казахстана заселяет юг Западной Сибири до широты верхнего течения р. Урала и Кулундинской степи другой ёж – ушастый.

Семейство выхухоли состоит всего из двух видов, один из которых обитает в Западной Европе (Франция, Испания и Португалия), а второй – у нас в России (бассейны рек Дона, Волги и Урала). Длина тела до 20 см. Туловище толстое, массивное, на коротких ногах. Между пальцами передних и задних лап имеется плавательная перепонка. Меховой покров представлен мягкими волосами, слабо смачивающимися водой. Верх его тёмный, а низ – серебристо белый. Эволюция этой группы шла по пути приспособления к полуводному образу жизни, быстрому передвижению в воде и питанию преимущественно водными мелкими животными. Активна выхухоль в сумерки и ночью. Норы роет в берегах, а на болотистых участках устраивает их в кочках. В течение лета самки приносят два выводка (по 1-5 детёнышей в каждом). Молодые рождаются голые и слепые; в возрасте одного года достигают размера взрослых. Врагами выхухоли являются лисица, горностай, хорь, норка, филин и даже крупные щуки.

В состав семейства кротов входит 17 современных родов, распространённых в равнинах и горных ландшафтах Европы, Азии и Северной Америки, с богатыми перегноем почвами. Относительно мелкие млекопитающие. Тело овальной формы и короткие ноги. Кисти с плоскими когтями, повернуты ладонями наружу. Ведут роющий образ жизни. Питаются мелкими беспозвоночными животными, в основном дождевыми червями. Территорию Западной Сибири смогли освоить лишь два вида, сибирский или алтайский крот населяет юго-восток, а обыкновенный крот – северо-запад региона. Обитают они в разнообразных лесных массивах, избегая понижения с высоким стоянием грунтовых вод и болот. Предпочитают участки с рыхлой и богатой гумусом почвой. Активны в течение всего года. Протяжённость подземных ходов достигает нескольких километров. Размножаются один раз в течение лета. В выводке бывает до 9 молодых, в среднем 5. У сибирского крота беременность проходит через латентную стадию.

Наиболее богато видами семейство землероек, в состав которых входит более 20 современных родов. Размеры тела преимущественно мелкие. По внешнему виду напоминают мышевидных грызунов, но хорошо отличается крупной головой с вытянутой в хоботок носовой частью и очень мелкими глазами, слабо выступающими из волосяного покрова. Основным направлением специализации семейства является приспособление к передвижению по различным субстратам, в воде, в узких, обычно чужих

норах, лесной подстилке и рыхлой почве, путём раздвигания её хоботком, а так же к питанию разнообразными мелкими животными (главным образом беспозвоночными).

Землеройки распространены в различных ландшафтах, от северных окраин тундровой зоны до тропических лесов и пустынь Европы, Азии, Африки и Северной Америки. В Западной Сибири семейство представлено всего тремя родами (землеройки-бурозубки, землеройки-белозубки и куторы). Круглогодично ведут активный образ жизни. Размеры тела невелики: самая мелкая – крошечная бурозубка весит не более 2-3 г., а самая крупная из наших землероек – обыкновенная кутора – 10-15 г. Размножение происходит с мая по сентябрь. За этот период самки приносят 2-3 выводка детёнышей. Землеройки-бурозубки отличаются тем, что коронки зубов у них окрашены в коричневый или красно-коричневый цвет. В каждой половине верхней челюсти имеется пять промежуточных зубов. Наиболее обычными, а в ряде мест – многочисленными видами нашего региона являются обыкновенная, средняя, равнозубая, темнолапая, арктическая и малая бурозубки. Эволюция кутора шла по пути приспособления к плаванию как средству защиты и способу добывания корма. У них в каждой половине верхней челюсти по четыре промежуточных зуба. Единственный представитель рода – обыкновенная кутора населяет Западную Сибирь от арктической зоны на севере до североказахстанских степей на юге.

Отряд рукокрылые. Рукокрылые являются единственными млекопитающими, способными к длительному активному полёту. Тело сплющенное сверху вниз, мелких размеров. Передние конечности превращены в крылья. Свободным остаётся лишь первый палец. Хвост заключён в межбедренную часть летательной перепонки. Ушные раковины хорошо развиты. Одна из наиболее многочисленных и процветающих групп млекопитающих. Активны они ночью или в сумерки. Распространены повсеместно, исключая океанические острова, Арктику и Антарктиду. Наиболее многообразны в тропиках и субтропиках, тогда как северный полярный круг пересекает лишь один вид. Отряд делится на два подотряда: крыланы и летучие мыши. Первые в числе около 150 видов распространены только в тропических и субтропических странах восточного полушария, от мелкого до крупного размера (размах крыльев до 1,5 метров), исключительно растительноядные животные. Все летучие мыши, составляющие второй подотряд зверьки, небольшого размера. В огромном большинстве это насекомоядные формы, ловящие добычу налету; лишь немногие тропические виды вторично приспособились к частичному или исключительному питанию плодами, пыльцой и нектаром цветов, рыбой, мелкими птицами и млекопитающими. Зрение развито слабо, ведущим органов чувств является слух. Ориентируются в пространстве с помощью эхолокации, улавливая эхультразвуков, которые сами же издают. Температура тела вне периода активности зависит от температуры окружающей среды. Летучие мыши,

обитающие в холодном и умеренном климате, зимние месяцы проводят в спячке; некоторые виды совершают дальние сезонные миграции. Многие летучие мыши обладают развитым общественным инстинктом и селятся колониями. Довольно велика продолжительность их жизни; отдельные особи в природных условиях доживают до 15-20 лет.

Подотряд летучих мышей включает 16 современных семейств, из которых наш регион смогли освоить лишь 8 видов одного семейства: обыкновенных или гладконосых летучих мышей. Более обычны или бывают даже многочисленны ночницы (Брандта, водяная и прудовая), северный кожанок, двухцветный кожан и рыжая вечерница, тогда как ушан и трубконос очень редки. Непременным условием для их обитания является наличие водоёмов и убежищ для дневок (дупел деревьев, пещер, штолен, человеческих строений и т.д.).

Отряд зайцеобразные. Отряд объединяет две группы внешне сходных животных, длина тела которых от 12 до 60 см. Более крупные виды широко известны под названием зайцев, мелких называют пищухами или сеноставками. Характерной особенностью большинства крупных видов (зайцев) являются большие, удлинённой формы уши и длинные задние ноги, придающий этим животным «заячий» облик. У мелких видов (пищух) уши округлой формы, а их задние ноги мало отличаются по длине от передних. В верхней челюсти у тех и других две пары резцов, расположенные одни

позади другой. Клыков нет. Между резцами и коренными зубами пространство, лишённое зубов. Основные направления специализации отряда млекопитающих выражены в строении конечностей, позволяющих животным быстро передвигаться прыжками, и жевательного аппарата, приспособленного к обработке грубой растительной пищи. Распространены они по всему земному шару, за исключением Мадагаскара и южной части Южной Америки. В состав отряда входят два современных семейства: зайцы и пищухи, представленные у нас зайцем-беляком и алтайской пищухой.

Заяц-беляк населяет лесную и тундровую зоны. Ведёт оседлый образ жизни, совершая лишь небольшие перекочёвки. Постоянного логовища не имеет; лёжки, представляющие собой небольшие углубления в почве или в снегу, устраивает поблизости от места последней кормёжки. Пищей беляку в летнее время служат различные травянистые растения и лишь отчасти молодые побеги деревьев или кустарников. Зимой основную пищу составляют ветви и кора, преимущественно ивы, осины и берёзы.

В Новосибирскую область и Алтайский край 50 лет назад был завезён из Европы другой близкий вид заяц-русак, который успешно акклиматизировался и широко расселился по югу нашего региона.

Алтайская, или северная, пищуха является обитателем горных ландшафтов, встречаясь лишь в Кузнецком Алатау, Горной Шории и на Северном Урале. Специализация этих зверьков шла по пути приспособления

к питанию разнообразными растениями с запасанием корма на зиму (сушат траву на камнях, а затем складывают в стожок), а так же к передвижению короткими прыжками. Селятся они в каменных россыпях, как на открытых местах, так и в полосе лесов или зарослях кустарников, часто вблизи от воды. Нередко роют норы. Спаривание происходит в конце марта-апреля. Первые молодые появляются в мае. Второй выводок самки приносят в июне. В каждом из них бывает до 6 детёнышей.

Отряд грызуны. Мелкие и средней величины млекопитающие, весьма разнообразные по формам тела. Резцы всегда без корней, зубы являются постоянно растущими и самозатачивающимися. Между резцами и предкоренными всегда имеется диастема. Преимущественно наземные животные, ряд морфофизиологических и биологических особенностей которых позволяет им легко переносить неблагоприятные условия внешней среды, избегать их воздействия и быстро восстанавливать численность. Численность популяций достигает наиболее высокого уровня, известного для млекопитающих вообще. Способность к быстрому размножению в весьма разнообразных условиях существования определяет более быстрый темп эволюции, чем в других отрядах: грызуны – группа, процветающая в современную геологическую эпоху. Соответствующие приспособления в строении конечностей сопровождаются различной степенью приспособления в строении зубов, жевательной мускулатуры и пищеварительной системы к

преимущественному питанию то высококалорийным семенным кормом и частично животной пищей, то различными вегетативными частями растений.

Грызуны распространены по всему земному шару вплоть до крайних пределов наземной жизни. Являются источником пушнины, носителями возбудителей трансмиссивных заболеваний человека и домашних животных, в том числе особо опасных инфекций (чума, тиф, энцефалит), а также вредителями сельского, лесного и складского хозяйства.

Отряд включает три современных подотряда: белкообразные, мышеобразные, дикообразные с 30 семействами и более чем 300 родами. На территории Западной Сибири обитают представители следующих семейств: бобры, летяги, беличьи, тушканчики, мышеобразные и хомякообразные.

Семейство летяги. Внешность белкообразная, характерно наличие кожистой, покрытой шерстью складки между передними и задними конечностями, у некоторых форм есть дополнительные складки от задних ног к хвосту и небольших плечевых. При вытянутых в сторону конечностях складки расправляются, увеличивая несущую поверхность при планирующем полёте. Летяги распространены преимущественно в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах Евразии, Северной и Центральной Америки. В Западной Сибири встречается в лесах умеренного пояса и лесостепи единственный представитель семейства обыкновенная летяга, или белка-летяга. Открытых гнёзд не делает, а селится в дуплах, строя в них на

зиму гнёзда шарообразной формы; реже занимает старые беличьи. Ведёт ночной и сумеречный образ жизни. На землю спускается редко. Передвигается больше частью планирующим полётом на расстояние до 50 м и более. Питается главным образом почками, концевыми побегами, плодовыми шишечками и частично корой лиственных пород; ольховые и берёзовые шишечки запасает на зиму, иногда в значительных количествах.

Семейство беличьи. Грызуны преимущественно средних и крупных размеров. У них стройное телосложение, длинный хвост, приблизительно равный длине туловища, или коренастое тело и короткий хвост. Коренные зубы с хорошо развитыми корнями и бугорчатой жевательной поверхностью. Два основные направления специализации к древесному и норковому образам жизни привели к формированию в пределах семейства хорошо выраженных и широко известных жизненных форм грызунов, представленных первой белкой, и второй - сусликом. Приспособление к древесному образу жизни следует считать более древним. Однако оно не может рассматриваться как исходное для выработки приспособления к жизни в норах. Ряд видов занимают промежуточное положение между сурками и белками, например, бурундуки. Населяют все материки земного шара.

Семейство включает 3 подсемейства: настоящие белки, сурки и земляные белки. В Западной Сибири обитают представитель лишь первых двух, причём к настоящим белкам относится лишь один вид – обыкновенная белка.

К суркообразным принадлежат бурундук, краснощёкий суслик и алтайский сурок, проводящие зиму в состоянии оцепенения (спячки).

Семейство бобры. Наиболее крупные из современных грызунов, достигающие 1 м в длину и веса 30 кг, приспособленные к полуводному образу жизни в замерзающих водоёмах. Хвост круглый и покрыт волосами лишь в основании, основная его часть голая, веслообразно уплощённая сверху вниз и покрыта роговыми чешуями. Впереди от анальных желез имеются парные мускульные железы, секрет которых известен под названием «бобровой струи». В Евразии обитает речной бобр. Ещё в недавно распространение его было близким к сплошному и охватывало большую часть Европы и Азии. Однако к прошлому столетию вследствие истребления человеком бобры оказались на грани вымирания и к началу 30-х годов сохранились лишь в немногих местах (верховья р. Енисея, р. Конда, р. Сосьва и др.) Населяет бобр берега медленно текущих лесных речек, стариц и озёр. Селится поодиночке или семьями; полная семья состоит обычно из двух взрослых и молодых приплодов прошлого и текущего годов. Активны ночью, в утренние и вечерние часы. Зимой бобры редко выходят из убежищ, питаются заготовленными с осени древесным кормом.

Основными типами жилищ являются норы, хатки и полухатки. При необходимости успешно строят плотины и каналы. Пищей бобру служат кора и тонкие ветви деревьев, особенно осины, ив и берёзы, а также водные и

прибрежные травянистые растения. С наступлением осени звери начинают особенно интенсивно валить деревья и заготавливать зимние запасы корма. Половой сезон (течка) начинается в конце зимы. Детёныши рождаются в апреле-мае зрячими и покрытыми шерстью; через 1-2 дня уже могут плавать, в возрасте трёх недель переходят на питание растительным кормом. В выводке бывает от 3 до 5 молодых. Природный носитель вируса туляремии.

Семейство тушканчики. Размеры: от мелких до средних. Внешность: от мышеобразной до характерной для тушканчиков, зверьков с сильно удлинёнными задними конечностями, приспособленными для передвижения прыжками без помощи передних. Хвост длиннее тела.

Тушканчики распространены преимущественно в области открытых ландшафтов умеренных и южных широт Евразии. В нашем регионе обычны лесная и степная мышовки, населяющие соответствующие ландшафты, а в лесостепной зоне можно иногда встретить большого тушканчика, или земляного зайца. Активны они только в летнее время, в основном в сумерках и ночью. На зиму впадают в спячку. Питаются как растительной (семена, ягоды), так и животной пищей (беспозвоночными). В выводке бывает до 5-8 детёнышей, которые рождаются в начале лета.

Семейство мыши. Размеры тела: от мелких до средних. Хвост обычно длинный, равный длине тела или превышающий её, голый или слабо опушённый. Жевательная поверхность зубов бугорчатая. Бугорки

расположены в три продольных ряда. Основное направление специализации – питание семенами и приспособление к полудревесному образу жизни. Широко распространены в различных ландшафтах Старого Света, Африки, Австралии, и завезены в Америку. Из огромного числа видов (семейство насчитывает 70 родов) домовые мыши и крысы стали синантропами и космополитами. В дикой природе Западной Сибири постоянно обитают обыкновенная и азиатская лесные мыши, мышь-малютка и полевая мышь. Домовую мышь и серую крысу можно встретить здесь только летом, а в остальное время года они живут лишь в населённых пунктах. Мыши, как и полёвки, являются хотя и не долговечными, но высокоплодовитыми существами. При благоприятных условиях они могут размножаться круглый год. Выводки бывают большими (до 12-15 детёнышей). Половозрелость наступает в возрасте около двух месяцев, а беременность длится около 20 дней. Все виды являются носителями возбудителей инфекции (чумы, туляремии, лептоспироза, паратифа и др.).

Семейство хомякообразные. Грызуны обычно мелких и средних размеров. Хвост в большинстве случаев короче тела, обычно слабо покрыт волосами. Жевательная поверхность бугорчатая, но в отличие от мышей бугорки расположены в два ряда. Основные приспособительные особенности связаны с переходом значительного числа форм от наземного образа жизни к норковому и от преимущественной семяноядности к питанию зеленым кормом. Приспособление к норковому образу жизни проявляется в

укорочении ушей, хвоста и конечностей, в появлении признаков употребления для рытья резцов (выступания их вперёд из ротовой полости) или передних конечностей (удлинение когтей). Наибольшей степени своего выражения эти признаки достигают у полностью подземных форм (слепушонк, цокор, прометеева полёвка), сопровождаясь сильной редукцией глаз и изоляции резцов от ротовой полости. Однако значительная часть «норников», а также зверьков, живущих в естественных укрытиях, сохраняют мышевидный облик. Обитание по берегам водоёмов или среди заболоченных территорий приводит в разных группах к возникновению плавательных приспособлений в строении конечностей, меховом покрове и других особенностях.

Хомякообразные широко распространены, как в Старом, так и в Новом Свете. В качестве объектов пушного промысла существенную роль играют немногие виды. К их числу относится ондатра, завезённая из Северной Америки, и успешно акклиматизировавшаяся на большей части Евразийского континента. Западную Сибирь населяют представители всего двух подсемейств: хомяки и полёвки. К первому относятся всего три вида: обыкновенный хомяк, джунгарский и барабинский, или даурский, хомячки).. Живут они в норах, довольно просто устроенных, достигающих глубины 1 м, со слабо ветвящимся ходом, имеющим несколько отнорков и 1-2 камеры. Потребляют растительную и животную пищу. На зиму делают небольшие запасы семян (обыкновенный хомяк до 16 кг). Спячка прерывистая.

Размножение происходит в течение всего тёплого времени года. Самки приносят 2-3 выводка по 8-20 детёнышей в каждом. Джунгарский хомячок хорошо размножается в неволе и успешно используется в качестве лабораторного животного.

К подсемейству полёвок относится значительно большее число, как родов, так и видов. Круглогодично активные зверьки имеют призматические коренные зубы, приспособленные для перетирания грубой растительной пищи (подземных и наземных частей высших растений, коры деревьев и кустарников, мхов и лишайников). Они освоили все ландшафты региона, в каждом из которых есть свои адаптивные формы. Так, только в тундре можно встретить копытного, или ошейникового лемминга, а так же полёвку Мидендорфа: в лесной зоне – лесного лемминга, лесных полёвок (рыжую, красную и красно-серую); в степи – алтайского цокора, степную пеструшку и узкочерепную полёвку. Интразональные биотопы (поймы рек, сельскохозяйственные угодья) также освоены, главным образом гигрофильными видами, поэтому ареалы ондатры, водяной полёвки и полёвки-экономки простираются от зоны степей на юге до тундры. В силу своей высокой плодовитости численность большинства видов бывает очень велика.

Отряд хищные. Отряд объединяет весьма разнообразных по строению тела и образу жизни млекопитающих (от ласки до медведя). Количество зубов

колеблется от 28 до 48. Характерной особенностью зубной системы является то, что последний предкоренной зуб верхней челюсти и первый заднекоренной нижней челюсти обычно развиты особенно сильно, выделяясь своей величиной и острыми, режущими бугорками, носят название хищнических зубов. У ряда видов сильно развиты анальные железы, выделяющие резко пахнущий секрет.

Отряд наземных хищных зверей произошёл от примитивных хищников креодонтов, появившихся в начале палеоцена и достигших наибольшего расцвета в эоцене. Основное направление эволюции хищных – приспособление к плотоядному питанию животной пищей, схватыванию и разрыванию добычи клыками и когтями. В связи с этим стоят особенности строения черепа, зубов и развитие когтей. Распространены они по всему земному шару, за исключением Австралии и мелких океанических островов. Отличаются широкой приспособленностью. Даже представители одного и того же вида нередко обитают в совершенно различных ландшафтах. Большинство видов ведёт наземный образ жизни; некоторые ведут земноводное существование. Хищники населяют все ландшафты земного шара, вплоть до высоких северных широт. Среди них преобладают плотоядные формы, реже всеядные и растительноядные; многие типично плотоядные регулярно поедают беспозвоночных животных и растительную пищу. Крупные звери размножаются не ежегодно. Нередко половой сезон (гон) сопровождается драками и характерными громкими криками самцов.

Беременность длится от 36-38 (ласка, хорьки и др.) до 297 дней (соболь, куницы, горностаи). Число детёнышей в выводке от 1 до 6 и более; максимальная плодовитость – 21 детёныш (у песца в неволе). Почти у всех видов (кроме калана) детёныши рождаются слепыми, с закрытыми слуховыми проходами. Половая зрелость наступает через год-два, а иногда на пятом году жизни.

Почти все виды хищных принадлежат к числу пушных зверей. Наиболее ценными являются шкуры соболя, калана, выдры, куницы, лисицы, песца. Наряду с использованием диких пушных зверей широкое развитие получило клеточное разведение лисиц, песцов, американских норок, хонориков, соболей и др. Ряд хищников участвует в передаче трансмиссивных заболеваний, являются носителями трихинеллеза и бешенства.

На территории Западной Сибири отряд представлен четырьмя семействами (собачьи, медвежьи, куньи и кошачьи).

Семейство собачьи. Типичные хищники, хорошо приспособленные к самостоятельному, активному добыванию животных не только путём скрадывания, но и преследования. Большинство селится в норах, некоторые в логовах. Питаются преимущественно животной пищей (нередко падалью), ряд видов систематически поедают растительную. Преобладают моногамы. Из них песцы освоили тундру. В годы неурожая кормов (леммингов и полёвок) вынуждены совершать значительные миграции, уходя от прежних

мест на многие сотни километров. Почти повсеместно можно встретить обыкновенную лисицу и волка. Огромное число пород домашних собак так же относятся к этому семейству.

Семейство медвежьи. Включает наиболее крупных представителей отряда, ведущих хищный, всеядный или растительный образ жизни. У всеядных медведей, населяющих умеренные широты, в связи с резкой сменой кормовых условий возникла способность погружаться в длительный зимний сон, существуя за счёт накопленных с осени, обильных жировых отложений. Большинство видов обитает в лесах или в горах, один (белый медведь) свойственен крайней Арктике и ведёт земноводный образ жизни. Лесные виды хорошо лазают по деревьям. Западную Сибирь населяет бурый медведь. Типичный обитатель больших лесных массивов. Течка бывает через год в июне-июле. Беременность около 7 месяцев. Детёныши (1-2, редко до 4-6) рождаются всего в 500 г. с конца декабря до середины февраля, когда самка находится в берлоге. Прозревают через 30 дней. Лактация продолжается около 5 месяцев. Половой зрелости достигают на третьем году жизни. А живут до 30-40 лет.

Семейство куньи. К семейству относятся разнообразные по строению тела, образу жизни и размерам звери. Есть виды, приспособленные к добыванию мелких грызунов в их норах и убежищах; лесные, в том числе лазающие древесные; роющие, вооружённые большими когтями; полуводные

и всецело водные. Наряду с типичными хищниками появились многочисленные виды всеядных. У некоторых выработалась способность к зимней спячке. Разнообразие адаптаций и высокая экологическая пластичность позволили куньим освоить все ландшафты большей части континентов. Большинство обладает ценным мехом, и служат объектами охоты или разводятся в неволе. Семейство включает 25-28 родов и 55 видов, из них 5 родов и 12 видов свойственны фауне нашего региона: барсук, выдра, росомаха, куницы (лесная куницы и соболь), ласки и хорьки (ласка, горноста́й, колонок, светлый и чёрный хорь, европейская и американская норки). Мелкие по размерам ласки и хорьки специализировались на добыче мышевидных грызунов. Среди них норки освоили водную среду (различные материковые водоёмы), расширив свой пищевой рацион за счёт потребления рыбы. Полностью полуводной и рыбоядной стала выдра. Росомаха целиком зависит от наличия диких копытных (лося, оленя, косули). Куницы и барсук стали всеядными. Распространение куньих сильно зависит не только от наличия кормов, но и напряжённости конкурентных отношений с близкими видами. Так, соболь полностью вытесняет колонка, американская норка – европейскую. Почти все виды (за исключением барсука) ведут круглогодично активный образ жизни.

Ласки и хорьки являются высокоплодовитыми формами. Выводки могут достигать 12 детёнышей, а у светлого хоря даже 18. У куниц, барсука, выдры и росомахи самки приносят не более 4-6 молодых. Многие виды имеют

латентную стадию в их развитии. Широко распространено явление гибридизации: лесная куница скрещивается с соболем, чёрный хорёк с норкой и светлым хорем.

Семейство кошачьи. Высоко специализированная группа хищников, приспособленная к добыванию животных, главным образом путём скрадывания или из засады, реже путём преследования. В процессе эволюции зубной ряд укорачивался, коронки коренных зубов, особенно хищнических, приобретали режущий тип строения, когти из обычных для хищников стали, благодаря аппарату ретракции, втяжными, что сильно повысило их эффективность. Большинство видов приспособились к существованию в условиях лесов, степей и пустынь жаркого климата; немногие же освоили те же ландшафты умеренного климата, но плохо мирятся со снежным покровом; лишь один вид (а именно рысь), обитает в наших таёжных лесах.

Размеры рыси средние, обычно 8-17кг. и лишь отдельные особи, чаще старые самцы более 30 кг. Туловище короткое, на сильных, удлинённых ногах, с очень широкими лапами и пальцами, соединёнными перепонками. Уши с длинными кисточками волос на концах. Хвост короткий. Питается преимущественно зайцами, грызунами и лесной дичью. Хорошо лазает по деревьям. Гон проходит в феврале-марте. Беременность 67-74 дня. Молодые (до 5 в выводке) прозревают на 72 день. Выводок держится вместе с самкой до января-февраля.

Отряд парнопалые. Крупные млекопитающие. Ушные раковины хорошо развиты. Число пальцев на конечностях два или четыре. Сильнее других развиты средние (третий и четвёртый) пальцы. Боковые пальцы (второй и пятый) недоразвиты, а иногда отсутствуют. Направление эволюции приспособление к быстрому передвижению в условиях открытого ландшафта и к питанию жёсткой травяной пищей (исключение составляют свиньи, у которых значительное место занимают животные корма). Характерна привычка посещать солонцы (как естественные, так и искусственные), и устраивать турнирные поединки во время гона.

Отряд парнокопытных включает 10 современных семейств, из которых в нашей фауне представлено три: свиньих (кабан, или дикая свинья), кабарговых (сибирская кабарга) и оленьих: косуля, или дикая коза, благородный олень, европейский лось (сохатый) и северный олень).

Кабан является довольно редким зверем некоторых мест южной окраины Западной Сибири. Излюбленные места – густые тростниковые заросли и непроходимые чащи кустарников по берегам озёр, рек и кромок болот. Половой зрелости достигают на втором году жизни. Гон проходит в ноябрь-январе. Продолжительность беременности около 4 месяцев. Молодые в числе 3-10 появляются в марте-мае.

Кабарга приспособлена к жизни в условиях горно-лесных ландшафтов, передвижению прыжками. У неё слабо развита передняя часть туловища и

передние ноги. Рогов нет, но самцы имеют выступающие из-под верхней губы и направленные вниз саблевидные клыки. Основная пища – лишайники и мхи, а так же разнообразная травянистая и древесно-кустарниковая растительность. Ведут оседлый образ жизни, чаще в одиночку. Половой зрелости самцы достигают на четвёртый год жизни. Период спаривания приходится на ноябрь-декабрь. В мае-июне самки приносят по 1-2 детёныша. Обитает в горах Кузнецкого Алатау и Алтае.

Семейство оленьих. Крупные или средней величины копытные на длинных ногах. Морда заканчивается мягкими губами. Самцы имеют рога, которые в развитом состоянии костные, сидят на выростах лобных костей, ежегодно сбрасываются и вырастают вновь. Желудок сложный, разделён на четыре отдела: рубец, сетку, книжку и сычуг. Направление эволюции – приспособление к питанию целиком растительными кормами, а так же к быстрому передвижению бегом вместо крадущейся походки и прыжков.

Косуля, или дикая коза распространена по югу не далее 58-60°с.ш. Обитатель лесостепи и не сплошных смешанных лесов. Летом живут парами или в одиночку, а на зиму собираются в группы до 10-12 голов. Половая зрелость наступает на втором, а чаще на третьем году жизни. Во второй половине мая-июня самка приносит 1-2, реже 3 детёныша.

Благородный олень изредка отмечается в горах Кузнецкого Алатау, заходя из Алтае -Саянской горной страны, где представлен одним из подвидов –

маралом. Плодовитость ниже, чем у косули. Самки приносят по одному телёнку, двойни очень редки. Добывается не только ради мяса и шкуры, но и из-за пантов. Существуют специальные пантовые оленеводческие хозяйства.

Европейский лось, или сохатый, наиболее крупный олень. Отличается сильно увеличенной верхней губой, нависающей над нижней, и наличием на нижней стороне головы (под гортанью) свисающей складки кожи. Направление эволюции лосей – приспособление к жизни в заболоченных лесах, к глубокому снежному покрову (длинные ноги с широко раздвигающимися копытами) и к питанию главным образом зимой древесно-веточным кормом. Распространён в таёжной зоне, а так же в криволесье и лесостепи.

Северный олень гораздо меньших размеров, чем лоси. Рога в противоположность всем остальным оленьим имеют и самцы, и самки. Носовое «зеркало» отсутствует. Копытные приспособились к жизни в условиях арктической тундры, и лесотундры, по болтам проникают далеко к югу, в зону средней тайги, до 48°с.ш, перенесению низких температур, передвижению по глубокому снегу и добычи из-под него корма, питанию наземными и древесными лишайниками, составляющими основу зимнего питания. Типично стадное животное, подвижны, кормятся на ходу, пасутся как днём, так и ночью. Лакомятся грибами. Могут поедать животную пищу

(яйца птиц, леммингов). По образу жизни различают тундровых, лесных и горных северных оленей. Характерны регулярные сезонные кочёвки.

Список литературы

1. Биология в 3-х т. / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут. М.: Мир, 2007. Т.1-454 с. Т.2 – 436 с. Т. 3 – 451 с
2. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений. Серебрякова Т.И., Воронин Н.С. и др. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 543 с.
3. Лотова Л.И. Строение растительной клетки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 32 с.
4. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений . М.: Эдиториал УРСС , 2001. 528 с.
5. Константинов В.М., Наумов С.П., Шаталова С.П. Зоология позвоночных. М.: Академия, 2000. – 496 с.
6. Наумов Н.П., Карташев Н.Н. Зоология позвоночных. Низшие хордовые, бесчелюстные, рыбы, земноводные. Ч.1. - М.: Высшая школа, 1979. - 333 с.
7. Догель В.А. Зоология беспозвоночных. – М.: Высшая школа, 1981.
8. Шубин Н.Г. Экология млекопитающих юго–востока Западной Сибири. Наука, Новосибирск, 1991.