

ПЛАНЫ-КОНСПЕКТЫ ЗАНЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ "ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ (БИОЛОГИЯ)"

Лекция 1. Тема: **БИОЛОГИЯ - СОВОКУПНОСТЬ НАУК О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В БИОЛОГИИ.**

Цель: познакомить с задачами и содержанием курса; сформировать четкое представление о современных проблемах общей биологии и понимание актуальности биологических исследований для человека и общества; сформировать знания об основных методах биологических исследований; расширить знания о биологии как совокупности наук о живой природе; выяснить основные этапы развития биологии; определить главные задания биологии; развивать познавательный интерес; формировать знания об уровнях организации живой природы, основные методы биологических исследований, современные взгляды на происхождение жизни и определение жизни; расширить и углубить знания о свойствах живых систем; развивать познавательный интерес; расширить знания об основных свойствах живых организмов, чертах сходства и отличиях живой материи от неживой; сформировать знания об уровнях организации живой природы; продолжить развитие умений работать с текстом, составлять схемы и таблицы.

Количество часов: 1 час.

План

1. Живая природа как объект изучения биологии.
2. Методы исследования.
3. Определение жизни (с привлечением материала из разделов физики и химии).
4. Уровни организации жизни.

Ключевые понятия и термины: биология, биологические науки, научный метод, исторический метод, сравнительно-описательный метод, мониторинг, микроскопия, центрифугирование, радиоавтография, клеточный уровень, организменный уровень, популяционно-видовой уровень, биогеоэкологический уровень, биосферный уровень, клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращение энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция, жизнь, гипотеза, живая материя, неживая материя, открытая система, саморегуляция, самовоспроизводство, дискретность, ритмичность, биоценоз.

Биология – (от греч. *биос* – жизнь и *логос* – учение), наука о живых существах, их строении, функциях и свойствах. Вместе с физическими и химическими науками она относится к естественно-научным дисциплинам. Термин «биология» предложен в 1802 г. французским естествоиспытателем Жаном-Батистом Ламарком и немецким ботаником Готфридом-Рейнгольдом Тревиранусом (1776-1837) независимо друг от друга. *Предмет* биологии –

все проявления жизни: разнообразие, строение и функции живых существ и их природных сообществ, распространение, происхождение и развитие, связи друг с другом и с неживой природой, как в настоящем, так и в прошлом. *Задачи* биологии – изучение закономерностей этих проявлений, раскрытие сущности жизни, систематизация живых существ.

Современная биология – это целый комплекс различных дисциплин, изучающих живые организмы. Она имеет развитую структуру.

Одними из первых в биологии сложились комплексные науки по объектам исследования:

- *зоология* – о животных, *ботаника* – о растениях,
- *анатомия и физиология человека* как основа медицины.

В пределах этих разделов сформировались более узкие дисциплины, например

в зоологии:

- *протозоология* (учение о простейших),
- *энтомология* (наука о насекомых),
- *орнитология* (о птицах),
- *териология* (наука о млекопитающих) и другие;

в ботанике:

- *альгология* (наука о водорослях),
- *бриология* (изучает мхи),
- *дендрология* (о древесных растениях) и другие.

В самостоятельные науки выделились:

- *антропология* (наука о человеке),
- *микробиология* (учение о микроорганизмах),
- *микология* (наука о грибах),
- *лихенология* (изучает лишайники),
- *вирусология* (о вирусах).

Современное многообразие организмов и распределение их по группам изучает *таксономия* или *систематика*.

Изучением прошлой истории органического мира занимается *палеонтология* и ее разделы (палеозоология, палеоботаника, палеоэкология и пр.).

Другой аспект классификации биологических дисциплин – по исследуемым свойствам и проявлениям (механизмам) живого.

Форму и строение организмов изучают морфологические дисциплины

- *цитология* (наука о клетках),
- *гистология* (наука о тканях),
- *анатомия* (наука об органах и их системах).

Состав и ультраструктуру тканей и клеток рассматривают *биохимия*, *биофизика* и *молекулярная биология*.

Образ жизни различных организмов и их взаимоотношения с условиями среды обитания исследует *экология* и более специальные науки – *гидробиология*, *биогеография*, *биогеоценология* и т.п.

Функции живых существ изучают *физиология животных* (в т.ч. человека) и *физиология растений*.

Закономерности поведения животных исследует *этология*.

Закономерности наследственности и изменчивости – предмет исследования *генетики*. Закономерности индивидуального развития живых организмов изучает *биология развития*, а историческое развитие – *эволюционное учение*. Широкое проникновение математики в различные разделы биологии вызвало к жизни математическую биологию или *биофизику*.

В целом для биологии характерно взаимопроникновение идей и методов различных биологических дисциплин, а также других наук – химии, физики, математики. В 20 веке возникли новые биологические дисциплины и направления на границах смежных наук, а также в связи с практическими потребностями (*радиобиология, космическая биология, физиология труда, социобиология* и др.). Взаимообогащение физики, химии и биологии раскрывает новые законы мироздания, приводит к пониманию новых природных закономерностей.

Основные методы в биологии – описательный, сравнительный, сравнительно-исторический, экспериментальный, моделирование и компьютерный анализ. Современная биология широко использует методы физики, химии, математики.

Практическое значение биологии:

Биологические знания крайне важны потому, что биология служит теоретической, фундаментальной основой для многих научных и прикладных направлений – медицины, сельского хозяйства, биотехнологии и др.

Еще Гиппократ отмечал: «Необходимо, чтобы каждый врач понимал природу». Во всех теоретических и практических медицинских науках используются общебиологические обобщения. Достижения молекулярной биологии, биохимии, микробиологии и смежных дисциплин позволяют бороться с различными заболеваниями человека на клеточном и субклеточном уровнях. Уже сейчас микробиологическая промышленность производит многие необходимые антибиотики, культивирует микроорганизмы, важные для различных отраслей биотехнологии. На основе биологических знаний решаются проблемы клонирования, генетической инженерии.

Совершенствование селекционной практики на основе законов генетики даёт возможность получать новые высокопродуктивные сорта растений, породы животных. Знание экологии промысловых видов животных, ценных представителей растительного царства позволяет планировать наиболее адекватные нормы изъятия, не снижающие, а повышающие естественную продуктивность. Значительное внимание уделяется созданию генетически модифицированных организмов, в том числе продуктов питания. Продолжают развиваться биологические методы борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, ведутся работы по

минимизации биоповреждений, совершенствованию профилактики природно-очаговых и паразитарных заболеваний.

Насущными задачами становятся создание режима биобезопасности, борьба с последствиями антропогенных загрязнений. При участии биологов оцениваются и проводятся мероприятия по интродукции, реинтродукции и акклиматизации. Использование достижений биологии для решения инженерных задач и развития техники занимается сравнительно новая отрасль биологии – бионика. Ее разработки нашли применение в архитектуре и строительстве, в биомеханике, аэро- и гидродинамике, при создании локационных, навигационных и сигнальных систем, в практике дизайна и получения искусственных материалов, сравнимых с природными аналогами.

Основные свойства живого:

Согласно определению М.В. Волькенштейна (1965), «живые организмы представляют собой открытые, саморегулирующиеся, самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот». Через живые открытые системы проходят потоки энергии, информации и вещества.

Живые организмы отличаются от неживых признаками, совокупность которых определяет их жизненные проявления. К основным свойствам живого относятся следующие.

1. Химический состав. Живые существа состоят из тех же химических элементов, что и неживые, но в организмах есть молекулы веществ, характерных только для живого (нуклеиновые кислоты, белки, липиды).

2. Дискретность и целостность. Любая биологическая система (клетка, организм, вид) состоит из отдельных частей, т.е. дискретна. Взаимодействие этих частей образует целостную систему (например, в состав организма входят отдельные органы, связанные структурно и функционально в единое целое). Различают пространственную и временную дискретность. Пространственная дискретность нарушается во время оплодотворения с целью обеспечения непрерывности живой материи. Дискретность во времени означает, что любой организм на Земле имеет конечное время существования. Смерть – неотъемлемое свойство жизни на планете. Приспособление к меняющимся условиям происходит только через смену поколений.

3. Структурная организация. Живые системы способны создавать порядок из хаотичного движения молекул, образуя определенные структуры. Для живого характерна упорядоченность в пространстве и времени. Это комплекс сложных саморегулирующихся процессов обмена веществ, протекающих в строго определенном порядке, направленном на поддержание постоянства внутренней среды.

4. Раздражимость и движение. Все живое избирательно реагирует на внешние воздействия специфическими реакциями благодаря свойству *раздражимости*. Растительные организмы реагируют на раздражители в виде тропизмов (реакций в виде изменения направления

роста или положения органа). Животные организмы отвечают на воздействие движением. Проявление формы движения зависит от структуры организма.

5. Саморегуляция и гомеостаз. Действие разнообразных раздражителей внешней среды приводит к изменению состояния живого организма. Способность организма противостоять изменчивости окружающей среды обеспечивается саморегуляцией и поддержанием гомеостаза. *Гомеостаз* – динамическое постоянство внутренней среды организма, одно из основных условий существования живого. Гомеостаз поддерживается координированной деятельностью клеток, тканей и органов организма. Механизмы поддержания гомеостаза лежат в основе приспособления организма к изменяющимся условиям существования, его адаптации.

6. Обмен веществ и энергии. Живые организмы – открытые системы, совершающие постоянный обмен веществом и энергией с окружающей средой. *Обмен веществ*, или *метаболизм*, – это совокупность всех последовательных физико-химических изменений, которые претерпевают вещества от момента поступления в организм до образования конечных продуктов распада и их выделения из организма. При изменении условий среды происходит саморегуляция жизненных процессов по принципу обратной связи, направленная на восстановление гомеостаза. Процессы метаболизма обеспечивают все проявления жизнедеятельности организма.

7. Самовоспроизведение и самообновление. Время существования любой биологической системы ограничено. В связи с необходимостью поддержания жизни происходит процесс самовоспроизведения, предполагающий образование новых молекул и структур, несущих генетическую информацию, находящуюся в молекулах ДНК. Процесс самовоспроизведения реализуется через различные формы размножения. Различают два способа размножения организмов – бесполое и половое.

8. Наследственность и изменчивость. Молекула ДНК способна хранить и передавать наследственную информацию благодаря матричному принципу репликации, обеспечивая материальную преемственность между поколениями. При передаче наследственной информации иногда возникают различные отклонения, приводящие к изменению признаков и свойств у потомков. Если эти изменения благоприятствуют жизни, они могут закрепиться отбором.

9. Рост и развитие. Организмы наследуют определенную генетическую информацию о возможности развития тех или иных признаков. Реализация информации происходит во время индивидуального развития – *онтогенеза*. На определенном этапе онтогенеза осуществляется *рост* организма – увеличение размеров за счет биосинтеза собственных структур. Рост обусловлен увеличением количества клеток и их производных. Рост живого организма сопровождается *развитием* – необратимым процессом количественных и качественных изменений с момента рождения до смерти.

10. **Эволюция.** Все вышеперечисленные свойства проявляются на уровне организма или сообщества организмов. Эволюция есть атрибут жизни на Земле в целом и характеризуется повышением уровня организации ведущих представителей каждой последующей геологической эпохи по сравнению с предшествующей.

Уровни организации живых систем:

При изучении живой материи приходится иметь дело с большим количеством взаимодействующих элементов, с иерархически организованной сложностью. В современной биологии очень важен *системный подход*, системное видение и понимание проблем. Основы системного подхода заложены в трудах российского ученого А.А. Богданова (1913-22 гг.) и австрийского биолога Л. фон Берталанфи, опубликованных в 50-х годах 20 века.

Система – это совокупность взаимодействующих элементов, имеющая входы и выходы для обмена со средой веществом, информацией и энергией. Систему рассматривают как совокупность взаимодействующих подсистем и элементов, составляющих единое целое. Регуляция и саморегуляция системы идет по прямым и обратным связям. Для систем характерны упорядоченность, саморегуляция, саморазвитие, пространственные ограничения. Цель, структура и функция систем – неотъемлемые, взаимосвязанные и взаимообусловленные атрибуты единого целого. Разным целям соответствуют разные по структуре и функции системы.

Основные принципы системного подхода:

Целостность, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней.

Иерархичность строения, т.е. наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня – элементам высшего уровня.

Структуризация, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами ее отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры.

Множественность, позволяющая использовать множество различных моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.

Применительно к биологии можно отметить, что живые системы всех уровней организации представляют собой неразрывную структурно-функциональную совокупность организмов и среды их обитания, связанную потоками энергии, вещества и информации. Это открытые саморегулирующиеся и саморазвивающиеся системы, состоящие из подсистем. Биологическая система обладает закономерным свойством устойчивости, в ее основе лежит принцип необходимого разнообразия элементов системы.

Следовательно, живая природа является целостной, но неоднородной системой, которой свойственна иерархическая организация. Иерархический

принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные уровни, что удобно с точки зрения изучения жизни как сложного природного явления. Объектами изучения в биологии являются молекулы, клеточные органеллы, клетки, ткани, органы, организмы и надорганизменные системы, а также функциональные взаимосвязи между всеми ими.

Молекулярно-генетический уровень изучает молекулярная биология, а также химия природных соединений, где исследуют основные биополимеры – ДНК, РНК, белки, полисахариды и другие компоненты клетки. Процессы молекулярного уровня организации (синтез и разложение белков, нуклеиновых кислот, липидов, обмен веществ и энергии, копирование генетической информации) обеспечивают существование жизни на всех уровнях. Однако жизнь нельзя свести лишь к молекулярному уровню.

Элементарной единицей данного уровня является ген – участок молекулы ДНК, содержащий определенную генетическую информацию. Элементарное явление – редупликация (самовоспроизведение) молекул ДНК, в процессе которой могут возникать различные нарушения, изменяющие смысл генетической информации, что приводит к изменчивости.

Клеточный уровень считают фундаментальным, на нем в полной мере проявляются свойства живого, поэтому *клетку* считают элементарной структурной и функциональной единицей живой материи. На клеточном уровне жизнь представлена самостоятельными одноклеточными организмами. Кроме этого, клетки входят в состав биологических тканей – совокупностей клеток, сходных по строению и функциям. Элементарное явление – реакции клеточного метаболизма. В клетке осуществляются реализация наследственной информации, обмен веществ и энергии. Эти процессы тесно связаны между собой. Клетки и их органеллы изучает особая наука – цитология.

Тканевый уровень организации живого характерен для многоклеточных организмов. Клетки, даже входящие в состав одного многоклеточного организма, отличаются значительным морфофункциональным разнообразием. Возникшие в ходе эволюции сходные по строению и функциям клетки организма формируют ткани, специализированные на выполнении частных функций. Ткани состоят из клеток общего происхождения и сходных функций. Их изучает гистология.

Органный уровень. Несколько тканей формируют *органы* – части тела, имеющие определенное строение, занимающие определенное место в организме и выполняющие характерные функции. Отдельные органы, как правило, хорошо различаются по своей структуре даже невооруженным глазом. Органы, объединенные функционально, образуют системы и аппараты органов. Структуры и функции органов и их систем изучают анатомия и физиология.

Организменный уровень. *Организм* – это высокоинтегрированная живая система, причем характерной чертой эволюции тканевых клеток животных, является их возрастающая подчиненность надклеточным регулирующим системам, в первую очередь нервной и эндокринной. На этом

уровне изучают процессы, происходящие в особи, начиная с момента ее зарождения и до прекращения жизни. Индивидуальное развитие особи, или *онтогенез*, дает возможность называть этот уровень онтогенетическим. Изменения, происходящие в течение всего онтогенеза особи, составляют элементарное явление на данном уровне.

Существуют два типа организмов – одноклеточные и многоклеточные. Организм в тех или иных проявлениях его жизнедеятельности служит предметом исследования многих биологических дисциплин.

Популяционный уровень. Элементарной единицей этого надорганизменного уровня является *популяция* – группа особей одного вида, обитающих в определенной местности в условиях, где возможно свободное скрещивание. Например, лягушки, живущие в одном лесном озере, достаточно удаленном от других водоемов, служат примером популяции. Помимо свободного скрещивания, членов популяции объединяет многое другое, например, условия питания. В популяциях осуществляются элементарные эволюционные преобразования – естественный отбор и мутационный процесс. Несколько популяций объединяются в вид.

Видовой уровень. *Вид* – это совокупность особей нескольких популяций, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства, населяющих определенную территорию (ареал) и обладающих общими морфофункциональными признаками. Главная особенность вида заключается в его генетической обособленности. Виды, даже близкие, не скрещиваются либо не оставляют плодового потомства. Например, городские и деревенские ласточки могут иметь частично совпадающие места обитания, но видовую индивидуальность сохраняют и те и другие.

Биогеоценотический (экосистемный) уровень. Его элементарной структурой является *биогеоценоз*, или *экологическая система*, – это устойчивая совокупность разных систематических групп (растений, животных, микроорганизмов) вместе со средой их обитания, объединенных обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

Примером экосистемы может служить озеро, включающее сообщество гидробионтов (организмов, обитающих в воде), физические свойства и химический состав воды, особенность рельефа дна, состав и структуру грунта, взаимодействующий с поверхностью воды атмосферный воздух, солнечную радиацию.

Экосистема – основная структурная единица окружающего мира. Закономерности функционирования экосистем изучает экология.

Биосферный уровень. *Биосферой* называют оболочку Земли, включающие все биогеоценозы планеты. Совокупность всех живых организмов, населяющих Землю, составляет «*живое вещество*». Биосфера – единая глобальная экологическая система, область существования живого вещества. Элементарное явление на биосферном уровне связано с круговоротом веществ и энергии, происходящим при участии живых организмов.

Все уровни организации живого тесно связаны между собой, что свидетельствует о целостности живой природы. Без биологических процессов, осуществляемых на этих уровнях, невозможны эволюция и существование жизни на Земле.

На определенном этапе эволюционного развития биосферы появился человек, в котором объединены биологическое и социальное начала. В жизни человека главную роль играют социальные взаимоотношения. При этом человечество остается составной частью биосферы. Здоровье человека зависит от умения приспосабливаться к меняющимся условиям среды. Если эта способность проявляется недостаточно, то могут возникнуть заболевания, затрагивающие различные уровни организации жизни (клеточный или организменный).

Когда мы говорим о биологии, мы говорим о науке, которая занимается исследованием всего живого. Все живые существа, включая ареал их обитания, изучаются. Начиная от строения клеток и заканчивая сложными биологическими процессами, все это является предметом биологии. Рассмотрим **методы исследования в биологии**, которые на данный момент используются.

Методы биологических исследований включают в себя:

- · *Эмпирические/экспериментальные методы*
- · *Описательные методы*
- · *Сравнительные методы*
- · *Статистические методы*
- · *Моделирование*
- · *Исторические методы*

Эмпирические методы заключаются в том, что объект опыта подвергается изменению условий его существования, а потом, учитываются полученные результаты. Эксперименты бывают двух видов в зависимости от их места проведения: лабораторные эксперименты и полевые эксперименты. Для проведения полевых экспериментов используются естественные условия, а для проведения лабораторных экспериментов, используется специальное лабораторное оборудование.

Описательные методы основываются на наблюдение, с последующим анализом и описанием феномена. Этот метод позволяет выделить особенности биологических явлений и систем. Это один из самых древних методов.

Сравнительные методы подразумевают сравнение полученных фактов и явлений с другими фактами и явлениями. Сведения получают путем наблюдения. В последнее время стало популярно применять мониторинг. Мониторинг - это постоянное наблюдение, которое позволяет собрать данные, на основе которых будет проводиться анализ, а потом прогнозирование.

Статистические методы также известны под названием математические методы, и используются для того, чтобы обработать данные

числового характера, которые были получены в ходе эксперимента. Кроме этого, данный метод применяется для того, чтобы убедиться в достоверности определенных данных.

Исторические методы основываются на изучение предыдущих фактов, и позволяют определить существующие закономерности. Но так как не всегда один метод оказывается достаточно эффективным, принято эти методы совмещать для получения лучших результатов.

Моделирование - это метод, который в последнее время принимает большие обороты и подразумевает работать с объектами путем представления их в моделях. То, что нельзя анализировать и изучать впоследствии эксперимента, то можно узнать путем моделирования. Частично используется не только обычное моделирование, а также математическое моделирование.

Рассмотрим аналогию и моделирование в биологических исследованиях.

Аналогия и моделирование в биологии

Под аналогией понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов. Установление сходства (или различия) между объектами осуществляется в результате их сравнения. Таким образом, сравнение лежит в основе метода аналогии.

Если делается логический вывод о наличии какого-либо свойства, признака, отношения у изучаемого объекта на основании установления его сходства с другими объектами, то этот вывод называют умозаключением по аналогии. Ход такого умозаключения можно представить следующим образом. Пусть имеется, например, два объекта А и В. Известно, что объекту А присущи свойства $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}$. Изучение объекта В показало, что ему присущи свойства P_1, P_2, \dots, P_n , совпадающие соответственно со свойствами объекта А. На основании сходства ряда свойств (P_1, P_2, \dots, P_n) у обоих объектов может быть сделано предположение о наличии свойства P_{n+1} у объекта В.

Степень вероятности получения правильного умозаключения по аналогии будет тем выше: 1) чем больше известно общих свойств у сравниваемых объектов; 2) чем существеннее обнаруженные у них общие свойства и 3) чем глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств. При этом нужно иметь в виду, что если объект, в отношении которого делается умозаключение по аналогии с другим объектом, обладает каким-нибудь свойством, не совместимым с тем свойством, о существовании которого должен быть сделан вывод, то общее сходство этих объектов утрачивает всякое значение.

Указанные соображения об умозаключении по аналогии можно дополнить также и следующими правилами:

1) общие свойства должны быть любыми свойствами сравниваемых объектов, т. е. подбираться "без предубеждения" против свойств какого-либо типа;

2) свойство P_{n+1} должно быть того же типа, что и общие свойства P_1, P_2, \dots, P_n ;

3) общие свойства P_1, P_2, \dots, P_n должны быть возможно более специфичными для сравниваемых объектов, т. е. принадлежать возможно меньшему кругу объектов;

4) свойство P_{n+1} , наоборот, должно быть наименее специфичным, т. е. принадлежать возможно большему кругу объектов.

Существуют различные типы выводов по аналогии. Но общим для них является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом объекте. Поэтому вывод по аналогии в самом общем смысле можно определить как перенос информации с одного объекта на другой. При этом первый объект, который собственно и подвергается исследованию, именуется моделью, а другой объект, на который переносится информация, полученная в результате исследования первого объекта (модели), называется оригиналом (иногда - прототипом, образцом и т. д.). Таким образом, модель всегда выступает как аналогия, т. е. модель и отображаемый с ее помощью объект (оригинал) находятся в определенном сходстве (подобии).

"Под моделированием понимается изучение моделируемого объекта (оригинала), базирующееся на взаимоднозначном соответствии определенной части свойств оригинала и замещающего его при исследовании объекта (модели) и включающее в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект - оригинал"

Модели в биологии применяются для моделирования биологических структур, функций и процессов на разных уровнях организации живого: молекулярном, субклеточном, клеточном, органно-системном, организменном и популяционно-биоценотическом. Возможно также моделирование различных биологических феноменов, а также условий жизнедеятельности отдельных особей, популяций и экосистем.

В биологии применяются в основном три вида моделей: биологические, физико-химические и математические (логико-математические). Биологические модели воспроизводят на лабораторных животных определённые состояния или заболевания, встречающиеся у человека или животных. Это позволяет изучать в эксперименте механизмы возникновения данного состояния или заболевания, его течение и исход, воздействовать на его протекание. Примеры таких моделей - искусственно вызванные генетические нарушения, инфекционные процессы, интоксикации, воспроизведение гипертонического и гипоксического состояний, злокачественных новообразований, гиперфункции или гипофункции некоторых органов, а также неврозов и эмоциональных состояний. Для создания биологической модели применяют различные способы воздействия на генетический аппарат, заражение микробами, введение токсинов, удаление отдельных органов или введение продуктов их жизнедеятельности (например, гормонов), различные воздействия на центральную и периферическую нервную систему, исключение из пищи тех или иных

веществ, помещение в искусственно создаваемую среду обитания и многие другие способы. Биологические модели широко используются в генетике, физиологии, фармакологии.

Физико-химические модели воспроизводят физическими или химическими средствами биологические структуры, функции или процессы и, как правило, являются далёким подобием моделируемого биологического явления. Начиная с 60-х гг. 19 в. были сделаны попытки создания физико-химической модели структуры и некоторых функций клеток. Так, немецкий учёный М. Траубе (1867) имитировал рост живой клетки, выращивая кристаллы CuSO_4 в водном растворе $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: французский физик С. Ледюк (1907), погружая в насыщенный раствор K_3PO_4 сплавленный CaCl_2 , получил - благодаря действию сил поверхностного натяжения и осмоса - структуры, внешне напоминающие водоросли и грибы. Смешивая оливковое масло с разными растворимыми в воде веществами и помещая эту смесь в каплю воды, О. Бючли (1892) получал микроскопические пены, имевшие внешнее сходство с протоплазмой; такая модель воспроизводила даже амёбовидное движение. С 60-х гг. 19 в. предлагались также разные физические модели проведения возбуждения по нерву. В модели, созданной итальянским учёным К. Маттеуччи и немецким - Л. Германом, нерв был представлен в виде проволоки, окруженной оболочкой из проводника второго рода. При соединении оболочки и проволоки с гальванометром наблюдалась разность потенциалов, изменявшаяся при нанесении на участок "нерва" электрического "раздражения". Такая модель воспроизводила некоторые биоэлектрические явления при возбуждении нерва. Французский учёный Р. Лилли на модели, распространяющейся по нерву волны возбуждения, воспроизвёл ряд явлений, наблюдаемых в нервных волокнах (рефрактерный период, "всё или ничего" закон, двустороннее проведение). Модель представляла собой стальную проволоку, которую помещали сначала в крепкую, а затем в слабую азотную кислоту. Проволока покрывалась окислом, который восстанавливался при ряде воздействий; возникший в одном участке процесс восстановления распространялся вдоль проволоки. Подобные модели, показавшие возможность воспроизведения некоторых свойств и проявлений живого посредством физико-химических явлений, основаны на внешнем качественном сходстве и представляют лишь исторический интерес.

Позднее более сложные модели, основанные на гораздо более глубоком количественном подобии, строились на принципах электротехники и электроники. Так, на основе данных электрофизиологических исследований были построены электронные схемы, моделирующие биоэлектрические потенциалы в нервной клетке, её отростке и в синапсе. Построены также механические машины с электронным управлением, моделирующие сложные акты поведения (образование условного рефлекса, процессы центрального торможения и пр.).

Значительно большие успехи достигнуты в моделировании физико-химических условий существования живых организмов или их органов и

клеток. Так, подобраны растворы неорганических и органических веществ (растворы Рингера, Локка, Тироде и др.), имитирующие внутреннюю среду организма и поддерживающие существование изолированных органов или культивируемых вне организма клеток.

Модели биологических мембран (плёнка из природных фосфолипидов разделяет раствор электролита) позволяют исследовать физико-химические основы процессов транспорта ионов и влияние на него различных факторов. С помощью химических реакций, протекающих в растворах в автоколебательном режиме, моделируют колебательные процессы, характерные для многих биологических феноменов, - дифференцировки, морфогенеза, явлений в сложных нейронных сетях и т. д.

Математическая модель (математическое и логико-математическое описание структуры, связей и закономерностей функционирования живых систем) строится на основе данных эксперимента или умозрительно, формализованно описывают гипотезу, теорию или открытую закономерность того или иного биологического феномена и требуют дальнейшей опытной проверки. Различные варианты подобных экспериментов выявляют границы применения математической модели и дают материал для её дальнейшей корректировки. Математическая модель в отдельных случаях позволяет предсказать некоторые явления, ранее не известные исследователю. Так, модель сердечной деятельности, предложенная голландскими учёными ван дер Поллом и ван дер Марком, основанная на теории релаксационных колебаний, указала на возможность особого нарушения сердечного ритма, впоследствии обнаруженного у человека. Из математической модели физиологических явлений следует назвать также модель возбуждения нервного волокна, разработанную английскими учёными А. Ходжкином и А. Хаксли. На основе теории нервных сетей американских учёных У. МакКаллока и У. Питса строятся логико-математические модели взаимодействия нейронов. Системы дифференциальных и интегральных уравнений положены в основу моделирования биоценозов (В. Вольтерра, А.Н. Колмогоров). Марковская математическая модель процесса эволюции построена О.С. Кулагиной и А.А. Ляпуновым. И.М. Гельфандом и М.Л. Цетлиным на основе теории игр и теории конечных автоматов разработаны модельные представления об организации сложных форм поведения. В частности, показано, что управление многочисленными мышцами тела строится на основе выработки в нервной системе некоторых функциональных блоков - синергий, а не путём независимого управления каждой мышцей. Создание и использование математических и логико-математических М., их совершенствование способствуют дальнейшему развитию математической и теоретической биологии.

Метод моделирования в биологии является средством, позволяющим устанавливать все более глубокие и сложные взаимосвязи между биологической теорией и опытом. В последнее столетие экспериментальный метод в биологии начал наталкиваться на определенные границы, и выяснилось, что целый ряд исследований невозможен без моделирования.

Если остановиться на некоторых примерах ограничений области применения эксперимента, то они будут в основном следующими: (19 с 15)

- эксперименты могут проводиться лишь на ныне существующих объектах (невозможность распространения эксперимента в область прошлого);
- вмешательство в биологические системы иногда имеет такой характер, что невозможно установить причины появившихся изменений (вследствие вмешательства или по другим причинам);
- некоторые теоретически возможные эксперименты неосуществимы вследствие низкого уровня развития экспериментальной техники;
- большую группу экспериментов, связанных с экспериментированием на человеке, следует отклонить по морально - этическим соображениям.

Но моделирование находит широкое применение в области биологии не только из-за того, что может заменить эксперимент. Оно имеет большое самостоятельное значение, которое выражается, по мнению ряда авторов (19, 20,21), в целом ряде преимуществ:

1. С помощью метода моделирования на одном комплексе данных можно разработать целый ряд различных моделей, по-разному интерпретировать исследуемое явление, и выбрать наиболее плодотворную из них для теоретического истолкования;
2. В процессе построения модели можно сделать различные дополнения к исследуемой гипотезе и получить ее упрощение;
3. В случае сложных математических моделей можно применять ЭВМ;
4. Открывается возможность проведения модельных экспериментов (синтез аминокислот по Миллеру) (19 с 152).

Все это ясно показывает, что моделирование выполняет в биологии самостоятельные функции и становится все более необходимой ступенью в процессе создания теории. Однако моделирование сохраняет свое эвристическое значение только тогда, когда учитываются границы применения всякой модели.

Этапы проведения биологического исследования

Этап	Описание
1. Постановка проблемы	Выработка четкой постановки проблемы.
2. Предполагаемое решение, формулирование гипотезы	Формулирование ожидаемых результатов и их научного значения с опорой на уже известные данные
3. Планирование исследования	Разработка порядка проведения исследования: разработка последовательности осуществления отдельных этапов исследования
4. Проведение исследования	Подбор необходимых биологических объектов, приборов, реактивов. Проведение различных этапов исследования. Сбор и запись наблюдений, измеряемых величин и

	результатов
5. Подведение итогов	Сравнение полученных результатов с гипотезой, научное объяснение результатов, формулирование выводов

В настоящее время в различных отраслях биологической науки широко используют метод моделирования (фр. *modele* - "образец", "прообраз"), когда на специально созданной модели воспроизводят характеристики изучаемого объекта. При этом между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно быть известное подобие. Моделирование широко используется, если объект исследования очень сложный (многокомпонентный) или труднодоступный для непосредственного наблюдения. В этих случаях моделирование помогает не только выявить свойства и взаимозависимости изучаемого объекта, но и представить его характеристики в изменяющихся условиях.

Модель не копирует, а имитирует реальность. Моделирование позволяет экспериментировать с объектом, использовать процессы или явления, недоступные для непосредственного наблюдения. Методами имитационного моделирования (особенно с применением компьютеров), изменяя условия или компоненты объекта, можно получить достаточно надежные количественные прогнозы, например, возможной численности популяции, математических закономерностей в системах "хищник - жертва", "паразит - хозяин", устойчивости структуры биосистем. Моделирование особенно широко используется в исследованиях биосферы.

Литература: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Что такое биология?
2. Какова роль биологии в современном обществе, какова роль биологических знаний в нашей жизни?
3. Какие крупные открытия сделаны в последние годы?
4. Для решения каких глобальных задач человечества необходимы знания биологии?
5. Какова основная цель науки?
6. Что такое научный метод? В чем его основной принцип?
7. Что такое научный эксперимент?
8. Какой факто может считаться научным?
9. Чем гипотеза отличается от закона или теории?
10. Какие особенности имеет развитие биологии в древнем мире?
11. Почему эпоха Возрождения привела к интенсивному развитию биологических дисциплин?
12. Какие отрасли биологии возникли в XX столетии?
13. Какие науки составляют систему биологических знаний?
14. По каким принципам классифицируют биологические науки?

15. Какие свойства имеет жизнь?

16. Как отличается живой организм от неживого? Как с помощью биологии можно решить проблемы человечества?

Лекции 2-7. Тема: КЛЕТКА.

Цель: ознакомиться с характеристикой молекулярного уровня, химическим составом клетки, раскрыть свойства и значение воды, солей в клетке, сформировать понятия "биополимеры", "биомолекулы", "углеводы", "липиды", познакомить со строением углеводов и липидов через формирование умений и навыков работы с учебно-тематической картой и самостоятельный поиск знаний; формирование умений самостоятельно работать с учебной литературой, поиска необходимой информации для выполнения заданий и овладение знаниями о химическом составе, уровнях организации, свойствах и функциях белков; развитие навыков проведения биологических опытов, наблюдений и формирование выводов на основе полученных результатов опыта; познакомить с видами нуклеиновых кислот, их строением и функциями, АТФ и др. соединений клетки через формирование умений самостоятельного поиска знаний и навыков работы с учебной литературой, учебно-тематическими картами; сформировать знания о вирусах как неклеточной форме жизни, их строении, особенностях жизнедеятельности; сформировать знания об истории создания клеточной теории, ее современные положения, методах изучения клетки и ее органелл; развить понятие о клеточном уровне жизни; сформировать знания о цитоплазме, ее составе, клеточной мембране, ее строении; сформировать знания о функциях плазматической мембраны, познакомить с основными видами транспорта веществ через мембрану; формирование умений самостоятельно добывать знания навыков работы с учебной и дополнительной литературой через усвоение знаний о вакуолярной системе клетки и ее органеллами как одномембранными компонентами (ЭПС, АГ, лизосомы), их функциями; ознакомление с немембранными компонентами клетки и их функциями; ознакомиться с особенностями двумембранных органелл клетки - ядром, митохондриями и пластидами, их функциями; сформировать знания об особенностях строения и жизнедеятельности прокариотических клеток, растительной и животной клетки, через формирование умений самостоятельного поиска знаний, навыков работы с учебной литературой; сформировать представление о метаболизме как совокупности реакций обмена веществ в клетке; раскрыть сущность энергетического обмена - катаболизма; подвести к выводу о значении АТФ как универсального аккумулятора энергии в клетке; познакомить с характерными особенностями трех этапов энергетического обмена, ролью ферментов в реакциях обмена веществ; продолжить углубление знаний о способах питания в органическом мире через изучение особенностей процессов фотосинтеза и хемосинтеза; обосновать космическую роль зеленых растений; раскрыть значение хемосинтеза в биосфере; углубить знания о метаболизме клеток путем изучения реализации наследственной

информации в процессе биосинтеза белка; продолжить формирование знаний о хранении информации о белках в ДНК; познакомить с понятием "генетический код" и основными его свойствами с позиций единства происхождения всех живых организмов Земли; рассмотреть особенности транскрипции у эукариот как одного из этапов биосинтеза белка; продолжить формирование знаний о механизмах биосинтеза белка на примере трансляции; показать роль транспортных РНК в процессе биосинтеза белка; раскрыть механизмы матричного синтеза полипептидной цепи на рибосомах; сформировать знания о значении деления клетки для роста, развития и размножения клетки и организма в целом; познакомить с основными видами деления клеток; рассмотреть механизмы, обеспечивающие равномерное распределение генетической информации между дочерними клетками; охарактеризовать основные этапы жизненного и митотического цикла;

Количество часов: 6 часов.

План

1. История изучения клетки. Основные положения клеточной теории. Клетка - структурно-функциональная (элементарная) единица жизни. Строение клетки. Прокариоты и эукариоты - низшие и высшие клеточные организмы.
2. Основные структурные компоненты клетки эукариот.
3. Клеточное ядро. Функции ядра: хранение, воспроизведение и передача наследственной информации, регуляция химической активности клетки. Структура и функции хромосом. Аутосомы и половые хромосомы.
4. Биологическое значение химических элементов. Неорганические вещества в составе клетки. Роль воды как растворителя и основного компонента внутренней среды организма.
5. Углеводы и липиды клетки. Структура и биологические функции белков. Строение нуклеотидов и структура полинуклеотидных цепей ДНК и РНК, АТФ.
6. Вирусы и бактериофаги. Неклеточное строение, жизненный цикл и его зависимость от клеточных форм жизни. Вирусы - возбудители инфекционных заболеваний; понятие об онковирусах. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ). Профилактика ВИЧ-инфекции.

Ключевые понятия и термины: клетка, клеточная теория, животная клетка, растительная клетка, микроэлементы, макроэлементы, ультрамикроэлементы, диполь, гидрофильность, гидрофобность, амфифильность, водно-солевой обмен, вода, ксерофиты, сукуленты, гигрофиты, гидрофиты, мезофиты, водный баланс, пищевые добавки, эндемические заболевания, аэробы, анаэробы, органические вещества, моносахариды, полисахариды, мономеры, липиды, жиры, глицерин, жирные кислоты, фосфолипиды, стероиды, заменимые аминокислоты, незаменимые аминокислоты, биополимеры, пептидная связь, уровни организации белковой молекулы, ферменты, катализаторы, активный центр, витамины, гормоны,

факторы роста, ДНК, РНК, нуклеотиды, ген, АТФ репликация, транскрипция, комплементарность, редупликация, длина и масса нуклеотида, длина и масса гена, срок годности, консерванты, красители, правила предупреждения отрицательного влияния, сроки использования, неорганические вещества, органические вещества, микроскопия, цитологические препараты, автордиография, культура тканей, эукариоты, прокариоты, органеллы клетки, оформленное ядро, органеллы клетки эукариот, биомолекулярный слой липидов, глобулы белков, жидкостно-мозаичная модель строения, экзоцитоз, эндоцитоз, пиноцитоз, фагоцитоз, диффузия, плазмалемма, гиалоплазма, надмембранные структуры, гликокаликс, ядерная оболочка, ядерный матрикс (белковый скелет), кариоплазма (ядерный сок), хромосомы, нуклеоид, кольцевая ДНК, плазмиды, цитозоль, микрофиламенты, микротрубочки, клеточный центр, малая и большая субединица рибосомы, полирибосомы, транскрипция, трансляция, генетический код, комплементарность, триплет, кодон, лизосомы, пероксисомы, вакуоли, эндоплазматическая сеть ЭПС, аппарат Гольджи, АТФ, гликолиз, пластиды, ядро, митохондрии, хлоропласты, хромопласты, лейкопласты, фотосинтез, фотолиз, световая фаза, темновая фаза, тилакоиды, деление, апоптоз, автофаги, клеточное старение, центромера, кариотип, хромосомные болезни, аутосомы, половые хромосомы, фазы митоза, интерфаза, диплоидный набор хромосом, фазы мейоза, кроссинговер, анаболизм, катаболизм, калюс, культура тканей, клеточная инженерия, биологическая система, элементарная единица строения, развитие, размножение, дифференциация клеток, регенерация, ткани, гистология, биотехнология, тканевая инженерия, гистогенез, молекулярный уровень жизни, клеточный уровень жизни, тканевой уровень жизни.

Универсальной структурно-функциональной единицей живого является **клетка**. Клетки – достаточно мелкие образования, видимые, как правило, только в микроскоп, поэтому открытие и исследование клеток тесно связано с развитием микроскопической техники. Характерные размеры клеток: 1–5 мкм для бактерий и 10–100 мкм для клеток животных и растений (микрометр, мкм = 10^{-6} м, то есть тысячная доля миллиметра). Предел разрешающей способности человеческого глаза — порядка 100 мкм (1/10 мм), но при этом нужно учитывать, что объект должен быть контрастным. Отдельные клетки, даже крупные, в составе ткани увидеть часто невозможно из-за низкого контраста, и, как правило, для его повышения требуется окрашивание препарата. Случай, когда одноклеточное размером порядка 100–200 мкм можно увидеть невооруженным глазом, — наблюдение на темном фоне в боковом свете. Подобно тому, как за счет рассеяния света можно видеть пылинки в косом солнечном луче, в этом случае можно увидеть и клетку.

Однако в большинстве случаев для обнаружения клеток необходимы оптические приборы и методики подготовки препаратов. По-видимому, первый микроскоп был сконструирован отцом и сыном Янссенами в конце XVI в., но он был весьма несовершенным.

Термин «клетка» ввел английский естествоиспытатель Роберт Гук (рис. 1). Он сконструировал микроскоп и, изучая с его помощью различные объекты, в 1665 г. обнаружил, что срез обычной винной пробки образован правильно расположенными прямоугольными ячейками (cells), которые он и назвал клетками (рис. 2 — иллюстрация из его книги «Микрография»). Он видел не живые клетки, а клеточные стенки, так как пробка — это мертвая ткань. В дальнейшем подобные образования были обнаружены в других биологических объектах, и термин «клетка» стал общепринятым.

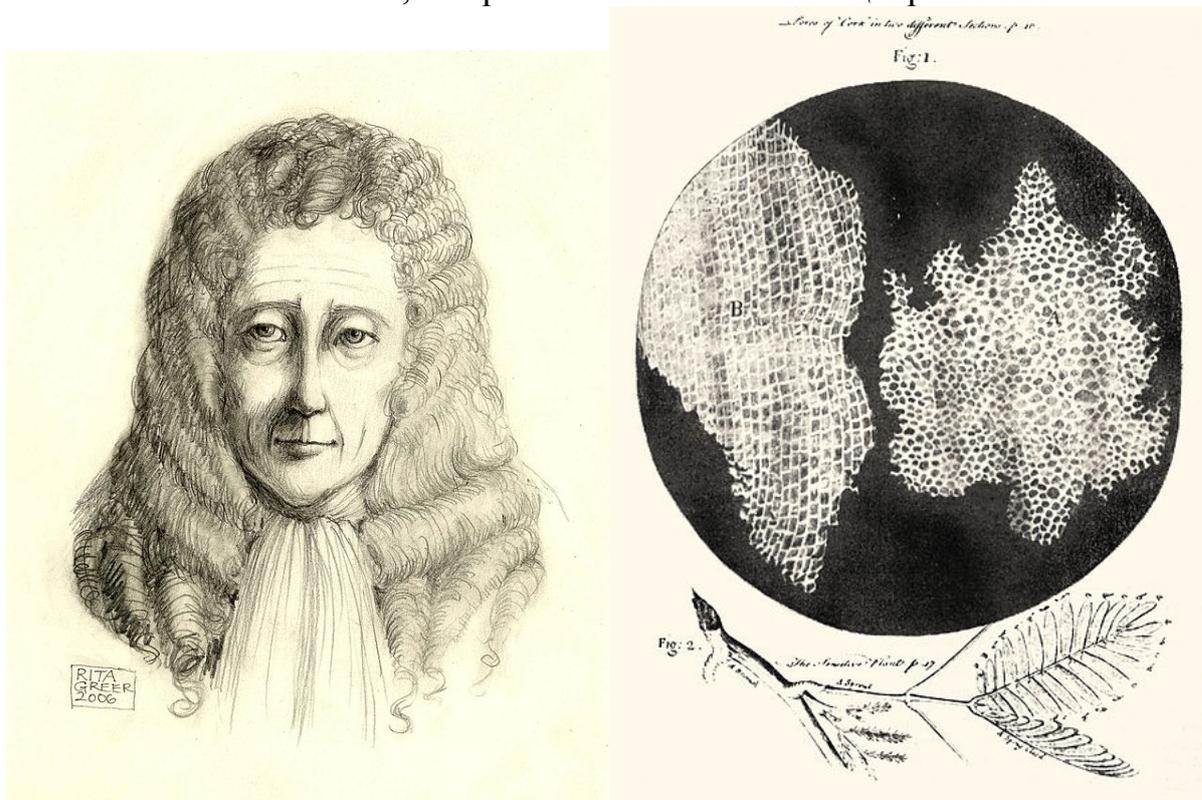


Рис. 1

Рис. 2

Большой вклад в изучение клеток внес голландский ученый Антони ван Левенгук. В конце XVII в. он изготовил микроскоп и обнаружил различные микроорганизмы в зубном налете, в воде из лужи и настое растений. Микроскоп Левенгука был им существенно усовершенствован и давал гораздо больше возможностей, чем более примитивные микроскопы предшественников. Так был открыт невидимый глазу мир микробов, которых Левенгук назвал «зверьками». Также он впервые наблюдал и зарисовал клетки животных — сперматозоиды и эритроциты (красные кровяные тельца). Левенгук описал свои наблюдения в книге «Тайны природы, открытые Антонием Левенгуком при помощи микроскопов».

После этого начался период бурного развития микроскопии, что привело к накоплению информации о клеточном строении тканей растений и

животных. По мере развития микроскопической техники стало ясным, что клетки являются универсальными компонентами живого.

На основании многочисленных наблюдений животных и растительных клеток в 1838 г. ботаником Маттиасом Шлейденом и гистологом, физиологом, цитологом Теодором Шванном была сформулирована **клеточная теория**. По мере дальнейшего развития **цитологии** — науки о клетке — эта теория была развита и дополнена.

Основные положения клеточной теории

1. *Клетка является минимальной структурной и функциональной единицей живого* («вне клетки жизни нет»). Вирусы не имеют клеточного строения, однако все свойства живого (такие как метаболизм, самовоспроизведение) они проявляют только внутри живой клетки хозяина, которого инфицировали. Все живые организмы состоят из клеток и образованного ими внеклеточного вещества. Многоклеточный организм — это система клеток и выделенного ими межклеточного вещества, образовавшийся в результате деления 1 исходной клетки (оплодотворенной яйцеклетки — зиготы).
2. Несмотря на значительные различия в размере и форме клеток, все они имеют *общий план строения*. Шванн и Шлейден считали, что у всех клеток есть оболочка, цитоплазма и ядро, что характерно для клеток растений и животных, однако дальнейшее развитие микроскопии позволило выяснить, что существуют и клетки без ядра (то есть без ядерной оболочки), например, клетки бактерий. Они гораздо мельче, чем клетки растений и животных. Однако химические основы, общие принципы строения и жизнедеятельности клеток являются общими для всех живых организмов. Это одно из доказательств единства происхождения живой природы и родства всего живого на Земле.
3. *Клетки не возникают заново из неклеточного вещества, а образуются путем деления ранее существующих клеток* (так называемое дополнение Вирхова, сделанное Рудольфом Вирховым в 1858 г.). Предполагается, что миллиарды лет назад клетки возникли абиогенным путем в процессе происхождения жизни из неживого вещества, однако считается, что в настоящее время это невозможно, так как отсутствуют подходящие условия. Еще великий французский ученый Луи Пастер (1822–1895 гг.) в своих опытах с кипячением питательных сред в специальных колбах с изогнутыми носиками, куда не попадали микроорганизмы и их споры, доказал невозможность самозарождения жизни из неживой материи.

Все клеточные организмы разделяются на две группы:

- **прокариоты**, или **доядерные**, не имеющие ядерной оболочки;
- **эукариоты**, или **ядерные**, у которых генетический материал (ДНК) находится в ядре и отделен от цитоплазмы **ядерной оболочкой**.

К прокариотам относятся очень мелкие одноклеточные организмы без ядра. Среди них можно выделить *царство бактерии* и *царство археи* (ранее археобактерии).

К эукариотам относятся три основных царства многоклеточных организмов — *царства животные, растения и грибы*, — а также одноклеточные эукариоты (например, амёбы, инфузории и др.), которых объединяют в *царство протисты*, или *простейшие* (в настоящее время признано сборной, то есть разнородной по происхождению, группой и разделено на множество царств одноклеточных организмов).

ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК ПРО- И ЭУКАРИОТ

Клетки про- и эукариот весьма различны. Прокариоты — более древние и просто устроенные организмы (рис. 3). Их клетки очень мелкие, порядка нескольких микрометров (1–5 мкм). Они не имеют ядра и практически не имеют внутренних мембранных структур — органелл, характерных для клеток эукариот. Обычно они имеют поверх мембраны клеточную стенку и иногда дополнительно слизистую капсулу. В цитоплазме находится ДНК, эту структуру называют **нуклеоид** («нуклеус» — ядро, «ойдес» — подобный). ДНК у прокариот кольцевая. Помимо основной хромосомы могут иметься дополнительные маленькие кольца ДНК — **плазмиды**. В цитоплазме находится много **рибосом** — органелл наподобие гранул, осуществляющих биосинтез белка. Клетки прокариот могут иметь жгутики.

Часть прокариот способны к фото- или хемосинтезу. Фотосинтезируют, например, **цианобактерии**, которые раньше иногда называли сине-зелеными водорослями. Другие прокариоты питаются, поглощая низкомолекулярные органические вещества через поверхность клетки. Такие бактерии могут поселяться в продуктах питания, вызывая их порчу либо, наоборот, способствуя получению кисломолочных продуктов, квашению овощей (лактобактерии). Также, поселяясь в организме человека, бактерии могут вызывать заболевания, например, столбняк, холеру, дифтерию.

Археи — особая, крайне своеобразная группа прокариот, обитающая в экстремальных местах обитания — в горячих источниках, в соленом Мертвом море и т. п., а также в почве, в кишечниках животных.

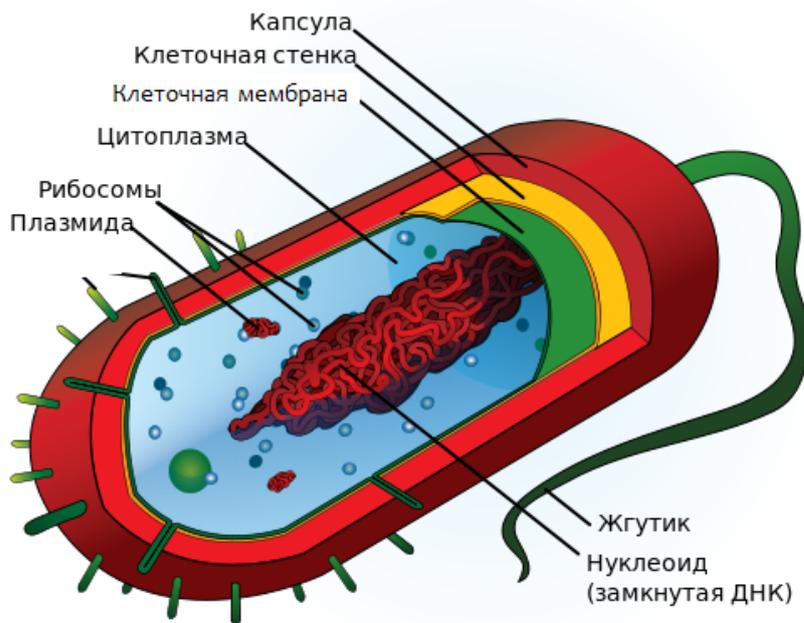


Рис. 3. Строение клетки прокариот

Клетки эукариот во много раз больше (10–100 мкм) и гораздо сложнее устроены (рис. 4), чем клетки прокариот. В цитоплазме у них много сложно устроенных **органелл**, в том числе мембранных, например, эндоплазматическая сеть (ЭПС), ИЛИ (её другое название) эндоплазматический ретикулум (ЭР), аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли, митохондрии, иногда пластиды.

Ядро эукариот имеет *двухмембранную ядерную оболочку*. Внутри ядра находятся молекулы ДНК, они не кольцевые, а линейные, и их обычно несколько или много (не менее двух). Они находятся в комплексе с белками в составе хромосом. Структура большой и сложной клетки эукариот поддерживается системой белковых волокон — **цитоскелетом**, который у прокариот практически не развит. Цитоскелетные нити также участвуют в распределении хромосом по дочерним клеткам при делении эукариот.

Клетки эукариот, как правило, способны поглощать частицы из среды путем впячивания мембраны, что для прокариот не характерно. Этот процесс называется **эндоцитозом**. Характерен для эукариот и обратный процесс — **экзоцитоз** — секреция клеткой веществ путем слияния пузырьков с наружной мембраной. Цитоскелет и большое количество мембранных органелл, по всей видимости, и позволили клеткам эукариот приобрести в ходе эволюции большие размеры. Только у эукариот встречается *настоящая многоклеточность*.

Подробные сведения об органеллах клеток эукариот можно найти в отдельных посвященных им темах.

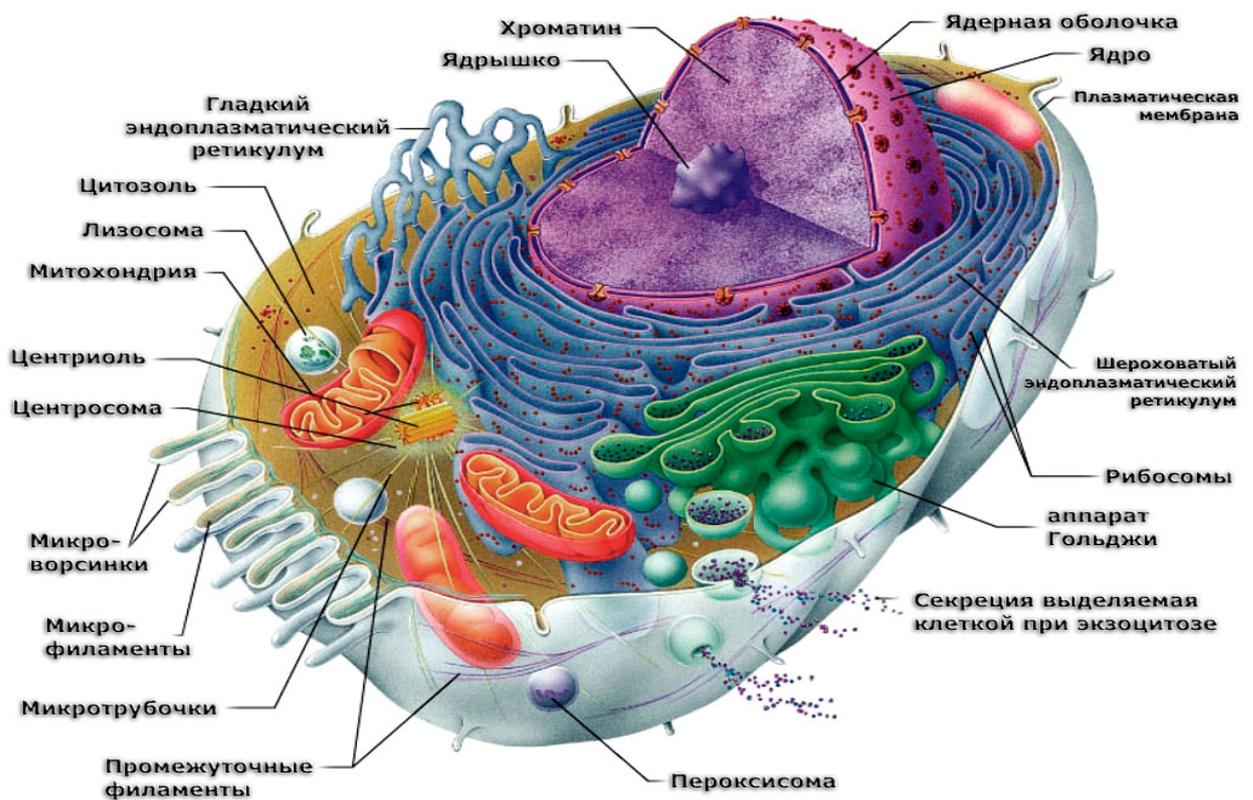


Рис. 4. Строение клетки эукариот

Основные (хотя и не все) различия клеток про- и эукариот приведены в таблице.

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
ядерная оболочка	нет	есть
размер клеток	мелкий (1–5 мкм)	крупный (50–200 мкм)
ЭПС, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли	нет	есть
митохондрии, пластиды	нет	есть
рибосомы	мельче	больше
ДНК	1 кольцевая	много линейных хромосом
цитоскелет	не развит	развит
азотфиксация	бывает	не бывает

эндоцитоз	нет	есть
жгутики	внешние (не покрыты мембраной)	внутренние (покрыты мембраной)

Строение клеток эукариот. Одномембранные органеллы. Ядро

Эукариотическая клетка отличается от прокариотической большими размерами и более сложным строением. Линейные размеры эукариотической клетки обычно составляют десятки мкм (у животных около 10–40 мкм, у растений 100–200 мкм).

Основные структуры эукариотической клетки: цитоплазматическая мембрана, цитоплазма и ядро.

Клетки эукариот содержат множество внутренних структур, выполняющих определенные функции (рис. 1). Эти структуры называются **органеллами**.

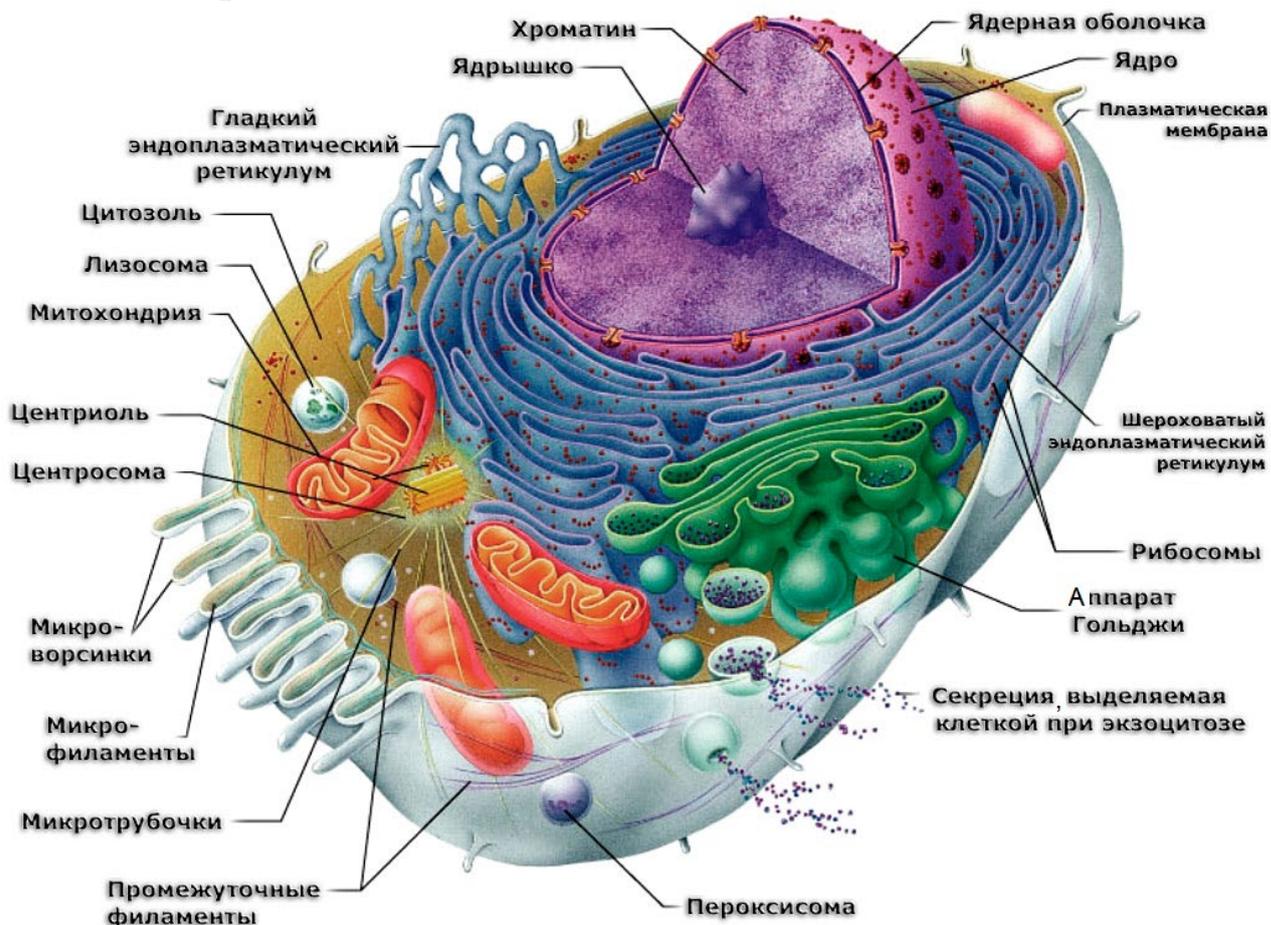


Рис. 1. Строение эукариотической клетки

цитоплазма

Цитоплазма — обязательная часть клетки, заключенная между плазматической мембраной и ядром. Цитоплазма объединяет все клеточные структуры и способствует их взаимодействию друг с другом.

Цитоплазма заполнена взвесью частиц и органелл.

Цитозоль (гиалоплазма) — свободная часть цитоплазмы, в которой взвешены органеллы.

По химическому составу цитозоль представляет из себя густой раствор белков, углеводов (глюкозы) и ионов, заполняющий все внутреннее пространство клетки. Концентрации ионов натрия и калия внутри клетки и во внеклеточном пространстве различна, что играет важную роль в осморегуляции и передаче сигнала.

У прокариот большинство реакций метаболизма протекает в цитозоле, т. к. нет мембранных органоидов.

У эукариот часть химических реакций протекает в цитозоле, а часть — внутри органоидов.

В животных клетках различают два слоя цитоплазмы:

- **эктоплазма** — наружный слой цитоплазмы (мало органоидов, высокая вязкость);
- **эндоплазма** — внутренний слой цитоплазмы (содержит основные органоиды).

В цитоплазме осуществляются все процессы клеточного метаболизма, кроме синтеза нуклеиновых кислот, происходящего в ядре. Под контролем ядра цитоплазма способна к росту и воспроизведению, при частичном удалении она полностью регенерирует. Цитоплазма, как правило, не способна к длительному автономному существованию.

Циклоз — одно из основных свойств цитоплазмы живой клетки — способность к движению, которое обеспечивает транспорт веществ и связь органоидов.

ядро

Это крупная органелла около 6–7 мкм диаметром (рис. 2). Оно окружено *ядерной оболочкой*, которая образована двумя параллельно расположенными мембранами. Ядерная оболочка пронизана *ядерными порами*, где мембраны смыкаются, и полость ядра сообщается с цитоплазмой. В порах находятся сложные белковые комплексы. Они переносят через оболочку из ядра в цитоплазму крупные молекулы и молекулярные комплексы, такие как мРНК и рибосомы, а из цитоплазмы в ядро — ядерные белки, которые синтезируются в цитоплазме. Внутри ядра находится одно или несколько **ядрышек** — плотных образований, где происходит синтез рибосомных РНК и сборка субъединиц рибосом. Остальное пространство ядра заполнено полужидкой **кариоплазмой**, в которой находятся молекулы ДНК, соединенные со специфическими белками, — **хроматин**.

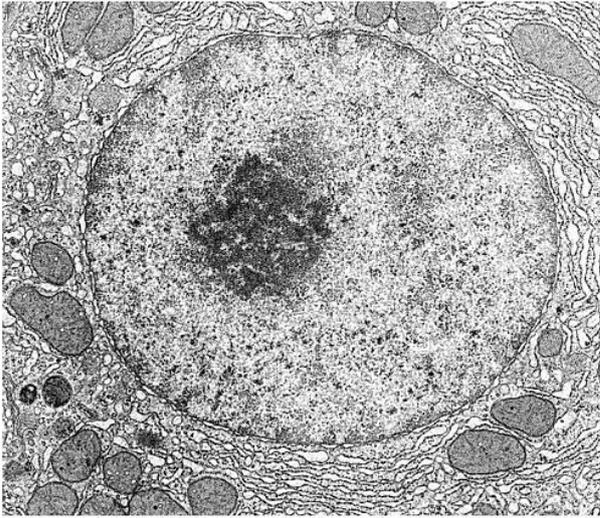


Рис. 2. Ядро. Трансмиссионный электронный микроскоп. Внутри ядра видны ядрышко и хроматин. Оболочка ядра двухмембранная. Вокруг расположены цистерны ЭПС и митохондрии

Строение метафазной хромосомы

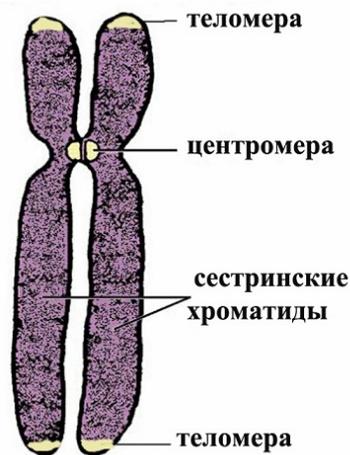
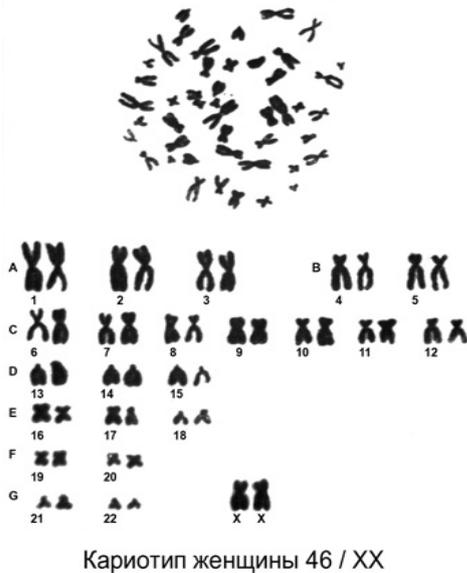


Рис. 3. Строение хромосомы

В процессе клеточного деления нити хроматина укорачиваются и утолщаются, превращаясь в **хромосомы** (рис. 3) Перед делением хромосомы имеют X-образную форму. Центральная часть, в которой соединяются две половины хромосомы, носит название **центромеры**, или первичной перетяжки. Кроме того, в хромосоме выделяются более плотные концевые участки, называемые **теломерами**. Различные хромосомы отличаются размерами и положением центромер. Для каждого вида живых организмов характерен определенный набор хромосом, который отличается от наборов других видов. Видоспецифичный набор хромосом со всеми их характеристиками называется **кариотипом** (рис. 4). Клетки могут содержать один набор хромосом или их кратное число. Число хромосомных наборов называется **плоидностью**. Клетки, содержащие один набор хромосом, называются *гаплоидными*, содержащие два набора — *диплоидными*, три набора — *триплоидными*, четыре набора — *тетраплоидными* и т. д. Чаще всего мы имеем дело с организмами, состоящими из диплоидных клеток: это

животные и большинство растений. Встречаются организмы, построенные из гаплоидных клеток, например мхи. Организмы, в клетках которых более двух наборов хромосом, принято называть полиплоидами.



Кариотип женщины 46 / XX

Рис. 4. Кариотип

Плазматическая мембрана

Плазматическая мембрана отделяет клетку от окружающей среды, обеспечивает избирательный транспорт веществ и воспринимает сигналы из окружающей среды. Состоит из бислоя липидов, в который встроены интегральные белки мембраны. Наружная сторона мембраны содержит много олигосахаридов, ковалентно связанных с липидами и белками.

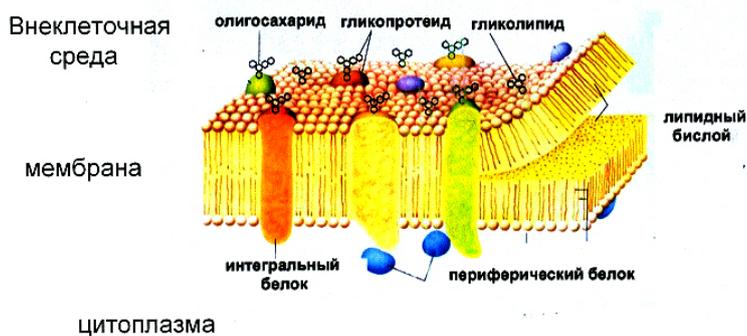


Рис. 5. Цитоплазматическая мембрана

Снаружи эукариотическая клетка, как и прокариотическая, окружена цитоплазматической мембраной (рис. 5). Она выполняет те же функции, что и у прокариот: изолирующую, транспортную и рецепторную. Рецепторная функция у эукариотических клеток развита гораздо сильнее, чем у прокариот, поэтому в цитоплазматической мембране у них гораздо больше белков-рецепторов. У многоклеточных организмов цитоплазматическая мембрана выполняет также функцию межклеточного узнавания и взаимодействия. У растений и грибов снаружи от цитоплазматической

мембраны лежит **клеточная стенка**. У растений она построена на основе целлюлозы, а у грибов — на основе хитина. У животных клеточной стенки нет, но к мембране снаружи прикрепляется довольно толстый слой специфических полисахаридов и белков, называемый **гликокаликс**. В отличие от клеточной стенки, он эластичен, что позволяет клеткам менять свою форму. В отличие от клеточной стенки, гликокаликс прочно связан с мембраной и не отделяется от нее.

Все органеллы эукариотической клетки можно условно разделить на три группы:

1. *Одномембранные*, стенка которых образована одной мембраной. К ним относятся эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли, секреторные пузырьки, пероксисомы.
2. *Двумембранные*, стенка которых образована двумя мембранами. Это митохондрии и пластиды (хлоропласты, хромопласты и лейкопласты).
3. *Немембранные*. Это цитоскелет, клеточный центр, рибосомы.

Эти органеллы, как предполагается, в ходе эволюции образовались путем впячивания наружной мембраны внутрь и отпочковывания этих впячиваний. Почти все эти органеллы связаны между собой — прежде всего системой пузырькового (везикулярного) транспорта, когда пузырьки отпочковываются от одной органеллы и сливаются с другой, перенося содержимое и компоненты мембраны. Все вместе эти органеллы называются **вакуолярной системой** (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли, секреторные пузырьки, пероксисомы). Ядерная оболочка, по сути, тоже является частью вакуолярной системы — одной из цистерн ЭПС, которая «охватывает» наследственный материал. На наружной мембране часто сидят рибосомы, как и на шероховатой ЭПС. Внутренняя поверхность внутренней мембраны ядра имеет специфический состав и взаимодействует с ДНК внутри ядра.

Одна из гипотез происхождения ядра (рис. 6).

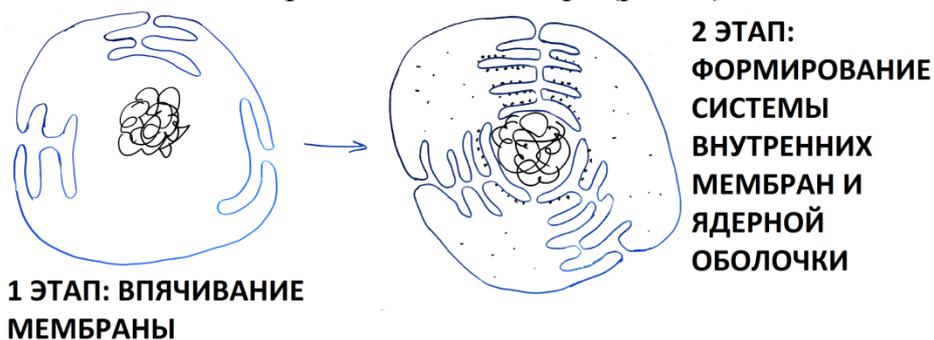


Рис. 6. Формирование ядра

Эндоплазматическая сеть

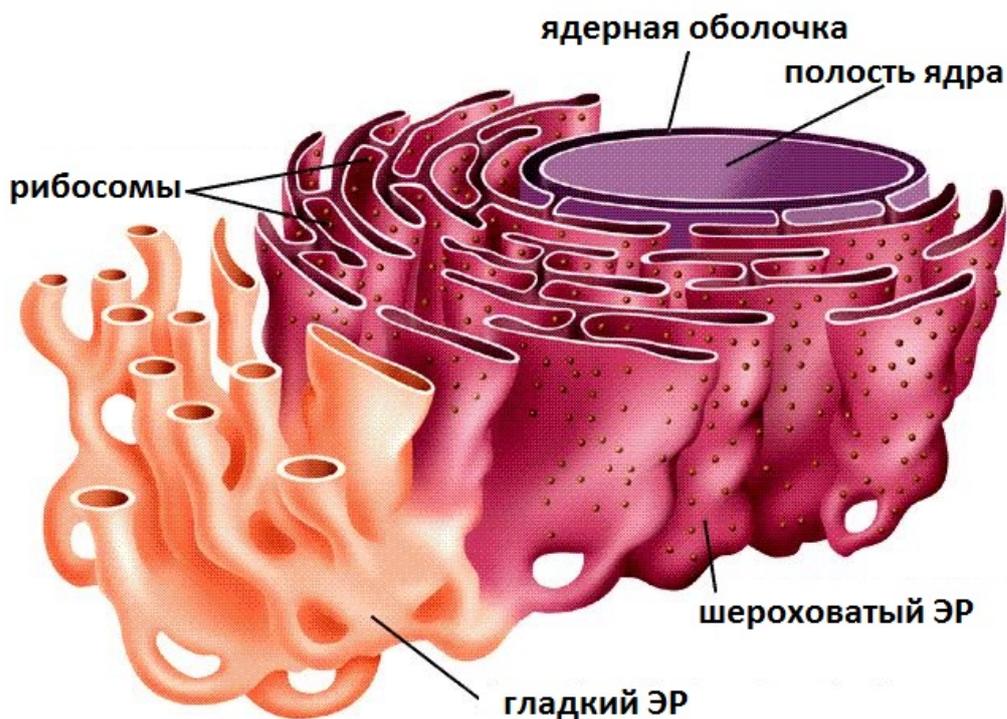


Рис. 7. Эндоплазматическая сеть

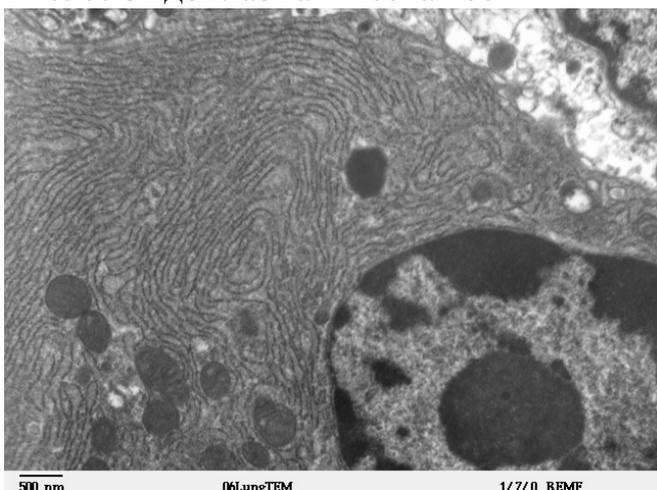


Рис. 8. Эндоплазматическая сеть в клетке легкого, трансмиссионная электронная микроскопия. Справа видно ядро с ядрышком, между цистернами ЭПС — митохондрии

Внутри эукариотической клетки мы видим сложные мембранные системы, образующие клеточные органеллы. Прежде всего, это **эндоплазматическая сеть**, или **эндоплазматический ретикулум** (рис. 7, 8). Он представляет собой систему мембран, образующих соединенные между собой цистерны, полость которых не сообщается с окружающей цитоплазмой. Различают два вида эндоплазматического ретикулума: **гладкий** и **шероховатый**. На шероховатом расположены многочисленные гранулы, представляющие собой рибосомы. Они находятся снаружи полости, с цитоплазматической стороны, и синтезируют белки, которые по специальному каналу сразу направляются в полость ретикулума или встраиваются в его мембрану.

На гладком ретикулуме расположены ферменты, синтезирующие мембранные липиды. Таким образом, эндоплазматический ретикулум образует все компоненты, нужные для образования мембран (то есть роста их площади). От эндоплазматического ретикулума отделяются мембранные пузырьки, внутри которых белки, синтезированные на шероховатом ретикулуме, переносятся в следующую органеллу — аппарат, или комплекс, Гольджи.

Аппарат Гольджи

Аппарат, или комплекс, Гольджи — система уплощенных мембранных цистерн, основная функция которых — сортировка и модификация (прежде всего гликозилирование) белков, направляемых на экспорт из клетки или встроенных в мембрану (рис. 9).

Каждая группа белков, синтезированных на шероховатом ретикулуме, собирается в определенном участке на периферии аппарата Гольджи. В этих участках от него отделяются мембранные пузырьки, часть из которых дает начало клеточным органеллам, таким как **лизосомы**. Другая направляется к цитоплазматической мембране, сливается с ней и выделяет свое содержимое наружу. Таким образом осуществляется секреция из клетки таких белков, как пищеварительные ферменты, гормоны, белки межклеточного матрикса и гликокаликса.



Рис. 9. Аппарат Гольджи. Слева — трансмиссионная электронная микроскопия, справа — модель

лизосомы

Лизосомы представляют собой мембранные пузырьки, внутри которых находятся гидролитические ферменты, расщепляющие белки, жиры, полисахариды. В лизосомах кислая среда (рН 4,5–5,0), что отличает их от других органелл клетки. Эта среда создается действием специального фермента — H^+ -АТФазы, перекачивающей протоны из цитоплазмы в лизосомы. Лизосомы выполняют функцию клеточного пищеварения, расщепляя отработавшие компоненты клетки или вещества, поглощенные в результате фагоцитоза и пиноцитоза.

Пероксисомы

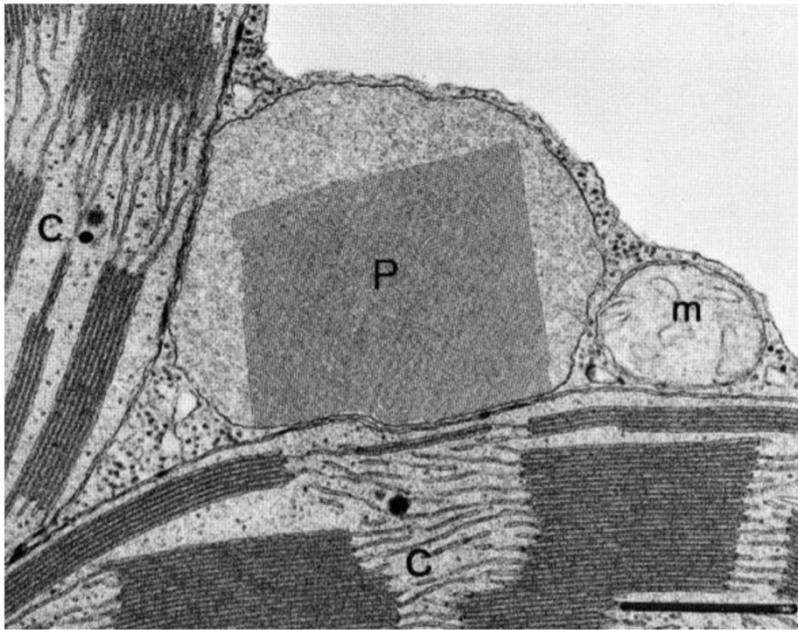


Рис. 10. Пероксисомы в клетках растений, ТЭМ. С — хлоропласты, Р — пероксисомы, m — митохондрия

Пероксисомы среди одномембранных органелл стоят особняком, т. к. способны делиться самостоятельно, хотя не содержат ДНК. В них находятся ферменты, катализирующие некоторые окислительно-восстановительные реакции, в которых участвуют перекиси. Они также играют важную роль в обезвреживании многих токсичных веществ. Белки, которые находятся в пероксисомах, поступают туда из ЭПС и кодируются в геноме ядра. На электронных микрофотографиях пероксисом часто можно видеть в них кристаллы ферментов (рис. 10).

растительная и животная клетка

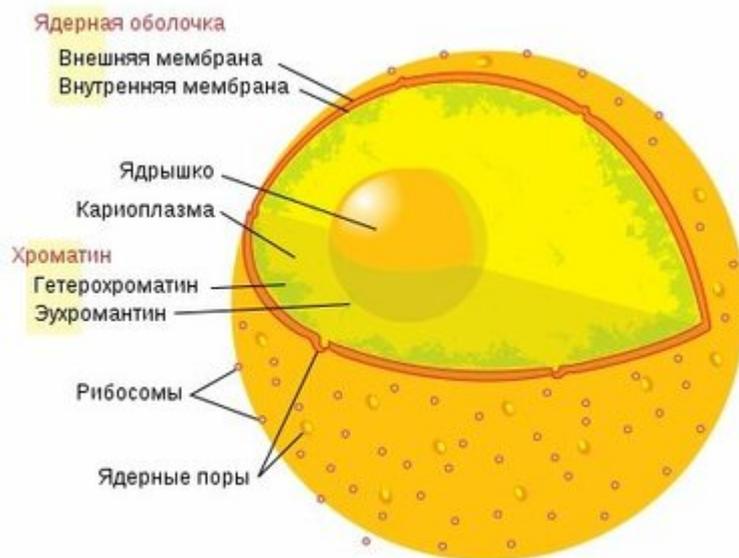


Рис. 11. Сравнение животной и растительной клеток

В растительных клетках существуют некоторые дополнительные органеллы (рис. 11). Это пластиды и крупная центральная вакуоль. В зрелых клетках растений центральная вакуоль занимает значительную часть клетки. Она поддерживает определенное осмотическое давление, служит местом запасания некоторых веществ, например, органических кислот, и вывода ненужных веществ, например некоторых ионов, таких как кальций. Пластиды, как и митохондрии, представляют собой двумембранные структуры, имеющие собственные ДНК и рибосомы. Различают зеленые пластиды — хлоропласты, выполняющие функцию фотосинтеза, окрашенные в цвета от красного до желтого хромопласты и бесцветные пластиды — лейкопласты, в которых осуществляется синтез и запасание крахмала.

Клеточное ядро - окруженная мембранами структура, которая содержит наследственную информацию, контролирует рост и размножение клетки. Это командный центр эукариотической клетки и, как правило, наиболее значимая органелла.

Структура и значение клеточного ядра



Ядро клетки окружено двойной мембраной, называемой ядерной оболочкой. Эта мембрана отделяет содержимое ядра от цитоплазмы.

Как и клеточная мембрана, ядерная оболочка состоит из фосфолипидов, образующих липидный бислой. Она помогает поддерживать форму ядра и регулирует поток молекул в/из ядра через ядерные поры.

Хромосомы расположены внутри ядра. Они состоят из ДНК, содержащей информацию о наследственности, росте, развитии и воспроизведения клеток. Когда клетка находится в состоянии «покоя», то есть не делится, хромосомы организованы в длинные запутанные структуры, называемые хроматином, а не в отдельные хромосомы, как мы обычно думаем.

Ядрышко

Внутри ядра находится плотная структура, состоящая из РНК и белков, называемая ядрышком, которое содержит ядрышковые организаторы, являющиеся частями хромосом с генами для синтеза рибосом. Ядрышко помогает синтезировать рибосомы путем транскрибирования и сборки рибосомной РНК. Рибосома состоит из рибосомной РНК (рРНК) и белков.

Синтез белка

Ядро регулирует синтез белков в цитоплазме с помощью мессенджера РНК (мРНК), который представляет собой транскрибированный сегмент ДНК, служащий в качестве матрицы для производства белка. Он продуцируется в ядре и перемещается в цитоплазму через ядерные поры в мембране.

Попав в цитоплазму рибосомы и другие молекулы РНК, называемые передаточной РНК, работают вместе, чтобы перевести мРНК для продуцирования белков.

Структура эукариотических клеток

Кроме ядра клетки, существуют и другие типы клеточных органелл. Ниже перечисленные структуры клеток также могут быть обнаружены в типичной эукариотической клетке животных:

- Центриоли - помогают организовать сборку микротрубочек.
- Хромосомы - хранилище клеточной ДНК.
- Реснички и жгутики - обеспечивают клеточную локомоцию.
- Плазматическая мембрана - защищает целостность внутренней части клетки.
- Эндоплазматический ретикулум - синтезирует углеводы и липиды.
- Аппарат (комплекс) Гольджи - производит, хранит и выводит определенные клеточные вещества.
- Лизосомы - переваривают клеточные макромолекулы.
- Митохондрии - участвуют в клеточном дыхании, обеспечивая клетку энергией.
- Рибосомы - ответственны за производство белка.
- Пероксисомы - детоксифицируют спирт, образуют желчную кислоту и используют кислород для разрушения жиров.

Клетка это сложная саморегулирующаяся система, в которой одновременно и в определенной последовательности происходят сотни химических реакций, направленных на поддержание ее жизнедеятельности, роста и развития. Изучение химического состава клеток показывает, что в живых организмах нет никаких особых химических элементов, свойственных только им: именно в этом проявляется единство химического состава живой и неживой природы.

Из 115 существующих в природе химических элементов активное участие в процессах жизнедеятельности принимают не менее их половины. Причем 24 из них являются обязательными и обнаруживаются почти во всех типах клеток, а наибольшее значение имеют 10 элементов – азот (N), водород (H), углерод (C), кислород (O), фосфор (P), сера (S), натрий (Na), калий (K), кальций (Ca), магний (Mg) – из них построены основные компоненты клетки.

По процентному содержанию в клетке химические элементы делятся на три группы:

· *макроэлементы*, содержание в клетке - 10^{-3} ; кислород, углерод, водород, азот, фосфор, сера, кальций, калий, хлор, натрий и магний, составляющие свыше 99% массы клетки;

· *микроэлементы*, содержание которых колеблется в пределах 10^{-3} - 10^{-6} ; железо, марганец, медь, цинк, кобальт, никель, йод, бром, фтор, бор; на их долю приходится 1,0% массы клетки;

· *ультрамикроэлементы*, составляющие менее 10^{-6} ; золото, серебро, уран, бериллий, цезий, селен и др.; в сумме – менее 0,1% массы клетки.

Несмотря на низкое содержание в живых организмах микро - и ультрамикроэлементы играют важную роль: они входят в состав различных ферментов, витаминов и обуславливают тем самым нормальное развитие и функционирование структур клетки и организма в целом.

Элемент	Функции
Кислород	- входит в состав воды и органических веществ.
Углерод	- входит в состав всех органических веществ.
Водород	- входит в состав воды и всех органических веществ.
Азот	- входит в состав органических веществ; - автотрофных растений является исходным продуктом азотного и белкового обменов; - входит в состав небелковых соединений – пигментов (хлорофилл, гемоглобин), ДНК, РНК, витаминов.
Фосфор	- в органических соединениях растений содержится около 50 % от его общего количества в организме; - входит в состав АМФ, АДФ, АТФ, нуклеотидов, фосфоримерованных сахаров, некоторых ферментов; - в виде фосфатов содержится в клеточном соке, костной ткани, зубной эмали.
Сера	- участвует в построении аминокислот (цистеин), белков; - входит в состав витамина В ₁ и некоторых ферментов; - соединения серы образуются в печени как продукты детоксикации (обеззараживания) ядовитых веществ; - имеет важное значение для хемосинтезирующих бактерий.
Калий	- содержится в клетках в виде ионов К ⁺ , постоянных связей с органическими соединениями не образует; - определяет коллоидные свойства цитоплазмы; - активирует ферменты белкового синтеза; - участвует в регуляции ритма сердечной деятельности; - участвует в генерации биологических потенциалов; - участвует в процессах фотосинтеза.
Натрий	- содержится в виде ионов Na ⁺ и не образует комплексов с составными частями клетки; - составляет значительную часть минеральных веществ крови и потому играет важную роль в регуляции водного обмена; - поддерживает осмотический потенциал клетки, что обеспечивает поглощение воды растением из почвы; - способствует поляризации клетки, процессам раздражимости, участвует в генерации потенциалов; - регулирует ритм сердечной деятельности; - участвует в регулировании кислотно-щелочного равновесия в организме; - влияет на синтез гормонов; - является основным элементом при образовании буферных систем организма.
Кальций	- в ионном состоянии антагонист К ⁺ ; - входит в состав клеточных мембран; - в виде солей пектиновых веществ склеивает растительные клетки; - в растительных клетках содержится в виде простых, игловидных или сросшихся кристаллов оксалатов кальция; - входит в состав костной ткани и зубной эмали; - участвует в образовании внешнего скелета водорослей и моллюсков; - важный компонент свертывающей системы крови; - обеспечивает сократимость мышечных волокон.
Магний	- входит в состав хлорофилла; - входит в состав костной ткани и зубной эмали; - активирует энергетический обмен и синтез ДНК; - образует соли с пектиновыми веществами растений.
Железо	- составная часть всех видов гемоглобина; - участвует в биосинтезе хлорофилла; - участвует в процессах фотосинтеза и дыхания путем переноса электронов в составе окислительных ферментов (Fe-протеидов) – цитохромов, каталазы, пероксидазы, ферредоксина; - в организме человека и животных запасается в печени в виде ферритина – железосодержащего белка.
Медь	- компонент дыхательных пигментов у беспозвоночных; - входит в состав оксидаз; - участвует в процессах кроветворения, синтеза гемоглобина, цитохромов в фотосинтезе.
Марганец	- входит в состав ферментов; - участвует в развитии костей, ассимиляции N,

процессе фотосинтеза.

Молибден	- входит в состав ферментов нитратредуктаз; - участвует в процессах связывания атмосферного азота клубеньковыми бактериями.
Кобальт	- входит в состав витамина В ₁₂ ; - участвует в фиксации азота клубеньковыми бактериями; - необходим для формирования зрелых эритроцитов.
Бор	- влияет на рост растений; - активирует восстановительные ферменты дыхания.
Цинк	- входит в состав почти 100 ферментов, в частности ДНК- и РНК-полимераз; - участвует в синтезе фитогормонов.
Фтор	- входит в состав костной ткани и зубной эмали.
Хлор	- входит в состав HCl желудочного сока.
Йод	Входит в состав гормонов щитовидной железы

Строение нуклеиновых кислот

В отличие от белков, углеводов и липидов, нуклеиновые кислоты никогда не накапливаются в клетке в больших количествах, и обнаружить их можно только с помощью специальных химических методов. Поэтому они были открыты только во второй половине XIX в., а по-настоящему изучить их роль в процессах жизнедеятельности удалось лишь во второй половине XX в. Так как первоначально они были обнаружены только в ядрах, им дали название нуклеиновые (от лат. *nucleus* — ядро).

Нуклеиновые кислоты — биологические полимеры, мономерами которых служат **нуклеотиды**. Связи между нуклеотидами легко подвергаются **гидролизу** (распаду при реакции с водой). Каждый нуклеотид состоит из остатков углевода, фосфорной кислоты и азотистого основания (рис. 1).

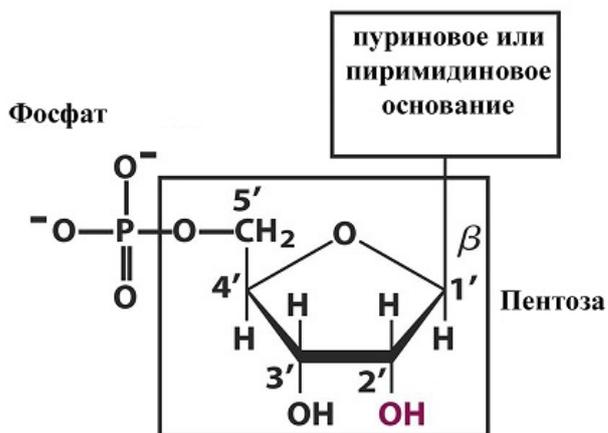
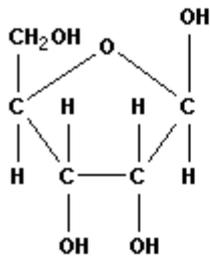
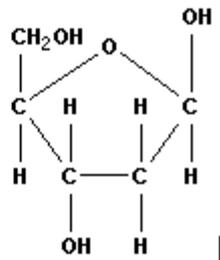


Рис. 1. Строение нуклеотида

Углеводный компонент представлен пентозами — **рибозой** (в РНК) или **дезоксирибозой** (в ДНК), у которой отсутствует кислород при втором атоме углерода (рис. 2).



рибоза



дезоксирибоза

Рис. 2. Пентозы

Остаток фосфорной кислоты образует сложноэфирную связь с гидроксильной группой при 5-м атоме углерода в сахаре. Соединение нуклеотидов в полимер происходит путем образования фосфатом одного нуклеотида второй эфирной связи с гидроксильной группой при 3-м атоме углерода соседнего нуклеотида. Такая связь получила название фосфодиэфирной.

Таким образом, нуклеиновые кислоты представляют собой цепь из чередующихся остатков пентозы и фосфорной кислоты (рис. 3).

Кроме того, от первого атома углерода каждой пентозы отходит в бок **азотистое основание**. В этом нуклеиновые кислоты сходны с белками, в которых полимерная цепь образована пептидными группировками с отходящими от них боковыми радикалами аминокислот. Так же, как и у белков, в нуклеиновых кислотах два конца цепи неодинаковы. С одной стороны имеется не занятое связью пятое положение рибозы, этот конец называют 5'-концом. С противоположной стороны не занят связью третий гидроксил сахара, этот конец обозначают как 3'-конец. 5'-конец считается началом цепи, а 3'-конец — ее окончанием.

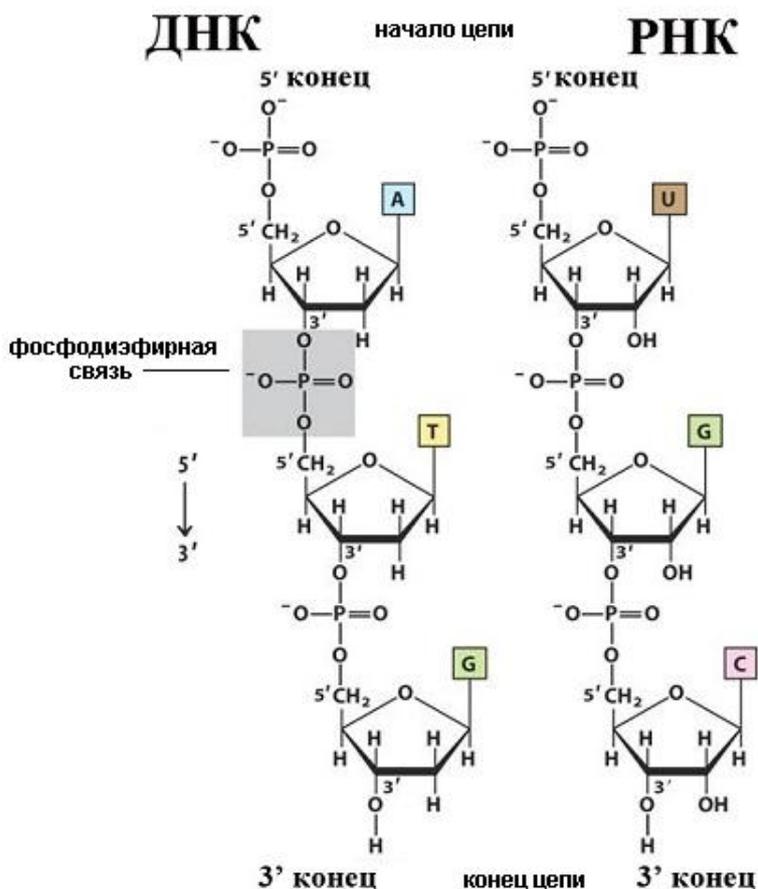


Рис. 3. Нуклеиновые кислоты

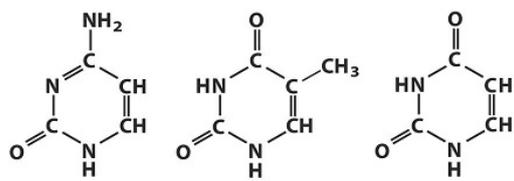
В одной молекуле нуклеиновой кислоты присутствует только один вид пентозы. Те молекулы, которые содержат рибозу, называют **рибонуклеиновой кислотой**, или сокращенно **РНК**. Нуклеиновую кислоту, содержащую дезоксирибозу, называют **дезоксирибонуклеиновой кислотой**, или **ДНК**.

Помимо пентозы, нуклеиновые кислоты отличаются **азотистыми основаниями**. Они представляют собой ароматические циклы, содержащие несколько атомов азота и заместители при определенных атомах углерода.

По структуре гетероциклов азотистые основания делятся на две группы.

Пиримидиновые азотистые основания: урацил, тимин и цитозин (рис. 4). Тимин отличается от урацила только наличием метильной группы, что незначительно меняет его свойства. В РНК встречаются урацил и цитозин, а в ДНК — тимин и цитозин.

Пуриновые основания: аденин и гуанин (рис. 5). Во всех нуклеиновых кислотах присутствуют оба пурина.

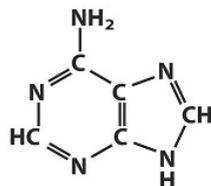


Цитозин

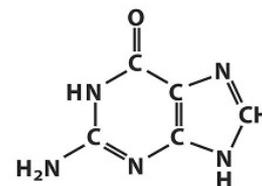
Тимин

Урацил

ПИРИМИДИНЫ



Аденин



Гуанин

ПУРИНЫ

Рис. 4. Пиримидиновые основания

Рис. 5. Пуриновые основания

За счет чередования различных нуклеотидов в цепи нуклеиновые кислоты могут достигать огромного многообразия (**количество видов полимеров равно числу видов мономеров в степени, равной числу мономеров в цепи**). И хотя число мономеров в нуклеиновых кислотах меньше, чем в белках, степень полимерности, особенно у ДНК, намного выше. Длина цепей ДНК, входящих в хромосомы разных организмов, составляет от миллионов до сотен миллионов нуклеотидов.

Молекулы РНК обычно короче, их длина — от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч нуклеотидов. А при длине цепи 500 нуклеотидов количество возможных комбинаций составляет более 10 300.

принцип комплементарности

При анализе содержания азотистых оснований в ДНК из различных организмов Эрвин Чаргафф обнаружил определенные закономерности, позднее названные **правилами Чаргаффа**.

Молярное содержание аденина всегда равно молярному содержанию тимина, а молярное содержание гуанина — молярному содержанию цитозина.

Количество пуринов равнялось количеству пиримидинов, а отношение А+Т/Г+Ц было различным у разных видов живых организмов.

Это указывало на возможные взаимодействия оснований в ДНК между собой.

На основании правил Чаргаффа и предварительных результатов рентгеноструктурного анализа **Джеймс Уотсон** и **Френсис Крик** в 1953 г. предложили **двухспиральную модель структуры ДНК**.

Согласно этой модели молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, соединенных между собой азотистыми основаниями. При этом аденин одной цепи всегда взаимодействует с тиминном в другой, и наоборот. Точно так же гуанин одной цепи всегда связан с цитозином в другой (рис. 6).

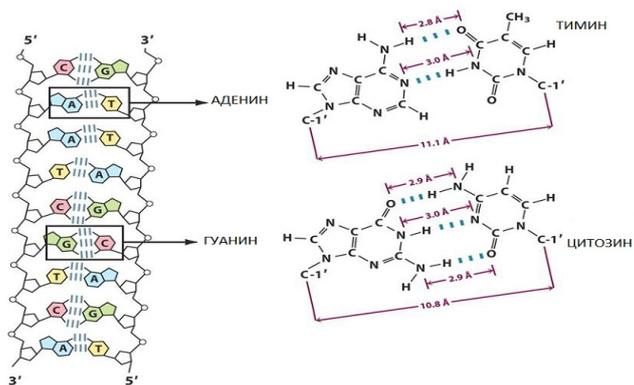


Рис. 6. Образование водородных связей между азотистыми основаниями

Такие пары оснований удерживаются за счет образования между основаниями **водородных связей**:

- пара А–Т образует 2 водородные связи;
- пара Г–Ц образует 3 водородные связи.

Главной особенностью пар А–Т и Г–Ц является их одинаковая геометрия. Это позволяет построить двуспиральную молекулу с постоянным расстоянием между цепями, построенными остатками сахара и фосфорной кислоты. Образование любых других пар приводит к нарушению правильной структуры.

Такое взаимодействие оснований, при котором они дополняют друг друга до определенной структуры, одинаковой для всех пар, получило название **принципа комплементарности**.

Пары аденин и тимин, гуанин и цитозин называются **комплементарными парами**, а две цепочки нуклеиновых кислот, в которых все основания образуют комплементарные пары — комплементарными цепочками. Таким образом, каждая молекула ДНК состоит из двух комплементарных цепочек полинуклеотидов (рис. 7).

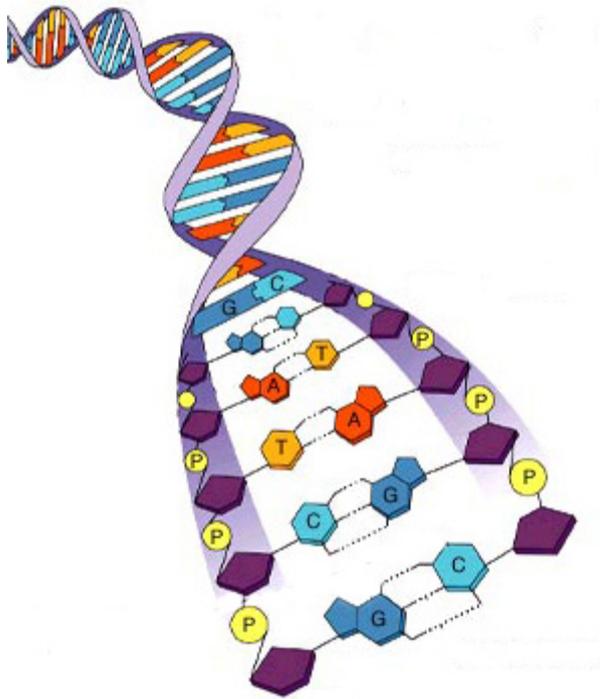
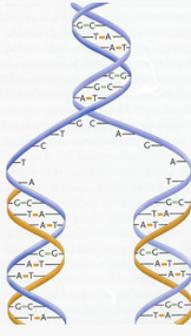


Рис. 7. Принцип комплиментарности

Важной особенностью структуры двойной спирали ДНК является то, что комплементарные цепи направлены в противоположные стороны, т. е. 5'-конец одной цепи связан комплементарными основаниями с 3'-концом другой цепи, и наоборот. Основания плотно слипаются своими плоскостями, что делает связь между цепочками еще более прочной. Такое слипание получило название **стэкинг-взаимодействия**. В результате в центре молекулы ДНК находится как бы стержень, построенный из азотистых оснований, а по краям он обвит двумя нитями, состоящими из чередующихся остатков дезоксирибозы и фосфорной кислоты.

сравнение ДНК и РНК

Нуклеиновая кислота	Строение	Функции	Особенности
ДНК	азотистое основание: аденин (А) тимин (Т) гуанин (Г) цитозин (Ц) углевод: дезоксирибоза остаток фосфорной кислоты	хранение и передача наследственной информации	двойная спираль (по принципу комплементарности); способность к репликации (самоудвоению)

			
РНК	азотистое основание: аденин (А) урацил (У) гуанин (Г) цитозин (Ц) углевод: рибоза остаток фосфорной кислоты	биосинтез белка	одинарная цепочка нуклеотидов

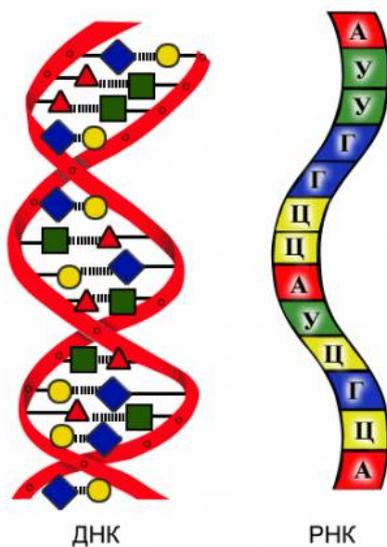


Рис. 8. Различия в строении ДНК и РНК

Углеводы - это органические соединения, в состав которых входят углерод, водород и кислород. Углеводы делятся на моно-, ди- и полисахариды.

Моносахариды — простые сахара, состоящие из 3 и более атомов С. Моносахариды: глюкоза, рибоза и дезоксирибоза. Не гидролизуются, могут кристаллизоваться, растворимы в воде, имеют сладкий вкус

Полисахариды образуются в результате полимеризации моносахаридов. При этом утрачивают способность к кристаллизации, сладкий вкус. Пример — крахмал, гликоген, целлюлоза.

Функции:

1. Энергетическая — это основной источник энергии в клетке (1 грамм=17,6 кДж)
2. структурная-входят в состав оболочек растительных клеток (целлюлоза) и животных клеток
3. источник для синтеза других соединений
4. запасающая (гликоген — у животных клеток, крахмал — у растительных)
5. соединительная

Липиды — сложные соединения глицерина и жирных кислот. Нерастворимы в воде, только в органических растворителях. Различают простые и сложные липиды.

Функции липидов:

1. структурная — основа, для всех мембран клетки
2. энергетическая (1 г=37,6 кДж)
3. запасающая
4. теплоизоляционная
5. источник внутриклеточной воды

АТФ — единое универсальное энергоёмкое вещество в клетках растений, животных и микроорганизмов. С помощью АТФ осуществляется накопление и транспорт энергии в клетке. В состав АТФ входят: азотистое основание—адеин, углевод рибоза и три остатка фосфорной кислоты. Фосфатные группы соединены между собой с помощью макроэргических связей. Функции АТФ — перенос энергии.

Белки являются преобладающим веществом во всех живых организмов. Белок — полимер, мономером которого являются **аминокислоты (20)**. Аминокислоты соединяются в белковой молекуле с помощью пептидных связей, образующихся между аминогруппой одной аминокислоты и карбоксильной группой другой. Каждая клетка имеет уникальный набор белков.

Различают несколько уровней организации белковой молекулы. **Первичная** структура-последовательность аминокислот, соединённых пептидной связью. Эта структура определяет специфичность белка. Во **вторичной** структуре молекула имеет вид спирали, её устойчивость обеспечивается водородными связями. **Третичная** структура формируется в результате преобразования спирали в трёхмерную шаровидную форму — глобулу. **Четвертичная** возникает при объединении нескольких молекул белков в единый комплекс. Функциональная активность белков проявляется во 2,3, или 3-ой структуре.

Структура белков изменяется под влиянием различных химических веществ (кислоты, щелочи, спирта и других) и физических факторов (высокой и низкой температуры, излучения), ферментов. Если при этих изменениях сохраняется первичная структура, процесс обратим и

называется **денатурация**. Разрушение первичной структуры называется **коагуляцией** (необратимый процесс разрушения белка)

Функции белков

1. структурная
2. каталитическая
3. сократительная (белки актин и миозин в мышечных волокнах)
4. транспортная (гемоглобин)
5. регуляторная (инсулин)
6. сигнальная
7. защитная
8. энергетическая (1 г=17,2 кДж)

Виды нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты — фосфорсодержащие биополимеры живых организмов, обеспечивающие хранение и передачу наследственной информации. Они были открыты в 1869 г. швейцарским биохимиком Ф. Мишером в ядрах лейкоцитов, сперматозоидов лосося. Впоследствии нуклеиновые кислоты обнаружили во всех растительных и животных клетках, вирусах, бактериях и грибах.

В природе существует два вида нуклеиновых кислот — *дезоксирибонуклеиновые (ДНК)* и *рибонуклеиновые (РНК)*. Различие в названиях объясняется тем, что молекула ДНК содержит пятиуглеродный сахар дезоксирибозу, а молекула РНК — рибозу.

ДНК находится преимущественно в хромосомах клеточного ядра (99% всей ДНК клетки), а также в митохондриях и хлоропластах. РНК входит в состав рибосом; молекулы РНК содержатся также в цитоплазме, матриксе пластид и митохондрий.

Нуклеотиды — структурные компоненты нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты представляют собой биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

Нуклеотиды — сложные вещества. В состав каждого нуклеотида входит азотистое основание, пятиуглеродный сахар (рибоза или дезоксирибоза) и остаток фосфорной кислоты.

Существует пять основных азотистых оснований: аденин, гуанин, урацил, тимин и цитозин.

ДНК. Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных, спирально закрученных относительно друг друга цепочек.

В состав нуклеотидов молекулы ДНК входят четыре вида азотистых оснований: аденин, гуанин, тимин и цитозин. В полинуклеотидной цепочке соседние нуклеотиды связаны между собой ковалентными связями.

Полинуклеотидная цепь ДНК закручена в виде спирали наподобие винтовой лестницы и соединена с другой, комплементарной ей цепью с помощью водородных связей, образующихся между аденином и тимином (две связи), а также гуанином и цитозином (три связи). Нуклеотиды А и Т, Г и Ц называются *комплементарными*.

В результате у всякого организма число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых, а число гуаниловых — числу цитидиловых. Благодаря

этому свойству последовательность нуклеотидов в одной цепи определяет их последовательность в другой. Такая способность к избирательному соединению нуклеотидов называется *комплементарностью*, и это свойство лежит в основе образования новых молекул ДНК на базе исходной молекулы (*репликации*, т. е. удвоения).

При изменении условий ДНК, подобно белкам, может подвергаться денатурации, которая называется плавлением. При постепенном возврате к нормальным условиям ДНК ренатурирует.

Функцией ДНК является хранение, передача и воспроизведение в ряду поколений генетической информации. В ДНК любой клетки закодирована информация обо всех белках данного организма, о том, какие белки, в какой последовательности и в каком количестве будут синтезироваться. Последовательность аминокислот в белках записана в ДНК так называемым генетическим (триплетным) кодом.

Основным свойством **ДНК** является ее способность к репликации.

Репликация — это процесс самоудвоения молекул ДНК, происходящий под контролем ферментов. Репликация осуществляется перед каждым делением ядра. Начинается она с того, что спираль ДНК временно раскручивается под действием фермента ДНК-полимеразы. На каждой из цепей, образовавшихся после разрыва водородных связей, по принципу комплементарности синтезируется дочерняя цепь ДНК. Материалом для синтеза служат свободные нуклеотиды, которые есть в ядре

Таким образом, каждая полинуклеотидная цепь выполняет роль *матрицы* для новой комплементарной цепи (поэтому процесс удвоения молекул ДНК относится к реакциям *матричного синтеза*). В результате получается две молекулы ДНК, у каждой из которых одна цепь остается от родительской молекулы (половина), а другая — вновь синтезированная. Причем одна новая цепь синтезируется сплошной, а вторая — сначала в виде коротких фрагментов, которые затем сшиваются в длинную цепь специальным ферментом — ДНК-лигазой. В результате репликации две новые молекулы ДНК представляют собой точную копию исходной молекулы.

Биологический смысл репликации заключается в точной передаче наследственной информации от материнской клетки к дочерним, что и происходит при делении соматических клеток.

РНК. Строение молекул РНК во многом сходно со строением молекул ДНК. Однако имеется и ряд существенных отличий. В молекуле РНК вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов входит рибоза, вместо тимидилового нуклеотида (Т) — уридиловый (У). Главное отличие от ДНК состоит в том, что молекула РНК представляет собой одну цепь. Однако ее нуклеотиды способны образовывать водородные связи между собой (например, в молекулах тРНК, рРНК), но в этом случае речь идет о внутрицепочечном соединении комплементарных нуклеотидов. Цепочки РНК значительно короче ДНК.

В клетке существует несколько видов РНК, которые различаются по величине молекул, структуре, расположению в клетке и функциям:

1. Информационная (матричная) РНК (иРНК) — переносит генетическую информацию с ДНК на рибосомы
2. Рибосомная РНК (рРНК) — входит в состав рибосом
3. 3. Транспортная РНК (тРНК) — переносит аминокислоты к рибосомам во время синтеза белка

Грипп, ОРЗ, СПИД, ящур, атипичная пневмония, бешенство, краснуха, корь, энцефалит, детский паралич... Список можно продолжить. Наверняка каждый из нас неоднократно слышал об этих заболеваниях. Что у них общего? Каким образом они возникают? Сегодня на уроке, тема которого «Неклеточные формы жизни. Вирусы и бактериофаги», мы постараемся ответить на эти и другие вопросы. Мы познакомимся с открытием вирусов, изучим особенности их строения и классификацию.

Открытие вирусов

В 1892 году Д.И. Ивановский (см. Рис. 1), изучая мозаичную болезнь табака (см. Рис. 2), установил, что причиной заболевания является некое инфекционное начало, содержащееся в листьях больных растений, которое проходит через фильтр, задерживающий обыкновенные бактерии. Если профильтрованный сок внести в листья здоровых растений, то они также заболевают мозаичной болезнью.



Рис. 1. Д.И. Ивановский



Заражённый лист



Здоровый лист

Рис. 2. Мозаичная болезнь табака

В 1898 году независимо от Ивановского аналогичные результаты получил голландский микробиолог М. Бейеринк. Однако он предположил, что мозаичную болезнь табака вызывают не мельчайшие бактерии, а некое жидкое заразное начало, которое он назвал фильтрующим вирусом.

Размеры вирусов определяются нанометрами (20-200 нм), поэтому их изучение началось после открытия электронного микроскопа. В настоящее время описаны вирусы практически всех групп живых организмов.

Строение вирусов

Вирусы – неклеточные формы жизни. Они состоят (см. Рис. 3) из фрагмента генетического материала (РНК или ДНК), составляющего сердцевину вируса, и защитной оболочки, которая называется **капсид**. У некоторых вирусов (герпес, грипп) есть дополнительная липопротеидная оболочка – **суперкапсид**, которая возникает из плазматической мембраны клетки-хозяина.

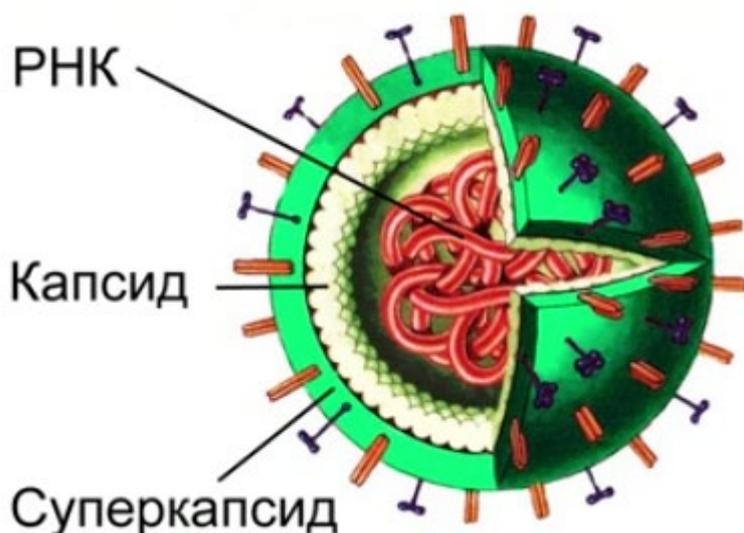


Рис. 3. Строение вируса

Вирусы не способны к самостоятельной жизнедеятельности. Они могут проявлять свойства живого, только попав в клетку-хозяина. Они используют потенциал и энергию этой клетки для создания своих новых вирусных частиц, следовательно, вирусы являются внутриклеточными паразитами.

Размножение вирусов

Обычно вирус связывается с поверхностью клетки-хозяина и проникает внутрь. Каждый вирус ищет своего хозяина, то есть клетки строго определенного вида. Например, вирус – возбудитель гепатита (желтуха) проникает и размножается только в клетках печени, а вирус эпидемического паротита (свинка) – только в клетках околоушных слюнных желез человека.

Проникнув внутрь клетки-хозяина, вирусная ДНК или РНК начинает взаимодействовать с ее генетическим аппаратом таким образом, что клетка начинает синтезировать белки, свойственные вирусу (см. Рис. 4).



Рис. 4. Схема репродукции вируса

В дальнейшем пораженная вирусами клетка может буквально «лопнуть», и из нее выйдет большое число вирусных частиц. Иногда вирусы выделяются из клетки постепенно, по одному, и зараженная клетка живет долго – такой тип взаимодействия вируса с клеткой называется **продуктивным**.

При заражении **ретровирусом** (например, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)), у которого в качестве генетического материала используется молекула РНК, наблюдается другая картина. При попадании ретровируса в клетку-хозяина происходит **обратная транскрипция**. То есть на основе вирусной РНК синтезируется вирусная ДНК, которая встраивается в ДНК человека. Такой тип взаимодействия вируса с клеткой называется **интегративным**, а встроенная в состав хромосомы клетки ДНК вируса называется **провирусом**. Далее провирус реплицируется (удваивается) в составе хромосомы и переходит в геном дочерних клеток. Однако под влиянием некоторых физических и химических факторов провирус может выщепляться из хромосомы клетки и переходить к продуктивному типу взаимодействия, то есть синтезировать новые вирусные частицы.

При заражении ВИЧ человек чувствует себя здоровым, пока вирусный генетический материал встроен в хромосому человека. Однако при выщеплении этого вирусного генетического материала из клетки она начинает образовывать новые вирусные частицы, вследствие чего развивается смертельное заболевание – синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД).

Вирусы являются возбудителями большого количества заболеваний человека: корь, грипп, оспа, краснуха, энцефалит, свинка, гепатиты, СПИД. Известен также целый ряд заболеваний растений, вызываемых вирусами, например мозаичная болезнь табака, томатов, огурцов или скручивание листьев картофеля. Всего описано около 500 видов вирусов, поражающих клетки позвоночных животных, и около 300 вирусов растений. Некоторые

вирусы участвуют в злокачественном перерождении клеток и тем самым провоцируют онкологические заболевания.

ДНК- и РНК-содержащие вирусы

В зависимости от содержащегося генетического материала вирусы подразделяются на ДНК-содержащие и РНК-содержащие.

РНК-содержащие вирусы

Одноцепочные РНК-содержащие вирусы подразделяются на:

1. Плюс-нитевые (положительные). Плюс-нить РНК этих вирусов выполняет наследственную (геномную) функцию и функцию информационной РНК (иРНК).
2. Минус-нитевые (отрицательные). Минус-нить РНК этих вирусов выполняет только наследственную функцию.

К РНК-содержащим вирусам относятся более $\frac{1}{3}$ вирусов, вызывающих респираторные заболевания, а также вирус гриппа, кори, краснухи, свинки, ВИЧ. Также существует специфическая группа вирусов – **арбовирусы**, которые переносятся членистоногими.

ДНК-содержащие вирусы

Двухцепочные ДНК-содержащие вирусы вызывают такие заболевания, как папиллома человека или герпес, гепатит В (гепатит А и гепатит С вызывается РНК-содержащими вирусами).

ДНК-содержащие вирусы поражают также растения. Они вызывают, например, золотую мозаику бобов или полосатость у кукурузы.

Вирус гепатита С

По своему строению вирус гепатита С – это РНК-содержащий вирус, имеющий сферическую форму, сложно устроенный (см. Рис. 5).

В качестве генетического материала такой вирус содержит линейную однонитчатую молекулу РНК.

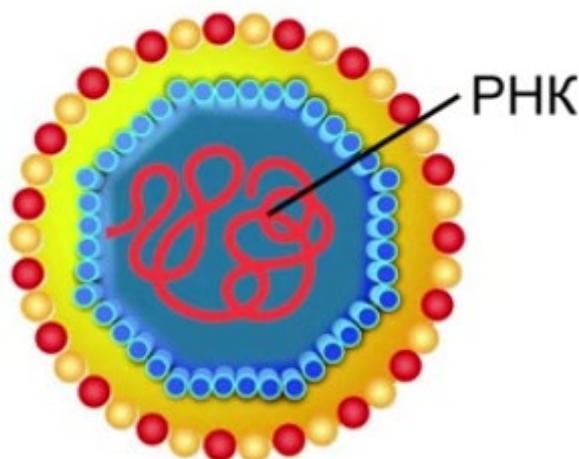


Рис. 5. Гепатит С

Врачи называют гепатит С «ласковым убийцей», так как у этой болезни практически полностью отсутствуют симптомы. По причине бессимптомного течения болезни, диагностировать ее очень сложно: как правило, многие

пациенты узнают о том, что заражены этим вирусом, совершенно случайно, к примеру, на плановых обследованиях. Ласковый убийца умело маскируется под другие недуги, которые сопровождаются слабостью, быстрой утомляемостью или астенией. Коварный гепатит С может на протяжении нескольких лет разрушать печень человека, не давая ему при этом возможности начать эффективное своевременное лечение. При переходе в хроническую стадию инфекции гепатит становится причиной цирроза или онкологических патологий печени.

Вопреки бытующим предрассудкам, подцепить вирус гепатита С невозможно через социальные контакты (поцелуи, объятия), через продукты или воду, через грудное молоко. Вы ничем не рискуете, если разделите с носителем вируса трапезу или напитки. Заразиться гепатитом С можно при контакте с кровью инфицированного человека либо половым путем.

В настоящее время для лечения гепатита С используют два препарата: Интерферон альфа и Рибавирин.

Бактериофаги

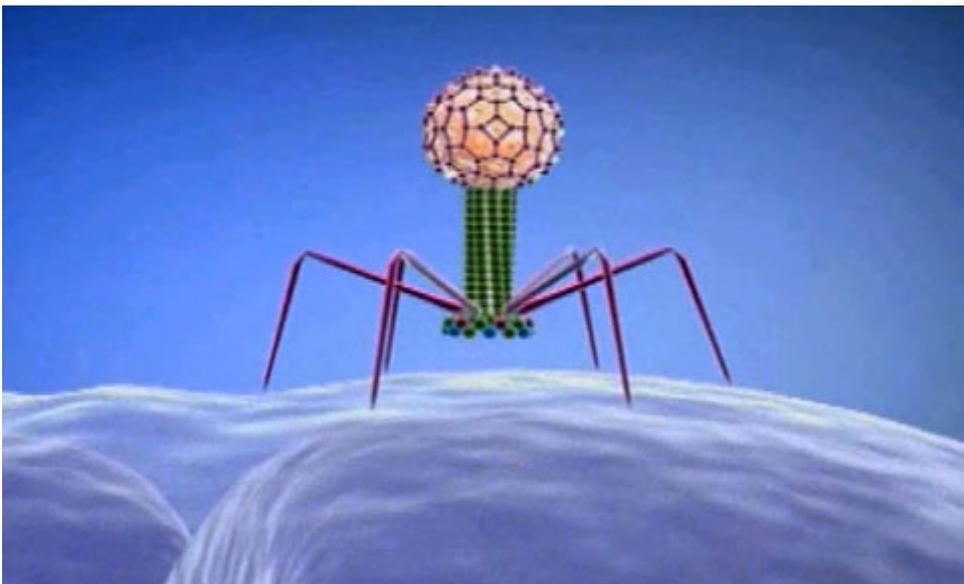


Рис. 6. Бактериофаг (Источник)

Особую группу вирусов составляют бактериофаги (или просто фаги), которые заражают бактериальные клетки (см. Рис. 6). Фаг укрепляется на поверхности бактерии при помощи специальных ножек и вводит в ее цитоплазму полый стержень, через который проталкивает внутрь клетки свою ДНК или РНК. Таким образом, генетический материал фага попадает внутрь бактериальной клетки, а капсид остается снаружи. В цитоплазме начинается репликация генетического материала фага, синтез его белков, построение капсида и сборка новых фагов. Уже через 10 мин после заражения в бактерии формируются новые фаги, а через полчаса бактериальная клетка разрушается, и из нее выходят около 200 заново сформированных вирусов – фагов, способных заражать другие

бактериальные клетки (см. Рис. 7). Некоторые фаги используются человеком для борьбы с болезнетворными бактериями, вызывающими холеру, дизентерию, брюшной тиф.

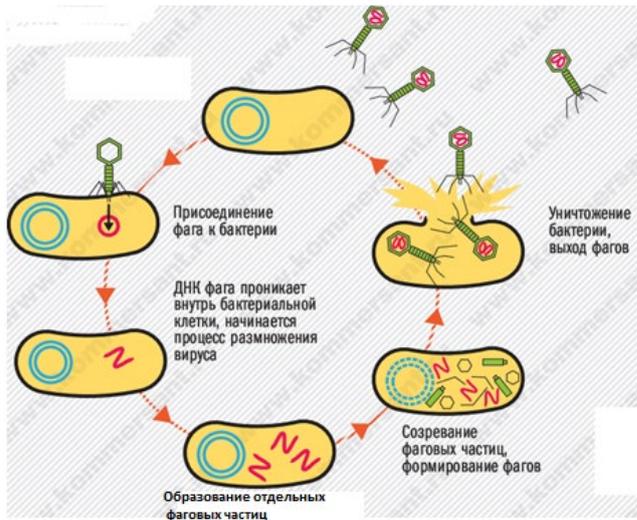


Рис. 7. Схема размножения бактериофага

Литература: [1, 2, 3, 4, 5].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Кто не имеет клеточного строения?
2. Что отсутствует в животной клетке?
3. Из чего состоит клеточная стенка грибов?
4. Кто сформулировал основные положения клеточной теории?
5. Для каких организмов характерно ядро?
6. Как называется выведение веществ из клетки?
7. Как называется полужидкая среда клетки, в которой расположено ядро и органоиды?
8. Какую функцию выполняет в клетке ДНК?
9. Когда и кем был введен термин «клетка»?
10. Какие вещества служат универсальными биологическими аккумуляторами энергии в клетке?
11. Как связано строение поверхностного аппарата клеток с их функциями?
12. Какие составные содержатся в ядре?
13. Какие функции выполняет ядро клетки?
14. Какая структура выполняет функцию ядра у прокариотических организмов?
15. Какие компоненты входят в состав цитоплазмы?
16. Какие функции выполняет цитоплазма?
17. Зачем клетке нужны органеллы?

18. Что может влиять на движение цитоплазмы?
19. Какие функции выполняет цитоскелет?
20. Какие компоненты входят в состав цитоскелета?
21. Какие особенности строения цитоскелета позволяют ему эффективно выполнять свои функции?
22. Зачем в клетке нужны центриоли?
23. Какие компоненты входят в состав цитоплазмы?
24. Покажите связь строения ядра с его функцией в клетке.
25. 2. Как можно доказать ведущую роль ядра в клетке?
26. 3. Имеются ли принципиальные различия между прокариотами и эукариотами? Поясните ответ.
27. Какое строение имеет хромосома?
28. Что такое кариотип?
29. Что такое политенные хромосомы?
30. Какова вероятность наследования аутосомно-доминантных заболеваний от родителей?
31. Какое значение для живых организмов имеет Йод?
32. Какое значение для живых организмов имеет Магний?
33. Какие функции в живых организмах выполняет вода?
34. Зачем живым организмам нужны минеральные вещества?
35. Какие живые организмы используют хитин?
36. Какие особенности строения гликогена позволяют ему эффективно выполнять свои функции?
37. Какие молекулы являются основой нуклеиновых кислот?
38. Молекулы наследственности.
39. История открытия нуклеиновых кислот.
40. Сравнительная характеристика нуклеиновых кислот.
41. Строение, свойства, функции
42. Чем отличаются клетки прокариотов и эукариотов?
43. Чем вирусы отличаются от прокариотических и эукариотических организмов?
44. Какие формы жизненных циклов есть у вирусов?
45. Можно ли считать вирусы живыми организмами?
46. Какое вирусное заболевание удалось ликвидировать?
47. Какие существуют пути распространения СПИДа?
48. Какими путями не передается ВИЧ?
49. Что нужно делать, чтобы не заболеть СПИДом?
50. Почему не удастся создать вакцину против ВИЧ?
51. Что такое онковирусы?
52. Как называется наука, которая изучает ткани растительного организма?
53. Какую функцию выполняют белки, входящие в состав клеточных мембран?

54. Каково строение плазматической мембраны?

55. Что позволяет постоянно пополнять уровень белков в организме без ухудшения их свойств?

Лекции 8-13. Тема: ОРГАНИЗМ

Цель: углубить знания об особенностях и способах бесполого размножения организмов в природе, продолжить формирование умений систематизировать информацию, взятую из различных источников, обсуждать проблему, строить схемы; научить определять формы размножения и объяснять роль бесполого размножения в жизни организмов; обобщить и развить известные понятия о формах размножения организмов; сформировать новые понятия - о мейозе и его биологическом значении, знания об особенностях сперматогенеза, овогенеза, строения половых клеток; продолжить формирование умений работать с текстом, рисунками; углубить знания о половом размножении и процессе оплодотворения у животных и растений; сформулировать новые знания о формах полового размножения, показать взаимосвязь между методом оплодотворения и митозом и их роль в сохранении постоянства числа хромосом и наследственных признаков вида при размножении; продолжить формирование умений работать с терминами, строить схемы; сформировать знания об этапах индивидуального развития организмов, основных стадиях эмбриогенеза, производных зародышевых листков, типах полиэмбрионального развития; показать вредное влияние на формирующийся организм никотина, алкоголя и других мутагенных факторов; познакомить с предметом генетики, некоторыми ее достижениями, значением для практики, для развития медицины и различных областей биологии; пробудить интерес к предмету, желание больше узнать о нем; научить правильно раскрывать сущность основных понятий генетики, сравнивать их друг с другом; сформировать понятия о гибридологическом методе как основном методе изучения наследственности, о моногибридном скрещивании организмов, познакомить с сущностью первого и второго закона Менделя; научить использовать знания основных понятий генетики для объяснения законов открытых Г. Менделем; способствовать развитию познавательного интереса к изучению проблем генетики; сформировать понятие анализирующее скрещивание, познакомить их с сущностью неполного доминирования на примере промежуточного наследования признаков; продолжить формирование навыков решения генетических задач, умения записывать схемы скрещивания; сформировать знания о дигибридном скрещивании, закон независимого наследования признаков Г. Менделя; научить использовать специальную систему записи результатов скрещивания при дигибридном скрещивании; показать на примерах, что методы биологической науки позволяют со значительной долей вероятности предвидеть возможные результаты скрещивания; сформулировать представление о сцепленном наследовании, группах сцепления - расположенных в одной хромосоме, генах, о законе сцепленного наследования Морган; объяснить причины нарушения сцепления между

генами; продолжить формирование навыков решения генетических задач; сформировать знания о хромосомном определении пола, сцепленном с полом наследовании признаков, за которые отвечают гены, локализованные в половых хромосомах; продолжить формирование навыков решения генетических задач; сформировать познавательный интерес к изучению научных проблем, связанных с генетикой пола; сформировать знания об основных типах взаимодействия аллельных и неаллельных генов на примерах, известных генетической науке; расширить знания о гене и его свойствах, генотипе как системе взаимодействующих генов; подвести к пониманию того, что соотношения между геном и признаком на самом деле гораздо сложнее и не столь однозначны, как это казалось вначале; продолжить формирование навыков решения генетических задач; расширить знания о влиянии факторов окружающей среды на процесс формирования признаков организмов; познакомить с понятием "модификационная изменчивость", доказать, что изменение фенотипа происходит в результате взаимодействия условий среды и генотипа; выработать умение приводить примеры фенотипической (модификационной) изменчивости одного вида, выраженные в разных условиях освещения; усвоить характеристику наследственной изменчивости, генетические основы мутации и комбинативной изменчивости; сформулировать знания о типах мутаций и частоте их появления, значении мутаций; научить определять форму изменчивости по ее характеристикам, сравнивать их друг с другом, приводить примеры, иллюстрирующие проявления каждой из них; сформировать знания о значении генетики для медицины и здравоохранения; познакомить с основными методами изучения наследственности человека и результатами их практического использования; показать необходимость генетических знаний для прогнозирования появления наследственных болезней у человека и их ранней диагностики; научить строить и анализировать схемы родословных; познакомить с реализацией и значением программы "Геном человека"; сформировать первоначальные знания о селекции как науке, определить цели и задачи науки селекции и познакомить с центрами происхождения культурных растений и научить находить их по географической карте; сформировать уважительное отношение к труду ученых-селекционеров на примере научной деятельности Н.И.Вавилова; продолжить формирование умений анализировать, сравнивать, обобщать и систематизировать, прививать коммуникативные навыки; отработать умение работать с текстом учебника; сформировать представление об основных методах селекционной работы с растениями и животными и их использовании в сельскохозяйственной практике; дать новые понятия о гетерозисе, инбридной депрессии, инбридинге, особенностях отдаленной гибридизации; отрабатывать умения применять знания закономерностей наследственности и изменчивости для обоснования методов селекции, сравнения сортов, пород, форм отбора и формулирования выводов; показать достижения отечественной селекции и дальнейшие перспективы развития этой области науки и практик рассмотреть особенности селекции микроорганизмов и их

использования в хозяйственной деятельности человека; сформировать знания о биотехнологии и ее основных направлениях - генной, хромосомной и клеточной инженерии; продолжить развитие познавательного интереса к изучению проблем современной селекции.

Количество часов: 6 часов.

План

1. Организм —единое целое. Многообразие организмов. Обмен веществом и энергией с окружающей средой как необходимое условие существования живых систем. Способность к самовоспроизведению — одна из основных особенностей живых организмов. Деление клетки — основа роста, развития и размножения организмов. Бесполое размножение. Половой процесс и половое размножение. Оплодотворение, его биологическое значение.
2. Понятие об индивидуальном (онтогенез), эмбриональном (эмбриогенез) и постэмбриональном развитии. Индивидуальное развитие человека и его возможные нарушения.
3. Общие представления о наследственности и изменчивости. Генетическая терминология и символика. Закономерности наследования. Наследование признаков у человека.
4. Половые хромосомы. Сцепленное с полом наследование. Наследственные болезни человека, их причины и профилактика. Современные представления о гене и геноме.
5. Генетические закономерности изменчивости. Классификация форм изменчивости. Влияние мутагенов на организм человека.
6. Предмет, задачи и методы селекции. Генетические закономерности селекции. Учение Н.И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений. Биотехнология, ее достижения, перспективы развития.

Ключевые понятия и термины: размножение, споруляция, споры, почкование, фрагментация, регенерация, вегетативное, бесполое, половое, оплодотворение, гермафродиты, партеногенез, гаметы, гаметогенез, период размножения в гаметогенезе, мейоз, конъюгация, кроссинговер, направительные тельца, зигота, онтогенез, эмбриональный, постэмбриональный, дробление, бластомеры, бластула, бластоцель (первичная полость тела), баструла, эктодерма, энтодерма, мезодерма, первичная кишка, нейрула, прямое, не прямое, закон зародышевого сходства, биогенетический закон, филогенез, генетика, наследственность, изменчивость, ген, гибридологический метод, чистая линия, моногибридное, аллельные гены, гомозиготные (AA, aa), гетерозиготные (Aa), доминантный (A), рецессивный (a), I закон Менделя (правило единообразия), II закон Менделя (правило расщепления), закон чистоты гамет, неполное доминирование, фенотип, генотип, анализирующее скрещивание, закон независимого наследования признаков (третий закон Менделя), модификация, норма реакции, мутации, генные (точечные) мутации,

хромосомные мутации, утрата, делеция, дупликация, инверсия, геномные, полиплоидия, мутагенные факторы, селекция, закон гомологических рядов наследственной изменчивости, гибридизация, массовый отбор, индивидуальный отбор, депрессия, гетерозис, биотехнология, антибиотики, селекция (примитивная, комбинационная; доместикация), задачи селекции, Н.И. Вавилов, развитие селекции, центры многообразия и происхождения культурных растений, центры происхождения домашних животных, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

Особь, или индивидуум (от лат. *individuum* – неделимое), – это неделимая единица жизни. Самый главный признак любого живого организма – строгая взаимозависимость отдельных его частей. Разделение особи на части приведёт к потере её целостной уникальной индивидуальности. Человек, птица, дерево – это особи, но печень, мозг, крыло, клюв, лист или ветка не обладают признаками целого организма. Организм – это не простая сумма клеток, тканей и органов. Лишь строгое соподчинение и взаимодействие формируют новое единство и придают особи черты и свойства, отсутствующие у отдельных её компонентов.

Любой живой организм имеет клеточное строение. Исключение, как нам уже известно, составляют вирусы, но и они не способны существовать вне клеток. Учёные до сих пор спорят, относить ли вирусы к живым существам. С одной стороны, они обладают свойствами живой материи – наследственностью и изменчивостью, но в то же время не способны к самостоятельному существованию и размножению, проявляя эти свойства только внутри про– или эукариотических клеток.

Многообразие живых существ нашей планеты, образующих единую биосферу, огромно и с трудом поддаётся описанию и подсчёту. По самым приблизительным оценкам, сейчас на Земле обитает несколько миллионов видов живых организмов. Только беспозвоночных насчитывают более 1,5 млн видов, при этом каждый год описывают сотни новых видов, и учёные считают, что большинство беспозвоночных животных, в основном пауков, насекомых и круглых червей, до сих пор неизвестны науке. Более 350 тыс. видов растений, около 100 тыс. видов грибов, огромное число видов бактерий и синезелёных водорослей населяют нашу планету, создавая то неповторимое единство, частью которого являемся и мы с вами.

Для любого организма характерны все признаки живого: обмен веществ и превращение энергии, рост, развитие и размножение, наследственность и изменчивость. Эти свойства мы рассмотрим с вами в последующих параграфах этой главы.

Все организмы разделяют на одноклеточные и многоклеточные.

Одноклеточные организмы. К этой группе относят организмы, тело которых состоит из одной клетки, т. е. для них клеточный и организменный уровни едины. Одноклеточные прокариоты – это бактерии и синезелёные водоросли (цианобактерии). Одноклеточные эукариоты встречаются во всех трёх царствах эукариот. У грибов – это одноклеточные дрожжи, в царстве

растений – одноклеточные зелёные водоросли (например, хламидомонада и хлорелла), среди животных – более 40 тыс. видов простейших, например амёбы и инфузории, споровики и фораминиферы. Клетки одноклеточных обладают всеми признаками самостоятельных организмов и способны осуществлять все функции, необходимые для жизнедеятельности. В отличие от клеток многоклеточных организмов, у одноклеточных существуют органоиды специального назначения, помогающие им выполнять все необходимые функции. Способность к движению и захвату пищи обеспечивают ложноножки, жгутики и реснички. Для реализации выделительной функции существуют сократительные вакуоли. Свойство живых организмов – раздражимость обеспечивают специализированные внутриклеточные структуры, например светочувствительный глазок у эвглены зелёной позволяет ей определять направление движения к источнику света. Клетки одноклеточных устроены гораздо более сложно, нежели клетки, входящие в состав многоклеточного организма.

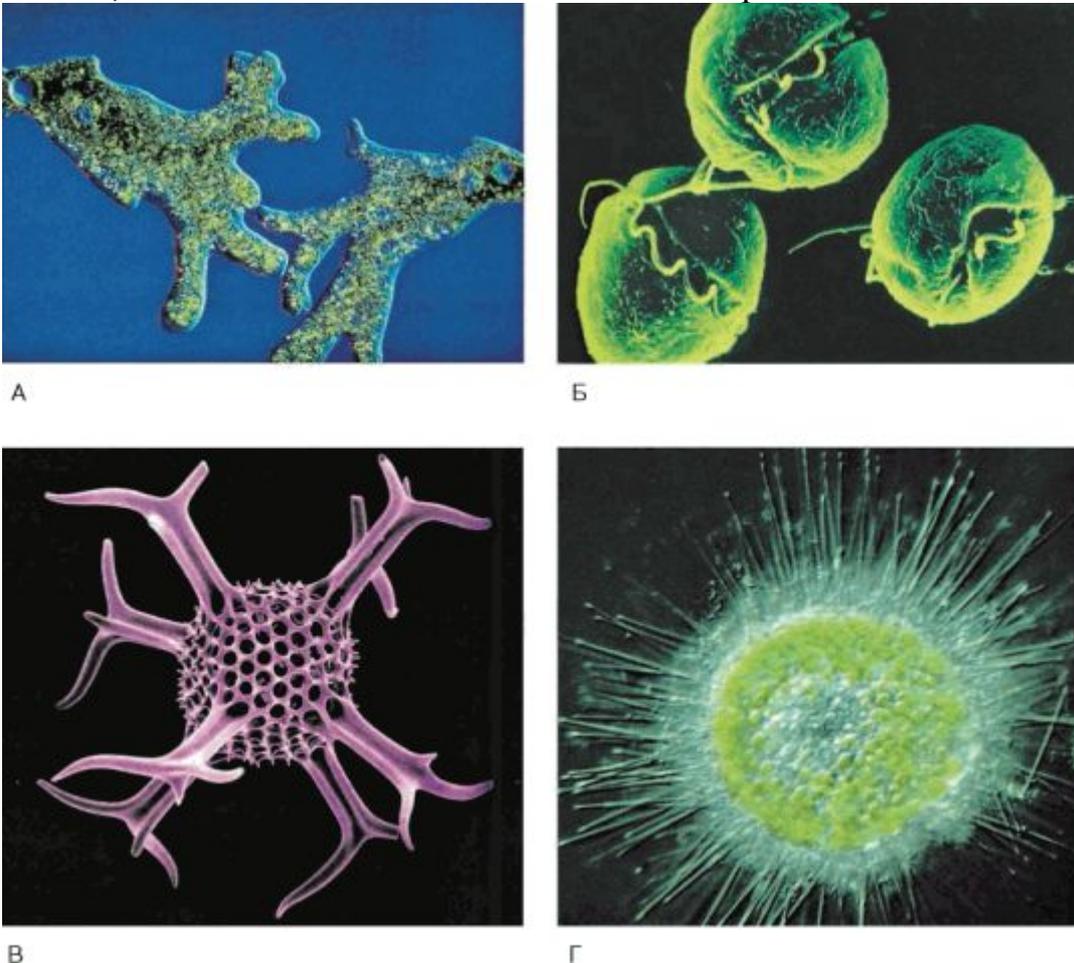


Рис. Многообразие одноклеточных организмов: А – амёба; Б – зелёные водоросли; В – радиолярия; Г – солнечник

Многоклеточные организмы. В многоклеточном организме клетки специализированы, т. е. они способны выполнять только какую-то определённую функцию и не могут самостоятельно существовать вне целого организма. У представителя кишечнорастворимых – гидры – организм состоит из семи типов клеток, а организм человека образован клетками более ста

типов. Совокупность клеток различных типов и межклеточного вещества, связанных выполнением ряда одинаковых функций, называют *тканью*. Ткани и органы характерны не для всех многоклеточных организмов. Так, у кишечнорастворимых и губок, у водорослей разные типы клеток не объединены в ткани, не образуют органы и системы органов. У высших растений и у большинства животных усложняется внутреннее строение и появляются специализированные системы органов, выполняющие отдельные функции. Специализация клеток у многоклеточных организмов повышает эффективность работы всего организма в целом, обеспечивает более сложные формы поведения и увеличивает продолжительность жизни.

Колонии одноклеточных организмов. Среди живых организмов существует группа, занимающая промежуточное положение между одноклеточными и многоклеточными организмами. Колониальные организмы – это совокупность одноклеточных особей, ведущих совместный образ жизни. Типичным представителем таких организмов является вольвокс – заполненный слизью шар, поверхность которого образована тысячами клеток (рис.). Двухжгутиковые клетки колонии связаны друг с другом цитоплазматическими мостиками, что позволяет вольвоксу согласованно работать жгутиками и плыть в направлении источника света. Отдельные клетки вольвокса уходят внутрь шара, образуя там «дочерние» молодые колонии. Новые колонии растут, порой образуя внутри себя уже «внучатые» колонии. Спустя некоторое время материнская колония лопается и погибает, а «дочерние» и «внучатые» колонии выходят наружу.

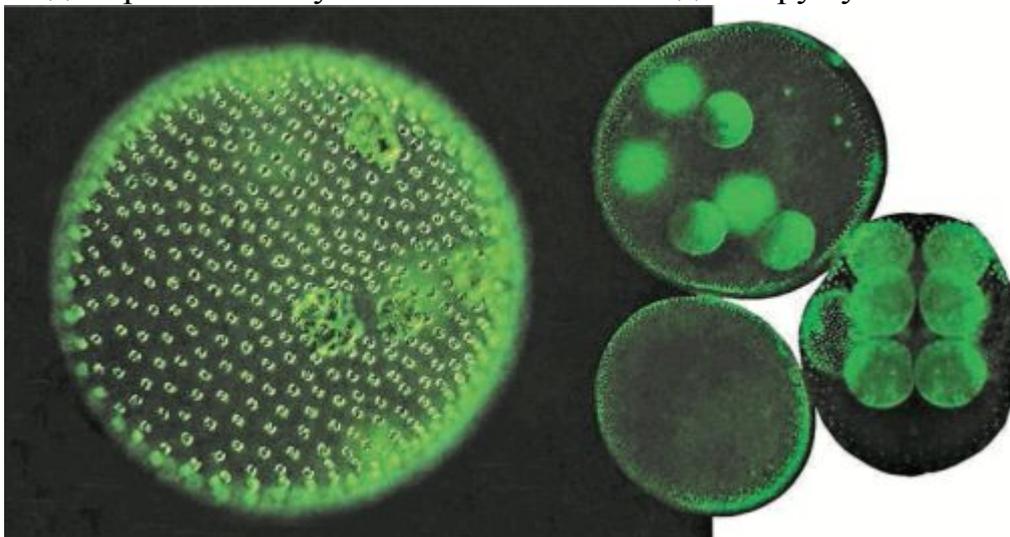


Рис. . Вольвокс

Вопрос происхождения многоклеточных организмов представляет большой интерес, так как является основой для понимания эволюции живой природы. В настоящее время наиболее серьезно аргументированы колониальные гипотезы происхождения многоклеточности. Согласно этим гипотезам, многоклеточные организмы в процессе эволюции возникли в результате усложнения организации некоторых колоний простейших.

Происхождение многоклеточности. Первую колониальную гипотезу происхождения многоклеточных предложил в 1874 г. зоолог-эволюционист

Эрнст Генрих Геккель. Его гипотеза получила название «гипотеза гастрей». Учёный считал, что предком многоклеточных была шаровидная колония жгутиковых. В ходе эволюции из этой колонии путём впячивания могли возникнуть первые двуслойные многоклеточные с кишечной полостью. Этого гипотетического предка Геккель назвал гастреей. Наружный слой жгутиковых клеток выполнял в первую очередь двигательную функцию, а внутренний слой – пищеварительную.

В 1888 г. русский биолог Илья Ильич Мечников опубликовал другую колониальную гипотезу – «гипотезу фагоцителлы». По мнению учёного, предок многоклеточных (фагоцителла) мог возникнуть из шаровидных колоний жгутиконосцев путём перемещения части клеток внутрь колонии. При этом наружные жгутиковые клетки продолжали выполнять двигательную функцию, а внутренние утрачивали жгутики, становились похожими на амёб и выполняли функцию фагоцитоза (отсюда и возникло название предковой формы).

Гипотеза фагоцителлы И. И. Мечникова завоевала широкое признание и нашла дальнейшее развитие в трудах многих современных учёных.

Онтогенез – это индивидуальное развитие организма от момента его зарождения до смерти. Онтогенез начинается с **оплодотворения** (слияния сперматозоида и яйцеклетки). При этом образуется зигота, в которой объединяется наследственный материал отца и матери.

Зародышевое (эмбриональное) развитие

Это период с момента оплодотворения до выхода ребёнка из яйца (рождения). Включает в себя стадии дробления, гаструляции, органогенеза.

Дробление – это серия делений зиготы путем митоза. Промежуток между делениями очень короткий, в нем происходит только удвоение ДНК, а рост клеток не происходит (яйцеклетка и так была очень большая). В процессе дробления клетки постепенно уменьшаются, пока не достигают нормальных размеров. После дробления образуется **морула** (шарик из клеток), а затем **бластула** (полый шарик из клеток; клетки – бластомеры, полость – бластоцель, стенка однослойная).

Затем бластула превращается в **гаструлу** – двухслойный шарик. Наружный слой клеток гастрылы называется **эктодерма**, внутренний – **энтодерма**, отверстие в гастреде называется первичный рот, он ведет в кишечную полость.

Органогенез (образование органов) начинается с формирования нервной пластинки в эктодерме на спинной стороне зародыша. В дальнейшем

- из эктодермы образуется нервная система (с органами чувств) и наружный слой кожи (с придатками);
- из энтодермы – эпителий пищеварительной (с пищеварительными железами) и дыхательной систем;

- из мезодермы – всё остальное (скелет, мышцы, кровеносная, выделительная, половая системы).

Постэмбриональное развитие

Начинается с рождения (вылупления из яйца). Бывает двух видов:

- **Прямое** – когда ребенок похож на родителя, только меньше по размерам и у него недоразвиты некоторые органы (млекопитающие, птицы).
- **Непрямое (с превращением, с метаморфозом)** – когда ребенок (личинка) сильно отличается от родителя (лягушки, насекомые). Преимущество непрямого развития состоит в том, что родители и дети не конкурируют друг с другом за пищу и территорию.

Ещё в древности сложились представления о том, что для живых существ характерны **наследственность и изменчивость**. Было замечено, что при размножении организмов из поколения в поколение передается комплекс признаков и свойств, присущих конкретному виду, а детёныши по многим свойствам похожи на родителей (проявление наследственности). Однако столь же очевидно и то, что между особями одного вида существуют некоторые различия, даже если они являются потомками одних и тех же родителей (проявление изменчивости).

Знание о наличии этих свойств использовалось при выведении новых сортов культурных растений и пород домашних животных. Традиционно в сельском хозяйстве применялась **гибридизация**, т. е. скрещивание организмов, отличающихся друг от друга по каким-либо признакам. Однако до конца XIX века такая работа осуществлялась методом проб и ошибок, поскольку не были известны механизмы, лежащие в основе проявления подобных свойств организмов, а существовавшие на этот счет гипотезы имели чисто умозрительный характер.

В 1866 году вышел в свет труд чешского исследователя Грегора Менделя «Опыты над растительными гибридами». В нем были описаны закономерности наследования признаков в поколениях растений, которые Г. Мендель выявил в результате многочисленных и тщательно выполненных экспериментов. Но его исследование не привлекло внимания современников, не сумевших оценить новизну и глубину идей, опередивших общий уровень биологических наук того времени. Лишь в 1900 г., после открытия законов Г. Менделя заново и независимо друг от друга тремя исследователями (Г. де Фризом в Голландии, К. Корренсом в Германии и Э. Чермаком в Австрии), начинается развитие новой биологической науки — **генетики**, изучающей закономерности наследственности и изменчивости. Грегора Менделя справедливо считают основоположником этой молодой, но очень бурно развивающейся науки. **Основными понятиями современной генетики являются наследственность и изменчивость.**

Наследственность -- свойство организмов повторять в ряду поколений комплекс признаков (особенности внешнего строения, физиологии,

химического состава, характера обмена веществ, индивидуального развития и т. д.), имеющих у предков.

Однако, если бы наследственность была абсолютной (потомки в точности повторяли бы все признаки родителей), то живые организмы не могли бы меняться и приспосабливаться к новым условиям, и эволюция была бы невозможна. Поэтому вторым основополагающим свойством живого является изменчивость.

Изменчивость -- явление, противоположное наследственности. Она заключается в изменении комбинаций признаков или появлении совершенно новых признаков у особей данного вида.

Благодаря наследственности обеспечивается сохранение видов на протяжении значительных промежутков (до сотен миллионов лет) времени. Однако условия окружающей среды меняются (иногда существенно) с течением времени, и в таких случаях изменчивость, приводящая к разнообразию особей внутри вида, обеспечивает его выживание. Какие-то из особей оказываются более приспособленными к новым условиям, это и позволяет им выжить. Кроме того, изменчивость позволяет видам расширять границы своего местообитания, осваивать новые территории.

виды изменчивости

Важно отметить, что изменчивость подразделяется на **наследственную и ненаследственную**.

Ещё Гиппократ писал о том, что если человек покалечился (например, потерял конечность под колесницей), то дети его не наследуют этот дефект. Таким образом, приобретенные в течение жизни признаки не наследуются. В данном примере это связано с тем, что изменения затрагивают только соматические клетки, но не генеративные (то есть половые и их предшественники). При половом размножении такие изменения не наследуются, но при вегетативном размножении потомкам могут достаться измененные клетки с их новыми признаками.

Ненаследственная изменчивость — это, прежде всего, **модификационная изменчивость**.

Модификации — это изменения организмов под действием факторов внешней среды, таких, как питание, температура, освещенность и т. п. Ее удобно наблюдать на примере монозиготных близнецов, имеющих одинаковый геном, или размноженных вегетативно растений. Понятно, что при хорошем питании животное вырастет больше, чем при скудном; то же касается и освещения для растений. Она носит групповой характер (все организмы реагируют на один и тот же фактор сходным образом) и обладает направленностью (чем больше пищи, тем больше масса животного). Модификационная изменчивость всегда носит адаптивный характер.

Наследственная изменчивость подразделяется на **мутационную и комбинативную**.

Мутация — это устойчивое ненаправленное и необратимое изменения генотипа.

Значение мутаций в эволюции огромно — благодаря им возникают новые варианты генов. Говорят, что мутации — это сырой материал эволюции. Мутации носят индивидуальный (каждая мутация в отдельной молекуле ДНК возникает случайно) и ненаправленный характер.

Комбинативная изменчивость связана с возникновением новых сочетаний генов у потомков при половом процессе, например, в ходе мейоза у эукариот.

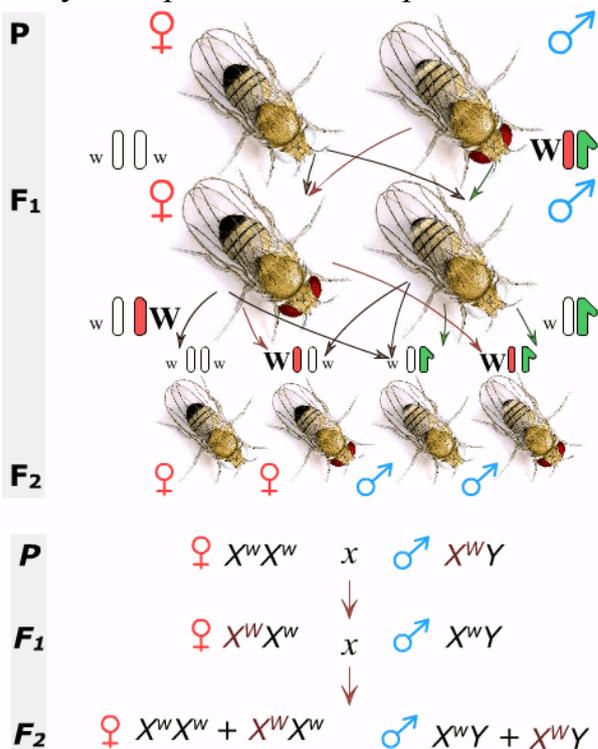
Баланс между наследственностью и изменчивостью имеет огромное эволюционное значение. Новые признаки организмов появляются в результате изменчивости, а благодаря наследственности они сохраняются в последующих поколениях. Накапливание множества новых признаков приводит к возникновению других видов.

Половые хромосомы, как и аутосомы, несут большое число генов, функции которых не связаны с половым процессом. Определяемые этими генами признаки наследуются по схеме, отличной от генов аутосом.

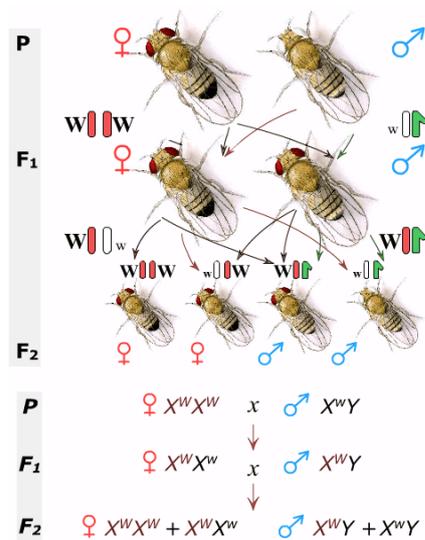
Наследование, сцепленное с полом — наследование какого-либо гена, находящегося в половых хромосомах.

Томас Морган и его сотрудники заметили, что наследование окраски глаз у дрозофилы зависит от пола родительских особей, несущих альтернативные аллели. Красная окраска глаз доминирует над белой.

При скрещивании красноглазого самца с белоглазой самкой в F₁ получали равное число красноглазых самок и белоглазых самцов.



Однако при скрещивании белоглазого самца с красноглазой самкой в F₁ были получены в равном числе красноглазые самцы и самки. При скрещивании этих мух F₁, между собой были получены красноглазые самки, красноглазые и белоглазые самцы, но



не было ни одной белоглазой самки.

Тот факт, что у самцов частота проявления рецессивного признака была выше, чем у самок, наводил на мысль, что рецессивный аллель, определяющий белоглазость, находится в X-хромосоме, а Y-хромосома лишена гена окраски глаз.

Чтобы проверить эту гипотезу, Морган скрестил исходного белоглазого самца с красноглазой самкой из F1. В потомстве были получены красноглазые и белоглазые самцы и самки. Из этого Морган справедливо заключил, что только X-хромосома несет ген окраски глаз. В Y-хромосоме соответствующего локуса вообще нет.

Это явление известно под названием наследования, сцепленного с полом. Гены, находящиеся в половых хромосомах, называют сцепленными с полом. В X-хромосоме имеется участок, для которого в Y-хромосоме нет гомолога. Поэтому у особей мужского пола признаки, определяемые генами этого участка, проявляются даже в том случае, если они рецессивны. Эта особая форма сцепления позволяет объяснить наследование признаков, сцепленных с полом. При локализации признаков как в аутосоме, так и в X- и Y-хромосоме наблюдается полное сцепление с полом.

У человека около 60 генов наследуются в связи с X-хромосомой, в том числе гемофилия, дальтонизм (цветовая слепота), мускульная дистрофия, потемнение эмали зубов и другие. Наследование таких признаков отклоняется от закономерностей, установленных Г. Менделем. X-хромосома закономерно переходит от одного пола к другому, при этом дочь наследует X-хромосому отца, а сын X-хромосому матери. Наследование, при котором сыновья наследуют признак матери, а дочери - признак отца получило, название крисс-кросс (или крест-накрест).

ТИПЫ СЦЕПЛЕННОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

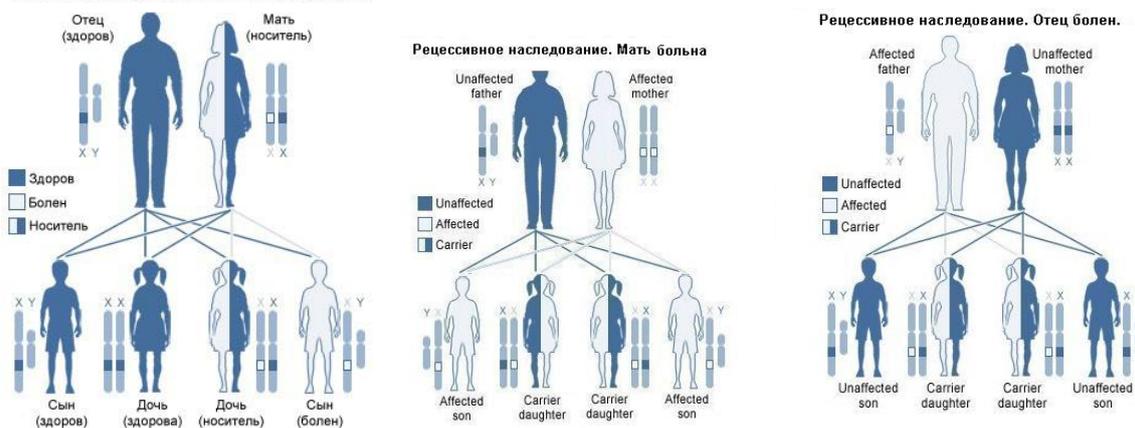
наследование дальтонизма

Известны нарушения цветового зрения, так называемая цветовая слепота. В основе появления этих дефектов зрения лежит действие ряда генов. Красно-зеленая слепота обычно называется дальтонизмом. Еще задолго до появления генетики в конце XVIII и в XIX в. было установлено, что цветовая слепота наследуется согласно вполне закономерным правилам.

Так, если женщина, страдающая цветовой слепотой, выходит замуж за мужчину с нормальным зрением, то у их детей наблюдается очень своеобразная картина перекрестного наследования. Все дочери от такого брака получают признак отца, т. е. они имеют нормальное зрение, а все сыновья, получая признак матери, страдают цветовой слепотой.

В том же случае, когда наоборот, отец является дальтоником, а мать имеет нормальное зрение, все дети оказываются нормальными. В отдельных браках, где мать и отец обладают нормальным зрением, половина сыновей может оказаться пораженными цветовой слепотой. В основном наличие цветовой слепоты чаще встречается у мужчин. Э.Вильсон объяснил наследование этого признака, предположив, что он локализован в X-хромосоме и что у человека гетерогаметным (XY) является мужской пол. Становится вполне понятным, что в браке гомозиготной нормальной женщины (XD XD) с мужчиной дальтоником (XDY) все дети рождаются нормальными. Однако при этом, все дочери становятся скрытыми носителями дальтонизма, что может проявиться в последующих поколениях.

X-сцепленное рецессивное наследование



Наследование гемофилии

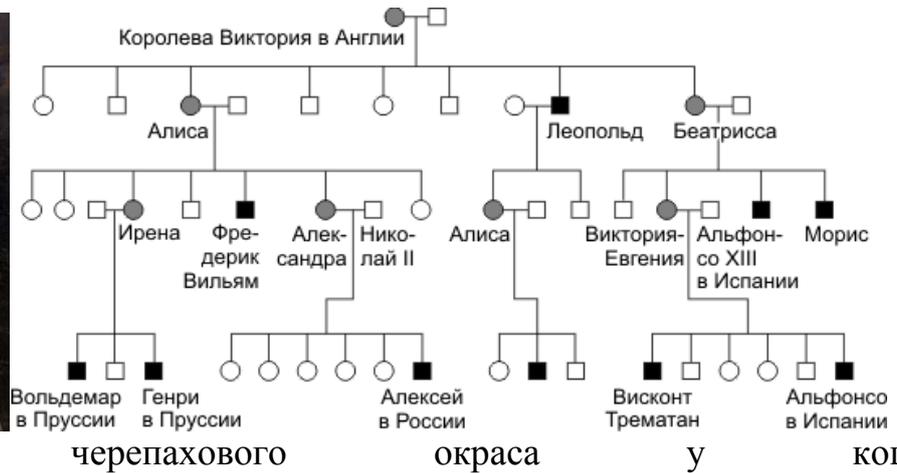
Точно так же происходит наследование гемофилии — нарушение свертываемости крови.

Чаще болезнью страдают мужчины, женщины же обычно выступают как носительницы гемофилии и могут родить больных сыновей или дочерей-носительниц.

Самой известной носительницей гемофилии в истории была королева Виктория; по-видимому, эта мутация произошла в её генотипе, поскольку в семьях её родителей гемофилии не было. Гемофилией страдал один из сыновей Виктории (Леопольд, герцог Олбани), а также ряд внуков и правнуков (родившихся от дочерей или внучек), включая русского царевича Алексея Николаевича. По этой причине данное заболевание получило такие названия: «викторианская болезнь» или «царская болезнь». Также иногда в царских фамилиях для сохранения титула допускались браки между близкими родственниками, отчего частота проявления гемофилии была выше.



Наследование



черепахового

окраса

у

кошек



Интересно происходит наследование окраса кошек.

Ген, отвечающий за цвет шерсти находится в половой х-хромосоме.

x^A — рыжая окраска

x^B — черная окраска

Соответственно:

$x^A x^A$ — рыжая кошка

$x^B x^B$ — черная кошка

$x^A x^B$ — черепаховая кошка

$x^A y$ — рыжий кот

$x^B y$ — черный кот

Черепаховые коты встречаются очень редко — только в случае нарушения, когда у кота набор половых хромосом XXY .



Наследственная (генотипическая) изменчивость проявляется в изменении генотипа особи, поэтому передается при половом размножении потомкам.

Наследственная изменчивость обусловлена возникновением разных типов мутаций и их комбинаций в последующих скрещиваниях. В каждой достаточно длительно существующей совокупности особей спонтанно и ненаправленно возникают различные мутации, которые в дальнейшем комбинируются более или менее случайно с уже имеющимися вариантами генов.

Виды наследственной изменчивости:

- **комбинативная:** обусловленная перекомбинированием генов в результате мейоза и оплодотворения;
- **мутационная:** обусловленная возникновением мутаций.

Комбинативная изменчивость

Комбинативной называют изменчивость, в основе которой лежит образование **рекомбинаций**, т. е. таких комбинаций генов, которых не было у родителей.

В основе комбинативной изменчивости лежит половое размножение организмов, вследствие которого возникает огромное разнообразие генотипов. Практически неограниченными источниками генетической изменчивости в ходе полового размножения эукариот служат три процесса:

1. **Независимое расхождение гомологичных хромосом в анафазе первого деления мейоза.** Именно независимое комбинирование хромосом при мейозе является основой третьего закона Менделя. Появление зеленых гладких и желтых морщинистых семян гороха во втором поколении от скрещивания растений с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами — пример комбинативной изменчивости.
2. **Взаимный обмен участками гомологичных хромосом, или кроссинговер, в профазе первого деления мейоза.** Он создает новые группы сцепления, т. е. служит важным источником генетической рекомбинации аллелей. Рекомбинантные хромосомы, оказавшись в

зиготе, способствуют появлению признаков, нетипичных для каждого из родителей.

3. Случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Эти источники комбинативной изменчивости действуют независимо и одновременно, обеспечивая при этом постоянную «перетасовку» генов, что приводит к появлению организмов с другим генотипом и фенотипом (сами гены при этом не изменяются). Однако новые комбинации генов довольно легко распадаются при передаче из поколения в поколение. Комбинативная изменчивость является важнейшим источником всего колоссального наследственного разнообразия, характерного для живых организмов. Однако она, как правило, не порождает стабильных изменений в генотипе, которые необходимы, согласно эволюционной теории, для возникновения новых видов. Стабильные, долгоживущие изменения возникают в результате мутаций.

Мутационная изменчивость

Мутация — это устойчивое и ненаправленное изменение в геноме.

Мутация сохраняется неограниченно долго в ряду поколений.

Значение мутаций в эволюции огромно — благодаря им возникают новые варианты генов. Говорят, что мутации — это сырой материал эволюции. Мутации носят индивидуальный (каждая мутация в отдельной молекуле ДНК возникает случайно) и ненаправленный характер.

Мутации могут как приводить, так и не приводить к изменению признаков и свойств организма.

Мутации возникают постоянно на протяжении всего онтогенеза человека. Чем на более раннем этапе развития организма возникнет конкретная мутация, тем большее влияние она может оказать на развитие организма (рис. 1).

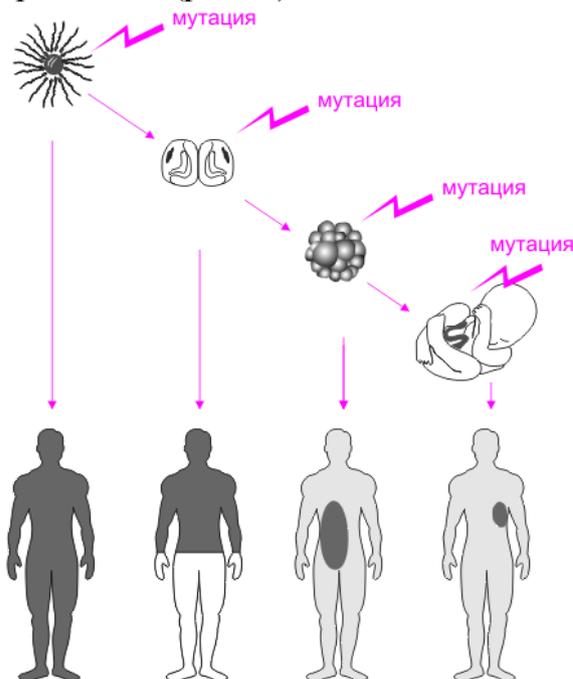


Рис. 1. Влияние мутаций в разные периоды онтогенеза

Мутации делятся на:

- **нейтральные;**
- **вредные;**
- **полезные.**

Современные генетики считают, что большинство вновь возникающих мутаций **нейтральны**, то есть никак не отражаются на приспособленности организма. Нейтральные мутации происходят в межгенных участках — интронах (участках ДНК, не кодирующих белки); либо это **синонимичные мутации** в кодирующей части гена — мутации, которые приводят к возникновению кодона, обозначающего ту же аминокислоту (это возможно из-за вырожденности генетического кода).

Следующими по частоте являются **вредные** мутации. Вредоносное действие мутаций объясняется тем, что изменения касаются наследственных признаков, имеющих чаще всего адаптивное значение, т. е. признаков, полезных в данных условиях среды.

Лишь небольшая часть мутаций повышает приспособленность организма, то есть является **полезной** («ломать не строить»).

Однако вредность и полезность мутаций — понятия относительные, т. к. то, что полезно (вредно) в данных условиях, может оказать обратное действие при изменении условий среды. Именно поэтому мутации являются материалом для эволюции.

Мутагенез — процесс возникновения мутаций.

Мутации могут появиться как в соматических, так и в половых клетках (рис. 2).

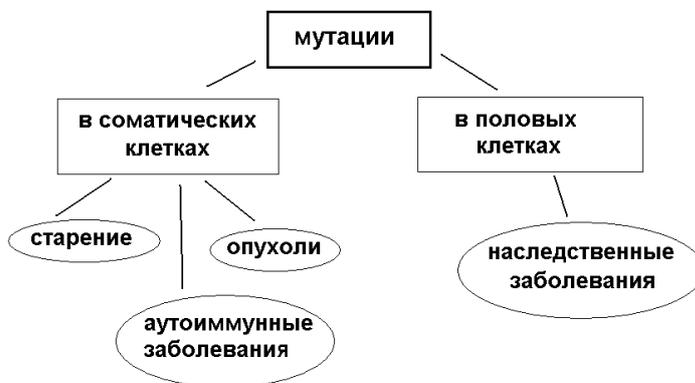


Рис. 2. Результат мутаций

Не смотря на то, что мутации возникают постоянно, существует ряд факторов, так называемых **мутагенов**, увеличивающих вероятность появления мутаций.

Мутагены — факторы, увеличивающие вероятность появления мутаций.

Мутагенами могут быть:

- химические вещества (кислоты, щелочи и т. п.);
- температурные воздействия;
- УФ-излучение;
- радиация;
- вирусы.

Канцерогены — факторы, повышающие вероятность возникновения злокачественных новообразований (опухолей) в организме животных и человека.

По характеру изменения генома различают мутации:

- **генные (точечные)**
- **хромосомные**
- **геномные**

ГЕННЫЕ МУТАЦИИ

Генные, или точечные мутации -- результат изменения нуклеотидной последовательности в молекуле ДНК в пределах одного гена.

Если такая мутация происходит в гене, это приводит к изменению последовательности иРНК. А изменение последовательности иРНК может привести к изменению последовательности аминокислот в полипептидной цепи. В результате синтезируется другой белок, а в организме изменяется какой-либо признак.

Это наиболее распространённый вид мутаций и важнейший источник наследственной изменчивости организмов.

Существуют разные типы генных мутаций, связанных с добавлением, выпадением или перестановкой нуклеотидов в гене:

- **дупликации** — повторение участка гена,
- **вставки** — появление в последовательности лишней пары нуклеотидов,
- **делеции** -- выпадение одной или более пар нуклеотидов,
- **замены нуклеотидных пар** — $AT \rightarrow GЦ$; $AT \rightarrow ЦГ$; или $AT \rightarrow ТА$,
- **инверсии** — переворот участка гена на 180° .

Эффекты генных мутаций чрезвычайно разнообразны.

Большая часть из них — **нейтральные мутации**.

ХРОМОСОМНЫЕ МУТАЦИИ

Хромосомные мутации — это изменения в структуре хромосом. Как правило, их можно выявить и изучить под световым микроскопом.

Известны хромосомные перестройки разных типов:

- **делеция** — выпадение участка хромосомы в средней её части;
- **дупликация** — двух- или многократное повторение генов, локализованных в определённом участке хромосомы;
- **инверсия** — поворот участка хромосомы на 180° , в результате чего в этом участке гены расположены в последовательности, обратной по сравнению с обычной;
- **транслокация** — изменение положения какого-либо участка хромосомы в хромосомном наборе. К наиболее распространённому типу транслокаций относится обмен участками между двумя негомологичными хромосомами. Участок хромосомы может изменить своё положение и без обмена, оставаясь в той же хромосоме или включаясь в какую-то другую.

геномные мутации

К **геномным мутациям** относится изменение числа хромосом:

- **анеуплоидия;**
- **полиплоидия.**

Анеуплоидия — увеличение или уменьшение числа хромосом в генотипе.

Она возникает при нерасхождении хромосом в мейозе или хроматид в митозе.

Анеуплоиды встречаются у растений и животных и характеризуются низкой жизнеспособностью.

Вследствие нерасхождения какой-либо пары гомологичных хромосом в мейозе одна из образовавшихся гамет содержит на одну хромосому меньше, а другая на одну хромосому больше, чем в нормальном гаплоидном наборе. При слиянии с другой гаметой возникает зигота с меньшим или большим числом хромосом по сравнению с диплоидным набором, характерным для вида. Пример — трисомия 21 (лишняя 21-я хромосома), приводящая к синдрому Дауна (рис. 3).



Рис. 3. Синдром Дауна

Полиплоидия — это кратное увеличение гаплоидного набора хромосом ($3n$, $4n$ и т. д.).

Чаще всего появляется при нарушении расхождения хромосом к полюсам клетки в мейозе или митозе под действием мутагенных факторов.

Она широко распространена у растений и простейших и крайне редко встречается у животных.

С увеличением числа хромосомных наборов в кариотипе возрастает надёжность генетической системы, уменьшается вероятность снижения жизнеспособности в случае мутаций. Поэтому полиплоидия нередко влечёт за собой повышение жизнеспособности, плодовитости и других жизненных свойств (рис. 4).



Рис. 4. Обычное и полиплоидное растение энотеры

В растениеводстве это свойство используют, искусственно получая полиплоидные сорта культурных растений, отличающиеся высокой продуктивностью.

У высших животных полиплоидия, как правило, не встречается (известны исключения среди амфибий, у скальных ящериц).

Наследственные заболевания

В диплоидном организме большинство новых мутаций фенотипически не проявляется, поскольку они рецессивны. Это очень важно для существования вида, так как в большинстве своём вновь возникающие мутации оказываются вредными. Однако их рецессивный характер позволяет им длительное время сохраняться у особей вида в гетерозиготном состоянии без вреда для организма и проявиться в будущем при переходе в гомозиготное состояние.

Наследственные заболевания:

- **сцепленные с полом** (гены в половых хромосомах — дальтонизм, гемофилия);

Синдром Клайнфельтера — патология, которая характеризуется наличием у мальчиков лишней X хромосомы (минимум одной), в результате чего нарушается их половое созревание. Заболевание в 1942 г. впервые было описано Клайнфельтером. У некоторых мальчиков может быть 3, 4 или 5 X-хромосом с одной Y-хромосомой. При увеличении числа X-хромосом также возрастает тяжесть пороков развития и умственной отсталости. Например, вариант набора хромосом 43 XXXYV имеет столько характерных особенностей, что диагностировать его возможно в детском возрасте (рис. 5).



Рис. 5. Синдром Клайнфельтера

- **аутосомно-доминантные** (в аутосомах, Аа и АА): чаще проявляются → больше подвергаются естественному отбору;
- **аутосомно-рецессивные** (в аутосомах, только аа): реже проявляются → меньше подвергаются естественному отбору → дольше сохраняются в популяциях; чаще проявляются при близкородственных скрещиваниях (изолированные популяции, этнические и религиозные группы, правящие династии и т. п.).

Многие аутосомно-рецессивные заболевания связаны с нарушением обмена веществ.

Например, **фенилкетонурия** — 1 на 1000 случаев. Отсутствует фермент, превращающий аминокислоту фенилаланин в тирозин → накопление фенилаланина → поражение нервной системы → слабоумие (рис. 6).

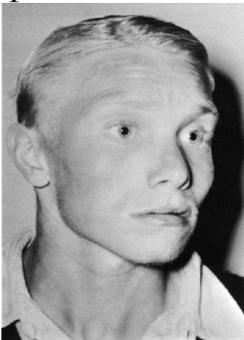


Рис. 6. Больной фенилкетонурией

Лейциноз — тяжелое наследственное заболевание, которое связано с нарушением аминокислотного обмена, имеет аутосомно-рецессивный тип наследования. Заболевание более известно как **болезнь кленового сиропа**. Заболевание получило такое название из-за специфического запаха мочи, который имеет схожесть с запахом сиропа из клёна. При данной патологии организм ребёнка не способен усваивать аминокислоты: лейцин, изолейцин, валин. Специфический запах моча приобретает из-за наличия вещества, образующегося из лейцина.

Вместе с тем известен ряд случаев, когда изменение лишь одного основания в определённом гене оказывает заметное влияние на фенотип (генная мутация).

Одним из примеров генной мутации служит **серповидноклеточная анемия**. Рecessивный аллель, вызывающий в гомозиготном состоянии это наследственное заболевание, выражается в замене всего одного аминокислотного остатка в β -цепи молекулы гемоглобина (глутаминовая кислота \rightarrow валин). Это приводит к тому, что в крови эритроциты с таким гемоглобином деформируются (из округлых становятся серповидными) и быстро разрушаются (рис. 7). При этом развивается острая анемия и наблюдается снижение количества кислорода, переносимого кровью. Анемия вызывает физическую слабость, нарушения деятельности сердца и почек и может привести к ранней смерти людей, гомозиготных по мутантному аллелю.

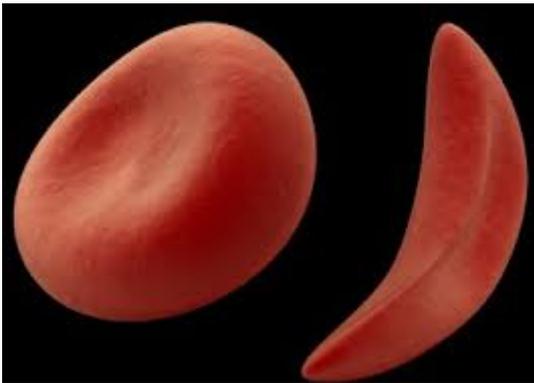


Рис. 7. Нормальный эритроцит и эритроцит при серповидноклеточной анемии

Цитоплазматическая изменчивость

Цитоплазматические мутации — связанные с мутациями, генов находящихся в митохондриальной ДНК и ДНК пластид.

При половом размножении цитоплазматические мутации наследуются по материнской линии, т. к. зигота при оплодотворении всю цитоплазму получает от яйцеклетки.

У высших растений пестролистные мутанты в ряде случаев являются примером возникновения **пластидных мутаций**. Например: пестролистность ночной красавицы (рис. 8) и львиного зева (рис. 9) связана с мутациями в хлоропластах.



Рис. 8. Пестролистность у ночной красавицы
львиного зева



Рис. 9. Пестролистность у

Спонтанные цитоплазматические мутации выявляются реже, чем мутации хромосомных генов. Это можно объяснить рядом причин. Очевидно, одна из причин лежит во множественности цитоплазматических структур и органоидов. Всякая цитоплазматическая мутация, возникшая в одном из многих идентичных органоидов, не может проявиться до тех пор, пока она не размножится в цитоплазме клетки.

Цитоплазматическая мутация может проявиться в двух случаях: если данный органоид в клетке является единичным или представлен малым и постоянным числом, либо если мутаген имеет специфическое действие на органоиды клетки, вызывая массовое изменение их.

Для изучения цитоплазматических мутаций очень удобным объектом оказалась хламидомонада. Стрептомицин вызывает у неё большое количество мутаций нехромосомных генов. При обработке раствором стрептомицина штаммов, чувствительных к этому антибиотику, были выделены мутанты, устойчивые к стрептомицину.

Селекция — наука, разрабатывающая пути создания новых и улучшения существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

Создание новых сортов и пород основывается на таких важнейших свойствах живого организма, как наследственность и изменчивость. Именно поэтому генетика — наука об изменчивости и наследственности организмов — является теоретической основой селекции.

Имея свои собственные задачи и методы, селекция твердо опирается на законы генетики, является важной областью практического использования закономерностей, установленных генетикой. Вместе с тем селекция опирается и на достижения других наук. На сегодняшний день генетика

вышла на уровень целенаправленного конструирования организмов с нужными признаками и свойствами.

Сорт, порода и штамм — устойчивая группа организмов, искусственно созданная человеком и имеющая определенные наследственные особенности.

Все особи внутри породы, сорта и штамма имеют сходные, наследственно закрепленные морфологические, физиолого-биохимические и хозяйственные признаки и свойства, а также однотипную реакцию на факторы внешней среды.

Основные направления селекции:

- высокая урожайность сортов растений, плодовитость и продуктивность пород животных;
- улучшение качества продукции (например, вкус, внешний вид плодов и овощей, химический состав зерна — содержание белка, клейковины, незаменимых аминокислот и т. д.);
- физиологические свойства (скороспелость, засухоустойчивость, зимостойкость, устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным климатическим условиям).
- выведение стрессоустойчивых пород (для разведения в условиях большой скученности — на птицефабриках, фермах и т. п.);
- пушное звероводство;
- рыбоводство — разведение рыбы в искусственных водоемах.

ОТЛИЧИЕ КУЛЬТУРНЫХ ФОРМ ОТ ДИКИХ

Культурные формы	Дикие формы
развиты признаки, полезные для человека и часто вредные в естественных условиях	наличие признаков, неудобных для человека (агрессивность, колючесть и т. п.)
высокая продуктивность	низкая продуктивность (мелкие плоды; низкая масса, яйценоскость, удоимость)
хуже адаптируются к меняющимся условиям среды	высокая адаптивность
не имеют средств защиты от хищников и вредителей (горьких или ядовитых веществ, шипов, колючек и т. п.)	наличие естественных защитных приспособлений, повышающих жизнестойкость, но неудобных для человека

основные методы селекции

Основные методы селекции:

- **подбор родительских пар**
- **отбор**
- **гибридизация**
- **искусственный мутагенез**

Подбор родительских пар

Данный метод применяется прежде всего в селекции животных, т. к. для животных характерно половое размножение и немногочисленное потомство.

Выведение новой породы — процесс длительный, требующий больших материальных затрат. Это может быть целенаправленное получение определенного **экстерьера** (совокупности фенотипических признаков), повышение молочности, жирности молока, качества мяса и т. д.

Разводимые животные оцениваются не только по внешним признакам, но и по происхождению и **качеству потомства**. Поэтому необходимо хорошо знать их родословную. В племенных хозяйствах при подборе производителей всегда ведется учёт родословных, в которых оцениваются экстерьерные особенности и продуктивность родительских форм в течение ряда поколений.

работы И. В. Мичурина

Отбор

Искусственный отбор — сохранение для дальнейшего размножения особей с интересующими селекционера признаками. Формы отбора: массовый и индивидуальный.

- **Интуитивный (бессознательный) отбор** — самая древняя форма отбора, используемая ещё древним человеком: отбор особей по фенотипу, т.е. с наиболее полезными сочетаниями признаков.
- **Методический отбор** — отбор для размножения особей с чётко определёнными признаками, согласно цели и с учетом их фенотипов и генотипов.
- **Массовый отбор** — устранение из размножения особей, не имеющих ценные признаки, либо имеющих нежелательные признаки (например, агрессивных).

Массовый отбор может быть эффективен в том случае, если отбираются качественные, просто наследуемые и легко определяемые признаки. Массовый отбор обычно проводят среди перекрестноопыляемых растений. При этом селекционеры отбирают растения по фенотипу с интересующими их признаками. Недостаток массового отбора заключается в том, что селекционер не всегда может определить лучший генотип по фенотипу.

- **Индивидуальный отбор** — выделение отдельных особей с интересующими человека признаками и получение от них потомства.

Индивидуальный отбор более эффективен при отборе особей по количественным, сложно наследуемым признакам. Этот вид отбора позволяет точно оценить генотип благодаря анализу наследования признаков у потомства. Индивидуальный отбор применяют по отношению к самоопыляемым растениям (сорта пшеницы, ячменя, гороха и др.).

Гибридизация

В селекционной работе с животными применяют в основном два способа скрещивания: **инбридинг** и **аутбридинг**.

Инбридинг — скрещивание близкородственных форм: в качестве исходных форм используются братья и сестры или родители и потомство.

Результат: получение гомозиготных организмов → разложение исходной формы на ряд чистых линий.

Минусы: пониженная жизнеспособность (рецессивные гомозиготы зачастую несут наследственные заболевания).

Такое скрещивание в определённой степени аналогично самоопылению у растений, которое также приводит к повышению гомозиготности и, как следствие, к закреплению хозяйственно ценных признаков у потомков. При этом гомозиготизация по генам, контролирующим изучаемый признак, происходит тем быстрее, чем более близкородственное скрещивание используют при инбридинге. Однако гомозиготизация при инбридинге, как и в случае растений, ведет к ослаблению животных, снижает их устойчивость к воздействию среды, повышает заболеваемость.

В селекции инбридинг обычно является лишь одним из этапов улучшения породы. За ним следует скрещивание разных межлинейных гибридов, в результате которого нежелательные рецессивные аллели переводятся в гетерозиготное состояние и вредные последствия близкородственного скрещивания заметно снижаются.

Аутбридинг — неродственное скрещивание между особями одной породы или разных пород животных в пределах одного вида.

Результат: получение большого количества гетерозиготных организмов → поддержание полезных качеств и усиление их выраженности в ряду следующих поколений.

Отдалённая гибридизация — получение межвидовых и межродовых гибридов.

Отдалённая гибридизация в селекции животных применяется значительно реже, чем в селекции растений.

Межвидовые и межродовые гибриды животных и растений чаще всего бесплодны, так как нарушается мейоз и гаметогенез не происходит. При этом восстановление плодовитости у животных представляет более сложную задачу, поскольку получение полиплоидов на основе умножения числа хромосом у них невозможно.

Преодоление бесплодия межвидовых гибридов растений впервые удалось осуществить в начале 20-х годов XX века советскому генетику **Г. Д. Карпеченко** при скрещивании редьки и капусты. Это вновь созданное человеком растение не было похоже ни на редьку, ни на капусту. Стручки

занимали как бы промежуточное положение и состояли из двух половинок, из которых одна напоминала стручок капусты, другая — редьки. Каждая из исходных форм имела в половых клетках по 9 хромосом. В этом случае клетки полученного от них гибрида имели 18 хромосом. Но некоторые яйцеклетки и пыльцевые зёрна содержали все 18 хромосом (диплоиды), а при их скрещивании создано растение с 36 хромосомами, которое оказалось плодовитым. Так была доказана возможность использования полиплоида для преодоления нескрещиваемости и бесплодия при отдалённой гибридизации.

Бывает, что бесплодны особи только одного пола. Например, у гибридов высокогорного быка яка и рогатого скота бесплодны (**стерильны**) самцы, а самки плодовиты (**фертильны**).

Но иногда гаметогенез у отдалённых гибридов протекает нормально, что позволило получить новые ценные породы животных. Примером являются архаромериносы, которые, как и архары (горные бараны), могут пастись высоко в горах, а как мериносы дают хорошую шерсть. Получены плодовитые гибриды от скрещивания местного (индийского) крупного рогатого скота с зебу. При скрещивании белуги и стерляди получен плодовитый гибрид — бестер, хорька и норки — хонорик, продуктивен гибрид между карпом и карасём.

В природе встречаются гибриды зебры и лошади (зеброид), бизона и зубра (зубробизон), тетерева и куропатки (межняк), зайца-русака и зайца-беляка (тумак), соболя и лисицы (кидус), а также тигра и льва (лигр).

В качестве примеров межродовых гибридов растений можно назвать гибрид пшеницы и ржи (тритикале), пшенично-пырейный гибрид, гибрид смородины и крыжовника (йошта), гибрид брюквы и кормовой капусты (куузика), гибриды озимой ржи и житняка, травянистого и древовидного томатов и др.

Гетерозис — явление повышенной жизнеспособности, урожайности, плодовитости гибридов первого поколения, превышающих по этим параметрам обоих родителей.

Уже со второго поколения гетерозисный эффект угасает. По-видимому, это происходит вследствие снижения числа гетерозиготных организмов и повышения доли гомозигот.

Классическими примерами проявления гетерозиса являются мул (гибрид кобылы и осла) и лошак (гибрид коня и ослицы) (рис. 1,2). Это сильные, выносливые животные, которые могут использоваться в значительно более трудных условиях, чем родительские формы.



Рис. 1. Мул

Продолжительность их жизни значительно выше, чем у родительских видов.

Лошак меньше мула ростом и строптив, поэтому менее удобен для использования в хозяйственной деятельности человека.

Гетерозис широко применяют в промышленном птицеводстве, например — бройлерные цыплята, отличающиеся очень быстрым ростом. Цыплёнок-бройлер — финальный гибрид, полученный в результате скрещивания нескольких линий разных пород кур (мясных родительских форм), проверенных на сочетаемость. Первоначально для такого скрещивания использовали породы корниш (в качестве отцовской формы) и белый плимутрок (в качестве материнской формы).

искусственный мутагенез

Искусственный мутагенез чаще всего используется как метод селекции растений. Он основан на применении физических и химических мутагенов для получения форм растений с выраженными мутациями. Такие формы в дальнейшем используются для гибридизации или отбора.

В селекции растений широко используется **полиплоидия**.

Полиплоидия — увеличение числа наборов хромосом в клетках организма, кратное гаплоидному (одинарному) числу хромосом; тип геномной мутации.

Половые клетки большинства организмов гаплоидны (содержат один набор хромосом — n), соматические — диплоидны ($2n$). Организмы, клетки которых содержат более двух наборов хромосом, называются полиплоидами,

три набора — триплоидами ($3n$), четыре — тетраплоидами ($4n$) и т. д. Наиболее часто встречаются организмы с числом хромосомных наборов, кратным двум, — тетраплоиды, гексаплоиды ($6n$) и т. д.

Полиплоиды с нечётным числом наборов хромосом (триплоиды, пентаплоиды и т. д.) обычно не дают потомства (стерильны), т. к. образуемые ими половые клетки содержат неполный набор хромосом — не кратный гаплоидному.

появление полиплоидии

Благодаря полиплоидии выведены высокоурожайные полиплоидные сорта сахарной свеклы, хлопчатника, гречихи и др. Полиплоидные растения часто более жизнеспособны и плодовиты, чем нормальные диплоиды. О их большей устойчивости к холоду свидетельствует увеличение числа видов-полиплоидов в высоких широтах и в высокогорьях.

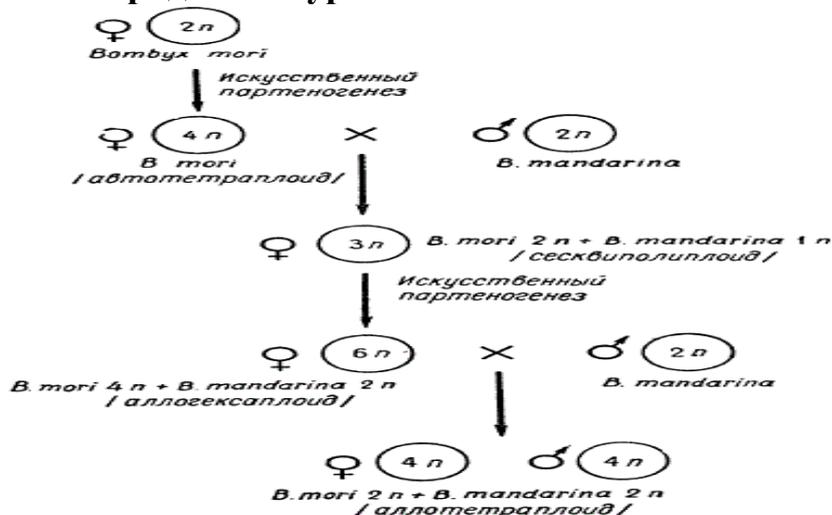
Поскольку полиплоидные формы часто обладают ценными хозяйственными признаками, искусственную полиплоидизацию применяют в растениеводстве для получения исходного селекционного материала.

Получение полиплоидов в эксперименте тесно связано с искусственным мутагенезом. С этой целью используют специальные мутагены (например, алкалоид колхицин), нарушающие расхождение хромосом в митозе и мейозе.

Получены урожайные полиплоиды ржи, гречихи, сахарной свёклы и других культурных растений; стерильные триплоиды арбуза, винограда, банана популярны благодаря бессемянным плодам.

Применение отдалённой гибридизации в сочетании с искусственной полиплоидизацией позволило отечественным учёным получить плодовитые полиплоидные гибриды растений (Г. Д. Карпеченко, гибрид-тетраплоид редьки и капусты) и животных (Б. Л. Астауров, гибрид-тетраплоид тутового шелкопряда).

Шелкопряды Астаурова



биотехнология

Биотехнология — наука, изучающая возможность модификации биологических организмов для обеспечения потребностей человека.

Применение биотехнологии (рис. 3):

- производство лекарств, удобрений, средств биологической защиты растений;
- биологическая очистка сточных вод;
- восстановление ценных металлов из морской воды;
- коррекция и исправление генетических патологий.

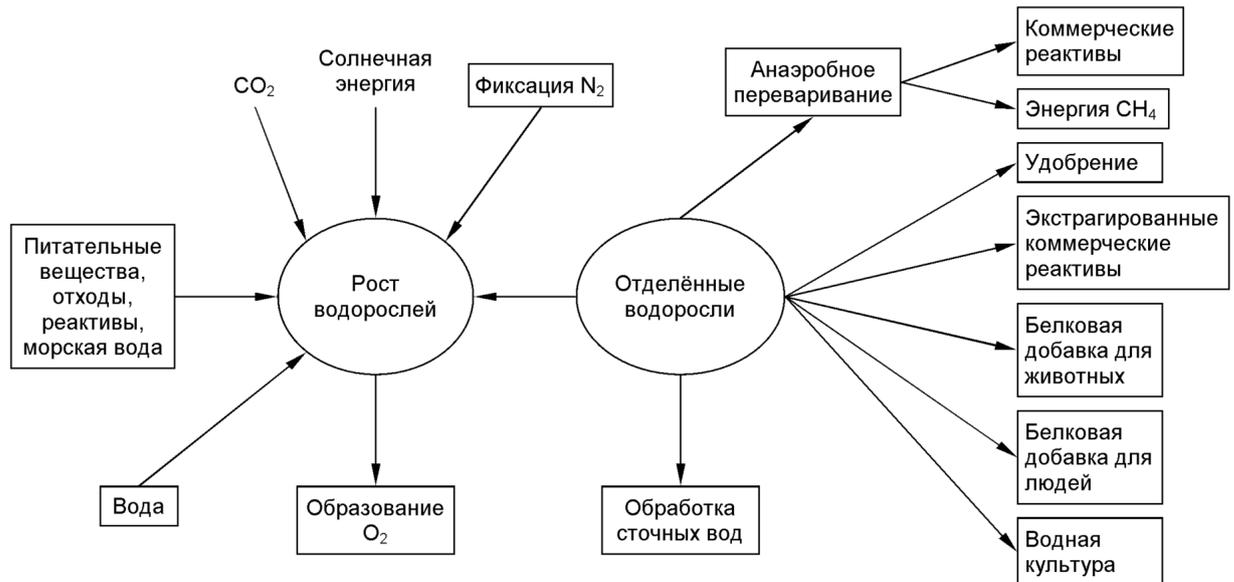


Рис. 3. Возможности биотехнологии

Например, включение в геном кишечной палочки гена, ответственного за образование у человека инсулина, позволило наладить промышленное получение этого гормона (рис. 4).

Получение генно-инженерного инсулина



Рис. 4. Биотехнология получения инсулина

В биотехнологии успешно применяются методы генной и клеточной инженерии.

ГЕННАЯ И КЛЕТОЧНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Генная инженерия — искусственное, целенаправленное изменение генотипа микроорганизмов с целью получения культур с заранее заданными свойствами.

Исследования в области генной инженерии распространяются не только на микроорганизмы, но и на человека. Они особенно актуальны при лечении болезней, связанных с нарушениями в иммунной системе, в системе свертывания крови, в онкологии.

Основной метод генной инженерии: выделение необходимых генов, их клонирование и введение в новую генетическую среду. Например, введение определённых генов с помощью плазмиды в организм бактерии для синтеза ею определённого белка (рис. 5).

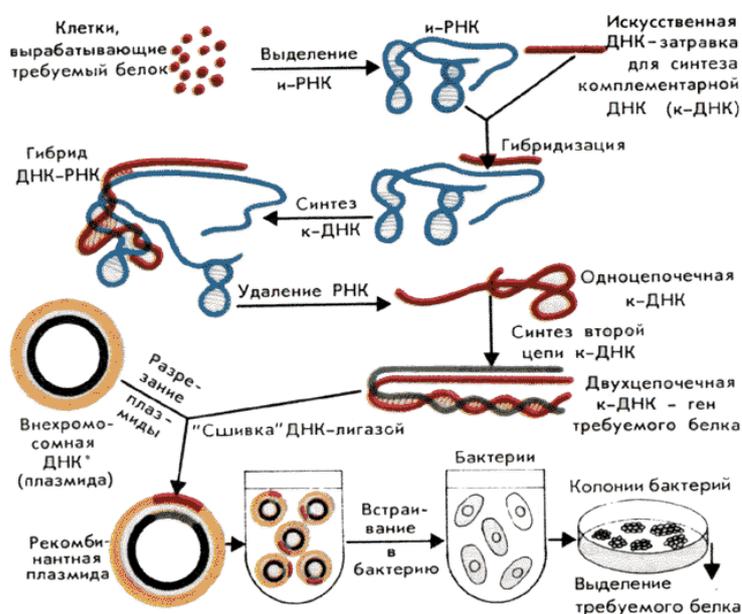


Рис. 5. Применение генной инженерии

Основные этапы решения генно-инженерной задачи следующие:

1. Получение изолированного гена.
2. Введение гена в вектор (плазмиду) для переноса в организм.
3. Перенос вектора с геном (рекомбинантной плазмиды) в модифицируемый организм.
4. Преобразование клеток организма.
5. Отбор генетически модифицированных организмов и устранение тех, которые не были успешно модифицированы.

Клеточная инженерия — это направление в науке и селекционной практике, которое изучает методы гибридизации соматических клеток, принадлежащих разным видам, возможности клонирования тканей или целых организмов из отдельных клеток.

Включает культивирование и клонирование клеток на специально подобранных средах, гибридизацию клеток, пересадку клеточных ядер и

другие микрохирургические операции по «разборке» и «сборке» (реконструкции) жизнеспособных клеток из отдельных фрагментов.

На данный момент удалось получить гибриды между клетками животных, далёких по систематическому положению, например мыши и курицы. Соматические гибриды нашли широкое применение как в научных исследованиях, так и в биотехнологии.

Гибридные клетки, полученные от клеток человека и мыши и человека и китайского хомячка, участвовали в расшифровке генома человека.

Гибриды между опухолевыми клетками и лимфоцитами обладают свойствами обеих родительских клеточных линий: они неограниченно делятся и могут вырабатывать определённые антитела. Такие антитела применяют в лечебных и диагностических целях в медицине.

В эмбриологии для изучения процессов дифференцировки клеток и тканей в ходе онтогенеза используют организмы-химеры, состоящие из клеток с разными генотипами. Их создают путём соединения клеток разных зародышей на ранних этапах их развития.

Клонирование животных — ещё один метод клеточной инженерии: ядро соматической клетки пересаживают в лишённую ядра яйцеклетку с последующим выращиванием зародыша во взрослый организм.

Преимущество клеточной инженерии в том, что она позволяет экспериментировать с клетками, а не с целыми организмами.

Методы клеточной инженерии часто применяют в сочетании с генной инженерией.

работы Н. И. Вавилова

Николай Иванович Вавилов — российский генетик, растениевод, географ.

1. Н. И. Вавилов организовал 180 экспедиций (20–30 гг. XX века) по самым труднодоступным и зачастую опасным районам земного шара с целью изучения многообразия и географического распространения культурных растений.
2. Им была собрана уникальная, самая крупная в мире коллекция культурных растений (к 1940 г. коллекция включала 300 000 образцов), которые ежегодно размножаются в коллекциях Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР) и широко используются селекционерами как исходный материал для создания новых сортов зерновых, плодовых, овощных, технических, лекарственных и других культур.
3. Создал учение об иммунитете растений.
учение об иммунитете растений
4. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости: у генетически близких видов и родов существуют гены, которые дают сходные признаки. Таким образом, можно предсказать наличие признаков у других видов известного рода.

5. Установил, что наибольшее разнообразие форм вида сосредоточено в тех районах, где этот вид возник. Н. И. Вавилов выделил **8 центров происхождения культурных растений**.

Центры происхождения культурных растений

Центры происхождения культурных растений — географические области, являющиеся родиной дикорастущих предков культурных растений.

Центры происхождения важнейших культурных растений связаны с древними очагами цивилизации и местом первичного возделывания и селекции растений. Подобные очаги одомашнивания (центры **доместикации**) выявлены и у домашних животных.

Было выделено восемь центров происхождения культурных растений (рис. 6):

1. Средиземноморский (спаржа, маслины, капуста, лук, клевер, мак, свекла, морковь).
2. Переднеазиатский (инжир, миндаль, виноград, гранат, люцерна, рожь, дыня, роза).
3. Среднеазиатский (нут, абрикос, горох, груша, чечевица, лен, чеснок, мягкая пшеница).
4. Индо-Малайский (цитрусовые, хлебное дерево, огурец, манго, черный перец, кокосовая пальма, банан, баклажан).
5. Китайский (просо, редька, вишня, яблоко, гречиха, слива, соя, хурма).
6. Центральноамериканский (тыква, фасоль, какао, авокадо, махорка, кукуруза, батат, хлопчатник).
7. Южноамериканский (табак, ананас, томат, картофель).
8. Абиссинский центр (банан, кофе, сорго, твердая пшеница).

В поздних работах Н. И. Вавилова Переднеазиатский и Среднеазиатский центры объединяются в Юго-западноазиатский центр.

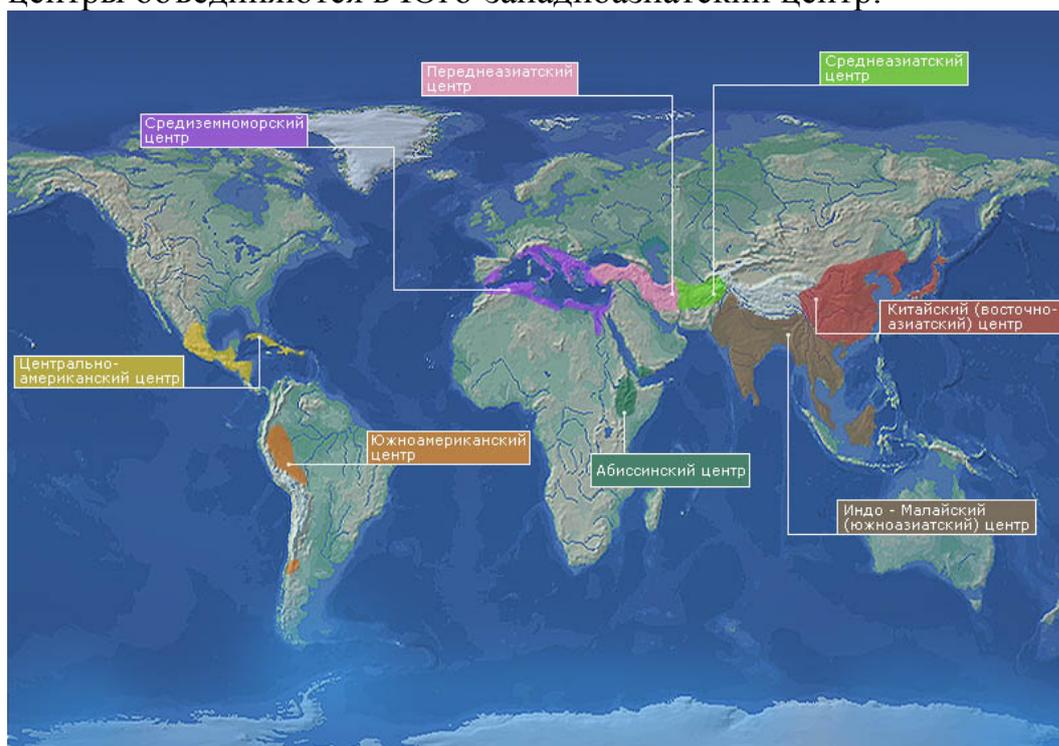


Рис. 6. Центры происхождения культурных растений

В настоящее время выделяют 12 первичных центров происхождения культурных растений.

Литература: [1, 2, 3, 4, 5].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Дайте определение организма. Какими чертами он должен обладать как самостоятельная биологическая система?
2. Перечислите общие признаки одноклеточных организмов.
3. В чем заключается усложнение организации при переходе от одноклеточных прокариот к эукариотам?
4. Назовите одноклеточных представителей каждого царства организмов.
5. Почему вирусы считают переходной группой между живой и неживой природой?
6. Чем вирусы по строению отличаются от бактерий?
7. Какие болезни вызывают вирусы у растений, животных и человека?
8. Какое строение имеет вирус-бактериофаг? Как человек использует бактериофагов?
9. Биологическая роль АТФ в процессах жизнедеятельности.
10. Сравните процессы репликации и транскрипции. Обратите внимание на их функции. Назват общее и отличия.
11. Какие основные характеристики атома Карбона позволили ему стать основой построения органических молекул?
12. С какими свойствами организма связана относительно количество воды, которое содержится в организме человека?
13. Опишите биологическую роль водородных связей.
14. Какие соединения являются биополимерами. Какие мономеры ваходят в их состав?
15. Чем отличаются между собой бесполое и половое размножения?
16. Характерные признаки полового размножения.
17. Какие признаки полового размножения можно привести у животных?
18. Какие преимущества имеет половое размножение?
19. Какие недостатки имеет половое размножения?
20. Сперматозоиды практически не содержат цитоплазмы и питательных веществ, однако им необходимо большое количество энергии для движения. Как вы думаете, откуда берется эта энергия?
21. максимальное количество яйцеклеток и вторичных полярных телец может сформироваться у кошки из четырех ооцитов первого порядка?
22. Какие процессы, происходящие в ходе оогенеза, обеспечивают накопление в яйцеклетках большого количества питательных веществ?
23. Каков биологический смысл образования при оогенезе полярных телец?
24. Сравните процессы сперматогенеза и оогенеза, укажите черты сходства

25. Что происходит с момента попадания зародыша в матку до конца второго месяца внутриутробного развития?
26. Что происходит в начале плодного периода внутриутробного развития?
27. Что представляет собой плацента?
28. Как происходит обмен веществами между матерью и плодом?
29. Как условия жизни матери влияют на формирование и развитие плода?
30. Что такое критические периоды развития?
31. Какие критические периоды известны для развития человеческого эмбриона?
32. Какие периоды послеутробного развития человека вам известны?
33. Какие бывают нарушения развития человека?
34. Как определить нарушения в развитии?
35. Как избежать нарушения или откорректировать развитие человека?
36. Какие преимущества имеет половое размножение по сравнению с бесполом?
37. Какие типы половых клеток вам известны?
38. Какие особенности строения присущи мужским половым клеткам?
39. Какие особенности строения присущи женским половым клеткам?
40. Как происходит процесс сперматогенеза?
41. Что такое генетика?
42. Что такое ген?
43. Какое значение имеет генетика для человека?
44. Что такое генотип?
45. Что такое фенотип?
46. Какие методы генетических исследований вам известны?
47. Для чего и как используют методы генетических исследований?
48. Когда были повторно открыты законы Г. Менделя?
49. Какие цитологические основания имеют законы Г. Менделя?
50. Какое практическое значение для человека имеют законы Г. Менделя?
51. Когда и кем была сформулирована хромосомная теория наследственности.
52. Какие главные положения хромосомной теории наследственности?
53. Что такое сцепленное наследование?
54. Какие цитологические механизмы положены в основу сцепленного наследования?
55. Что такое геном?
56. Назовите критерии сравнения понятия «геном» и «генотип».
57. Чем определяется существующая специализация клеток?
58. Какие обязательные элементы входят в состав гена эукариотической клетки?
59. Происходит ли накопление изменений при оплодотворении?
60. Какие признаки объединяются в зиготе?
61. Что такое мутации?
62. Какое значение для жизнедеятельности организмов имеет мутационная изменчивость?
63. Что является предметом изучения эмбриолога?

64. Какими знаниями должны обладать специалисты, занимающиеся селекционной работой?
65. Проблемы решает генная инженерия?
66. Что такое биотехнология?
67. С какими трудностями связаны исследования в области генной инженерии?
68. Почему селекция микроорганизмов приобретает в настоящее время первостепенное значение?
69. Приведите примеры промышленного получения и использования продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.
70. Какие организмы называют трансгенными?
71. Какое значение для промышленности и сельского хозяйства имеет селекция микроорганизмов?
72. Что такое биотехнология?
73. В чем преимущество клонирования по сравнению с традиционными методами селекции?
74. Докажите, что биологическая очистка воды является биотехнологическим процессом.

Лекции 14-16. Тема: ВИД

Цель: сформировать понятия "вид" и "критерии вида"; показать механизмы репродуктивной изоляции в природе; продолжить формирование умений давать морфологическое описание растений, работать с текстами, составлять таблицы, анализировать, формулировать выводы; расширить и углубить знания о ходе формирования знаний о популяции, как форме существования вида; показать, что популяция представляет собой надорганизменные формы жизни, характеризующиеся целостностью и устойчивостью; познакомить с сущностью понятий "биоценоз", "биогеоценоз", "экосистема", и "биосфера"; сформировать знания об основных закономерностях живых систем, о взаимосвязях организмов и надорганизменных систем с окружающей средой, о круговороте веществ и потоке энергии в биогеоценозе как необходимом условии его существования; сформировать знания о составных компонентах биологического сообщества, об особенностях морфологической, пространственной и трофической структур сообщества, о круговороте веществ и потоке энергии; рассмотреть условия устойчивости сообществ, уточнить и закрепить знания пищевых связей, которые отображают реальный путь круговорота веществ; продолжить формирование умений работать с текстом, рисунками, таблицами, анализировать и делать выводы; познакомить с развитием эволюционных идей в додарвиновский период, раскрыть вклад К. Линнея, Ж.-Б. Ламарка и других ученых в развитии учения о виде и эволюции; сформировать представление о предпосылках возникновения дарвинизма, о создании Ч. Дарвиным целостного эволюционного учения; сформировать интерес и позитивное отношение к изучению истории развития биологии; рассмотреть в общей форме теорию эволюции Ч. Дарвина как целостное

учение; сформировать представление об основных положениях эволюционного учения Ч.Дарвина; способствовать осознанию сложного характера взаимоотношений в живой природе, роли этих взаимосвязей в эволюции органического мира; сформировать представление о борьбе за существование и ее формах; научить правильно определять формы борьбы за существование, сравнивать их друг с другом; сформировать систему знаний о естественном отборе и его роли в эволюции; сформировать умение сравнивать разные формы естественного отбора друг с другом и правильно определять их по характеристикам; добиться четкого понимания, что естественный отбор - ведущий фактор эволюции, что только отбор создаст новые формы, приспособленные к среде обитания; способствовать усвоению знаний о механизме возникновения и формирования приспособлений о механизмах возникновения новых видов под воздействием естественных материальных факторов (наследственной изменчивости, борьбы за существование, естественного отбора); продолжить формирование умения выявлять приспособления к среде обитания у различных биологических объектов; научить определять способы видообразования и сравнивать их друг с другом; сформировать знания о процессе макроэволюции и системе органического мира; познакомить с доказательствами макроэволюции, подробнее с теми, которые исследует палеонтология, раскрыть ее методы, добытые факты; использовать доказательства эволюции для отстаивания взглядов на реальность исторического развития живой природы, продолжить формирование научного мировоззрения при раскрытии картин эволюции органического мира; продолжить формирование умений раскрывать причинно-следственные связи между путями и результатами эволюции, давать материалистическое объяснение исторических изменений живой природы; научить объективно оценивать степень убедительности доказательств эволюции; сформировать знания о главных путях и направлениях эволюционного процесса, сформировать умения правильно сравнивать различные направления и пути эволюции, иллюстрировать рассказ о них разнообразными примерами из мира растений и животных; систематизировать и обобщить знания о процессе и основных итогах исторического развития органического мира; познакомить с различными взглядами на проблему возникновения и развития жизни на Земле; продолжить формирование знаний о возникновении жизни на Земле, об условиях способствующих возникновению живого из неживого, о возникновении планеты Земля; познакомить с основными постулатами теории А.И. Опарина - Дж.Холдейна.

Количество часов: 3 часа.

План

1. Эволюционная теория и ее роль в формировании современной естественно-научной картины мира. Вид, его критерии. Популяция как структурная единица вида и эволюции. Синтетическая теория эволюции (СТЭ). Движущие силы эволюции в соответствии с СТЭ.

2. Результаты эволюции. Сохранение многообразия видов как основа устойчивого развития биосферы. Причины вымирания видов. Биологический прогресс и биологический регресс.
3. Гипотезы происхождения жизни. Усложнение живых организмов на Земле в процессе эволюции. Антропогенез и его закономерности. Доказательства родства человека с млекопитающими животными. Экологические факторы антропогенеза: усложнение популяционной структуры вида, изготовление орудий труда, переход от растительного к смешанному типу питания, использование огня. Появление мыслительной деятельности и членораздельной речи. Происхождение человеческих рас.

Ключевые понятия и термины: . эволюция; вид; морфологический критерий; биохимический критерий; физиологический критерий; географический критерий; экологический критерий; генетический критерий; креационизм; ламаркизм; трансформизм; дарвинизм; движущие силы эволюции; наследственная изменчивость; борьба за существование; естественный отбор; наследственность; изменчивость; наследственная (генотипическая) изменчивость; мутационная (генотипическая) изменчивость ; комбинативная изменчивость; формы борьбы за существование; внутривидовая борьба; межвидовая борьба; борьба с неблагоприятными условиями среды; искусственный отбор; сорта растений; породы животных; штаммы микроорганизмов; естественный отбор; формы естественного отбора; движущий отбор; стабилизирующий отбор; разрывающий (дизруптивный); результаты отбора; образование новых видов; приспособленность организмов; усложнение и совершенствование организмов; микроэволюция; способы видообразования; аллопатрическое (географическое); симпатрическое (экологическое); синтетическая теория эволюции (неодарвинизм); сопуляция; популяция ; закон Харди-Вайнберга (закон популяционной генетики); элементарные факторы эволюции (по современной СТЭ); мутационный процесс; популяционные волны и дрейф генов; изоляция; естественный отбор; мутационный процесс; дрейф генов; популяционные волны; географическое видообразование; экологическое образование; генофонд; генотип; экологическая изоляция; географическая или пространственная изоляция ; макроэволюция; главные направления биологического прогресса; ароморфоз; идиоадаптация; общая дегенерация; конвергенция; аналогичные органы; дивергенция; филогенез; биогенетический закон; эмбриология; палеонтология; сравнительная анатомия; экология.

Предполагается, что трудности, с которыми сталкивалась классическая теория эволюции, в частности при объяснении явления наследственности, были преодолены путем синтеза эволюционной теории Ч. Дарвина и генетики Г. Менделя.

Синтетическая теория эволюции (СТЭ) — это современная эволюционная теория, которая является синтезом различных дисциплин, прежде всего генетики и дарвинизма, а также палеонтологии, систематики, молекулярной биологии и др.

Синтетическая теория в ее нынешнем виде образовалась в результате переосмысления ряда положений классического дарвинизма с позиций генетики начала XX в.

После переоткрытия законов Г. Менделя (в 1901 г.), доказательства дискретной природы наследственности и, особенно, после создания теоретической популяционной генетики трудами Р. Фишера, Д.Б.С. Холдейна-младшего и С. Райта учение Ч. Дарвина приобрело прочный генетический фундамент.

Статья С.С. Четверикова «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» стала ядром будущей и основой для дальнейшего синтеза дарвинизма и генетики. В этой статье показана совместимость принципов генетики с теорией естественного отбора и заложены основы эволюционной генетики.

В работах Дж. Холдейна, Н.В. Тимофеева-Ресовского и Ф.Г. Добржанского идеи, выраженные С.С. Четвериковым, распространились на Запад, где почти одновременно Р. Фишер высказал взгляды об эволюции доминантности.

Толчок к развитию СТЭ дала гипотеза о рецессивности новых генов. Гипотеза предполагала, что в каждой воспроизводящейся группе организмов во время созревания гамет в результате ошибок при репликации ДНК постоянно возникают мутации — новые варианты генов.

Влияние генов на строение и функции организма таково, что каждый ген участвует в определении нескольких признаков. С другой стороны, каждый признак зависит от многих генов. Генетики называют это явление генетической полимерией признаков.

Английский генетик Р. Фишер в 1930 г. высказал идею о том, что полимерия отражает взаимодействие генов, в связи с чем внешнее проявление каждого гена зависит от его генетического окружения. Поэтому рекомбинация, порождая все новые генные сочетания, в конце концов создает для данной мутации такое генное окружение, которое позволяет мутации проявиться в фенотипе особи-носителя.

Так мутация попадает под действие естественного отбора, который уничтожает сочетания генов, затрудняющие жизнь и размножение организмов в данной среде, и сохраняет нейтральные и выгодные сочетания. Причем отбираются прежде всего такие генные комбинации, которые способствуют благоприятному и одновременно устойчивому фенотипическому выражению изначально малозаметных мутаций, за счет чего эти мутантные гены постепенно становятся доминантными.

Таким образом, *сущность синтетической теории составляет преимущественное размножение определенных генотипов и передача их особенностей потомкам.* В вопросе об источнике генетического

разнообразия синтетическая теория признает главную роль за *рекомбинацией* генов.

Считают, что эволюционный акт состоялся, когда отбор сохранил генное сочетание, нетипичное для предшествующей истории вида.

Важной предпосылкой для возникновения новой теории эволюции стала книга английского генетика, математика и биохимика Дж. Б.С. Холдейна-младшего «*The causes of evolution*» (1932). Холдейн, создавая генетику индивидуального развития, сразу же включил новую науку в решение проблем макроэволюции.

Эволюционные новшества часто возникают на основе неотении (сохранение ювенильных признаков у взрослого организма). Неотенией Дж. Холдейн объяснял происхождение человека («голая обезьяна»), эволюцию других крупных таксонов. В 1933 г. Н.К. Кольцов, учитель С.С. Четверикова, показал, что неотения в животном царстве широко распространена и играет важную роль в прогрессивной эволюции. Она ведет к морфологическому упрощению, но при этом сохраняется богатство генотипа.

Практически во всех историко-научных моделях 1937 г. был назван годом возникновения СТЭ. Именно в этом году появилась книга русско-американского генетика и натуралиста Ф.Г. Добржанского. Двойная специализация Ф.Г. Добржанского позволила ему первому перебросить твердый мост от лагеря экспериментальных биологов к лагерю натуралистов.

Впервые было сформулировано важнейшее понятие об «изолирующих механизмах эволюции» — репродуктивных барьерах, которые отделяют генофонд одного вида от генофондов других видов. Ф. Г. Добржанский также внедрил в натуралистический материал «эффект С. Райта», полагая, что микрогеографические расы возникают под воздействием случайных изменений частот генов в малых изолятах, т.е. адаптивно-нейтральным путем.

В англоязычной литературе среди создателей СТЭ чаще всего называют имена Ф.Г. Добржанского, Дж. Хаксли, Э. Майра, Б. Ренша, Дж. Стеббинса. Это, конечно, не полный список. Из русских ученых, по меньшей мере, следовало бы назвать И.И. Шмальгаузена, Н.В. Тимофеева-Ресовского, Г.Ф. Гаузе, Н.П. Дубинина, А.Л. Тахтаджяна; из британских ученых — Дж.Б.С. Холдейна-младшего, Д. Лэка, К. Уоддингтона, Г. де-Бира; из немецких ученых — Э. Баура, В. Циммермана, В. Людвиг, Г. Хеберера и др.

В результате в 1930—1940 гг. была создана синтетическая теория эволюции, не только ставшая ядром популяционной генетики, но и позволившая сформулировать единую систему всего современного биологического знания.

В отличие от классической эволюционной концепции Ч. Дарвина, рассматривающей в качестве единицы эволюции вид, СТЭ утверждает, что элементарной эволюционной структурой является *популяция*.

Полагали, что именно популяция обладает теми свойствами самоорганизующейся целостной системы, которые необходимы для наследственных изменений.

Устойчивое изменение генотипа популяции рассматривается в качестве элементарного явления эволюционного процесса. Единицей наследственности является ген — участок молекулы ДНК, отвечающий за развитие определенных признаков организма.

Основной механизм эволюционного процесса — отбор организмов с полезными, выгодными для приспособления к среде обитания мутациями.

Наследственные изменения происходят под действием ряда эволюционных факторов:

- мутационный процесс — мутационные изменения, поставляющие материал для эволюции;
- популяционные волны- колебания численности популяции вокруг некоторого среднего уровня;
- изоляция — обособление популяции для закрепления нового признака;
- естественный отбор — ведущий фактор эволюции — выживание наиболее приспособленных особей и рождение ими здорового потомства.

Мутации — это изменение наследственных свойств организмов внутри популяции, возникающее естественным или искусственным путем и поставляющее основной материал для эволюции. Как уже упоминалось, мутагенами являются температурный режим, действие отравляющих веществ, радиация, особенности питания и т.п.

После открытия двойной спирали ДНК (1953) мутацию стали трактовать в духе моргановской хромосомной теории: в ней видели изменение в тексте ДНК — в структуре нуклеиновой кислоты в пределах локуса — или в строении хромосом. Мутации стали разделять на генные (точковые), хромосомные и геномные. Казалось, что к этим трем типам мутаций сводится любое наследственное изменение. В связи с таким ограничением и стала возможной разработка генетико-популяционной модели эволюции в СТЭ.

Вместе с постулатом, что единственным источником эволюции являются мутации, в СТЭ прочно утвердилось представление об однозначном соответствии мутации (гена) и признака, о том, что возникновение нового устойчивого фенотипа является автоматическим следствием проявления мутации. С этих позиций эволюция предстает как результат сортировки и накопления естественным отбором серии мутаций

Современная молекулярная биология к числу наиболее опасных мутагенов относит вирусы.

Мутации появляются случайно, большинство из них либо опасны, либо вредны. Вредные мутации часто вызывают гибель организма, причем, как правило, на достаточно ранних этапах онтогенеза; вредные мутации, не приведшие к летальному исходу, элиминируются в ходе естественного отбора.

Благоприятные мутации крайне редки, но именно они дают организму эволюционное преимущество. Случайные благоприятные мутации постепенно накапливаются в популяции, закрепляются в ряде поколений и способствуют эволюции вида.

Популярные волны, или *волны численности*, которые иногда называют «волнами жизни», определяют колебания численности популяции вокруг некоторой средней величины. Исследования показали, что наиболее благоприятны для появления новых свойств и возникновения новых видов популяции среднего размера.

Изоляция — еще один фактор эволюционного процесса, необходимый для того, чтобы популяция не могла скрещиваться с другими группами организмов и обмениваться с ними генетической информацией.

Целесообразность в живой природе является следствием *естественного отбора*, который выступает движущей силой и ведущим фактором эволюции. Отбор действует на всех этапах развития живого организма, ему подвергаются все без исключения свойства. В классической теории эволюции естественный отбор определялся как процесс выживания наиболее приспособленных организмов.

Современная эволюционная биология делает акцент на другой стороне этого явления. Естественный отбор теперь понимается как устранение от размножения тех особей, которые менее приспособлены к условиям внешней среды.

Перечисленные факторы эволюции действуют как на микроэволюционном (эволюционные изменения в популяции за небольшой период времени), так и на макроэволюционном уровне (совокупность эволюционных изменений на протяжении длительного времени, приводящих к возникновению новых надвидовых форм организации живого).

Важной составной частью СТЭ являются концепции микро- и макроэволюции.

Под *микроэволюцией* понимают совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях, приводящих к изменениям генофонда этих популяций и образованию новых видов.

Считается, что микроэволюция протекает на основе мутационной изменчивости под контролем естественного отбора. Мутации — единственный источник появления качественно новых признаков, а естественный отбор — единственный творческий фактор микроэволюции.

На характер процессов микроэволюции оказывают влияние колебания численности популяций («волны жизни»), обмен генетической информацией между ними, их изоляция и дрейф генов. Микроэволюция ведет либо к изменению всего генофонда биологического вида как целого, либо к обособлению от родительского вида в качестве новых форм.

Под *макроэволюцией* понимают эволюционные преобразования, ведущие к формированию таксонов более высокого ранга, чем вид (родов, отрядов, классов).

Считается, что макроэволюция не имеет специфических механизмов и осуществляется только посредством процессов микроэволюции, будучи их интегрированным выражением. Накапливаясь, микроэволюционные процессы выражаются внешне в макроэволюционных явлениях, т.е. макроэволюция представляет собой обобщенную картину эволюционных

изменений. Поэтому на уровне макроэволюции обнаруживаются общие тенденции, направления и закономерности эволюции живой природы, которые не поддаются наблюдению на уровне микроэволюции.

Биологический прогресс — это направление эволюции, в ходе которого таксон оптимально адаптируется к условиям окружающей среды, а его численность и ареал растут.

Биологический прогресс приводит к процветанию таксона и обычно сопровождается усложнением организации: появление теплокровности у птиц и млекопитающих, семени у цветковых растений и т.д. Однако упрощение организации также может способствовать биологическому прогрессу. Примером служат многие паразитические организмы, а также животные-биофильтраторы (двустворчатые моллюски и др.).

Показатели биологического прогресса:

- увеличение количества представителей соответствующей группы;
- расширение ареала распространения;
- активизация видообразования в роде, увеличение количества родов в семействе, семейств в отряде и т.д.

Показатели биологического регресса:

- уменьшение численности особей таксона;
- сужение ареала обитания;
- уменьшение числа подчиненных системаических групп. В настоящее время основным фактором, вызывающим биологический регресс множества видов, является антропогенное воздействие, т. е. влияние человека на биосферу. В состоянии же биологического прогресса находятся преимущественно виды, чье существование неразрывно связано с человеком (домашние животные и культурные растения, паразиты и сорняки, виды-квартиранты вроде тараканов и др.).

Биологический регресс — свидетельствует об угасании филогенетической группы, ведущем к ее вымиранию. Так же как и биологический прогресс, состояние регресса может длиться очень долго.

Вершинами эволюции на нашей планете, кроме человека, являются высшие растения, членистоногие, теплокровные позвоночные. Однако существует множество других гораздо проще организованных таксонов. Причина этого связана с тем, что усложнение строения вовсе не является обязательной целью эволюции. Цель состоит в достижении максимальной приспособленности к условиям окружающей среды, которая может наступить и на относительно низком уровне организации. Этому способствуют стабильные, «монотонные» условия обитания, наличие постоянного, не очень интенсивного источника энергии (пищи). Примерами служат многие организмы-редуценты (бактерии, черви, грибы), кишечнополостные и губки, бактерии-хемосинтетики.

Основные направления эволюции охарактеризованы в классических работах российских ученых А. Н. Северцова и И. И. Шмальгаузена. Они

выделили основные пути биологической эволюции - это *ароморфоз*, *идеоадаптация* и *общая дегенерация*. *Ароморфозом* (*морфофизиологическим прогрессом*) называется эволюционное преобразование строения и функций организма, повышающее общий уровень его организации, но не имеющее приспособительного значения к условиям окружающей среды. Наиболее крупными ароморфозами были возникновение фотосинтеза, появление многоклеточных организмов и полового размножения. В числе крупных ароморфозов можно назвать также развитие гомойотермии (поддержания постоянной температуры тела) у птиц и млекопитающих, возникновение живорождения и выкармливания детенышей молоком у млекопитающих, переход к размножению семенами у семенных растений и т.п. *Ароморфозы* имеют широкое приспособительное значение и предоставляют широкие возможности для освоения новой среды обитания. Так, появление у пресмыкающихся яйца в яйцевых оболочках позволило им обитать далеко от воды и освоить даже засушливые места, тогда как их предки, земноводные, должны были по крайней мере на период размножения уходить в воду. За *ароморфозами* следуют идеоадаптации.

Вымирание видов может происходить по нескольким причинам. Во-первых, вид может не выдерживать конкуренции со сходными видами (бычок ротан вытесняет других рыб из водоемов средней полосы России). Во-вторых, в результате адаптации вид может стать высокоспециализированным (приспособиться к экстремальным условиям обитания или строго определенной пище). При быстром изменении условий он может не успеть измениться, что особенно справедливо по отношению к видам-эндемикам. Вымирание может быть также результатом эпидемии или глобальных природных катаклизмов. В настоящее время основной фактор вымирания — антропогенные воздействия, приводящие как к изменению условий обитания, так и к прямому истреблению вида (дронт, морская корова).

Генетическая эрозия — это сокращение и обеднение генофонда вида. Она приводит к тому, что вид теряет возможность быстро реагировать на изменение условий окружающей среды. Кроме того, растет вероятность близкородственного скрещивания, а значит, проявления неблагоприятных рецессивных мутаций. В результате малочисленные изолированные популяции и даже целые виды могут исчезать.

Существует несколько гипотез о происхождении жизни на Земле. Их можно разделить на две группы.

Биогенез — происхождение живого от живого (гипотеза панспермии, стационарного состояния).

Абиогенез — происхождение живого от неживого (гипотеза самозарождения, биохимическая эволюция)

гипотеза стационарного состояния

Земля и жизнь на ней никогда не возникали, а существуют вечно.

Виды живых организмов могут вымирать или изменять свою численность, но не могут меняться.

Доказательство: из теории биогенеза как утверждения о том, что живые организмы могут происходить только от других живых организмов, неизбежно следует единственный логичный вывод: жизнь существовала вечно. Другими словами, если проследить цепочку порождающих друг друга живых организмов в прошлое, то она должна тянуться бесконечно.

креационизм

Многообразие форм органического мира является результатом сотворения их Богом.

Отрицает изменение видов и их эволюцию.

Практически все религиозные учения утверждают, что человек и все другие живые существа созданы Богом. Виды сразу были совершенными и всегда останутся такими, какими они были созданы. Никаких доказательств, что это так, не существует. Это вопрос веры.

Креационистами было большинство ученых до XIX в.

Основоположник систематики К. Линней считал, что все виды растений и животных существуют со времени «сотворения мира» и созданы Богом независимо друг от друга.

Французский анатом и палеонтолог Ж. Кювье считал, что в течение истории Земли происходили обширные катастрофы, или катаклизмы, после которых опустошенные места заселялись организмами, пережившими катастрофу в отдаленных районах (теория катастроф).

Доказательство креационизма: целесообразность устройства живых организмов и их сообществ, хорошая приспособленность к условиям обитания.

Некоторые современные последователи креационизма используют существование очень сложных, разнообразных молекулярно-генетических процессов у живых существ как аргумент в пользу неслучайности их появления. Другие же согласны с существованием эволюционного процесса, но считают, что само начало эволюции было связано с актом творения.

Гипотеза панспермии

Жизнь занесена из космоса

Не предлагает решения проблемы происхождения жизни во Вселенной, а объясняет только появление ее на нашей планете занесением из космоса.

Доказательство панспермии: некоторые микроорганизмы, а особенно их споры, могут сохранять жизнеспособность при очень жестких воздействиях (например, очень низких температурах).

Однако до настоящего времени при изучении метеоритов никаких форм жизни на них не найдено.

Гипотеза биохимической эволюции Опарина–Холдейна (гипотеза абиогенеза)

Возникновение жизни на нашей планете произошло в несколько этапов эволюции:

1. Абиогенный синтез простых органических соединений.
2. Образование биополимеров.
3. Установление связей между биополимерами — образование **коацерватов**.
4. Возникновение мембран, отделяющих первые подобия живых организмов — протобионтов — от окружающей среды.
5. Возникновение обмена веществ и энергии с окружающей средой.
6. Появление способности к самовоспроизведению.
7. Формирование экологических связей и образование первых экосистем.

Гипотеза абиогенеза основывается на данных современной науки о формировании Земли примерно 4,5 миллиарда лет назад. Гипотеза Опарина–Холдейна сформировалась и получила первые экспериментальные подтверждения в 1950 — 1960-е гг. В настоящее время на основе современных данных гипотеза абиогенеза претерпела значительные изменения, была расширена и дополнена. В частности, большинство ученых сегодня считают, что возникновение самовоспроизведения предшествовало формированию мембран и полноценного обмена веществ или происходило параллельно с ними. Самовоспроизведение предполагает сохранение свойств в ряду поколений организмов, лежит в основе естественного отбора (который, безусловно, уже действовал среди этих древних систем) и эволюции в целом.

После появления нашей планеты как твердого тела и ее постепенного остывания происходила конденсация водяного пара в первичной атмосфере Земли. Дождевая вода с растворенными в ней веществами накапливалась в углублениях рельефа.

В первичной атмосфере в значительных количествах присутствовал углекислый газ, сероводород, метан, аммиак, пары воды и почти полностью отсутствовал кислород (следовательно, не было озонового слоя). Земля была подвержена жесткому ультрафиолетовому излучению Солнца.

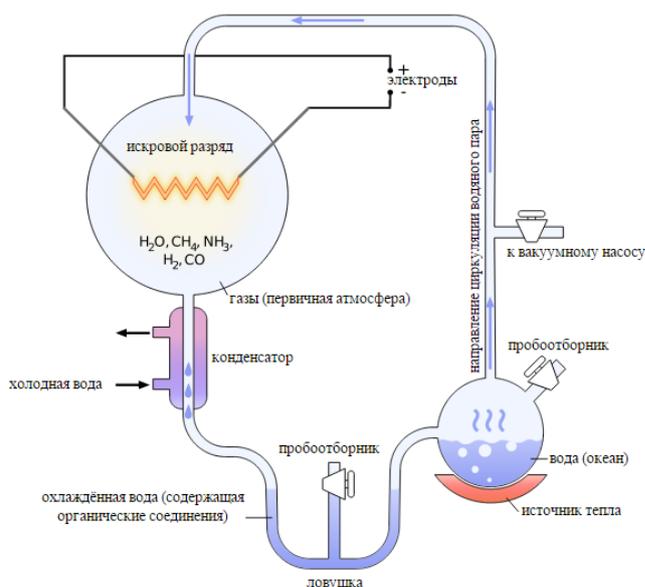
Среда в целом была насыщена энергией. Для образования или разрыва химических связей были важны следующие источники:

- жесткое ультрафиолетовое излучение;
- электрические разряды;
- естественная радиоактивность;
- солнечный ветер;
- вулканическая деятельность.

Американские исследователи Стэнли Миллер и Гарольд Юри в 1953 году в экспериментах показали, как в далеком прошлом могли появляться биологически важные химические соединения. Они подобрали разные газы в соотношении, близком к составу древней атмосферы, и пропускали через эту смесь искровые разряды. В результате получались такие биологически важные соединения, как муравьиная и молочная кислоты, мочевины и аминокислоты (глицин, аланин, глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота). Последующие экспериментаторы, варьируя условия и совершенствуя методы анализа,

расширили набор продуктов в таком синтезе. Ими были получены многие аминокислоты, пуриновые основания — аденин и гуанин (они получаются, если в смесь газов добавить синильную кислоту), четырех- и пятиуглеродные сахара. В 2008 году опыт повторили и выяснили, что образуется 22 различных аминокислоты.

Миллер и Юри основывались в своих экспериментах на представлениях 1950-х гг. о возможном составе земной атмосферы. В настоящее время взгляды на этот вопрос изменились. В частности, считается, что концентрация CO не могла быть такой высокой, при этом было показано, что даже небольшие изменения условий и состава газовой смеси приводят к очень существенным изменениям эффективности процесса синтеза органики. Применение новых аналитических методов к древнейшим земным горным породам позволило уточнить состав древней атмосферы Земли. Он оказался очень похож на современные атмосферы Венеры и Марса — 98% CO₂, 1,5% N₂ и малые доли других газов, в основном аргона и SO₂. Из такой атмосферы в аппарате Миллера не получается никакой органики. Для получения органики из CO₂ необходим восстановитель, и ученые занялись его поисками.

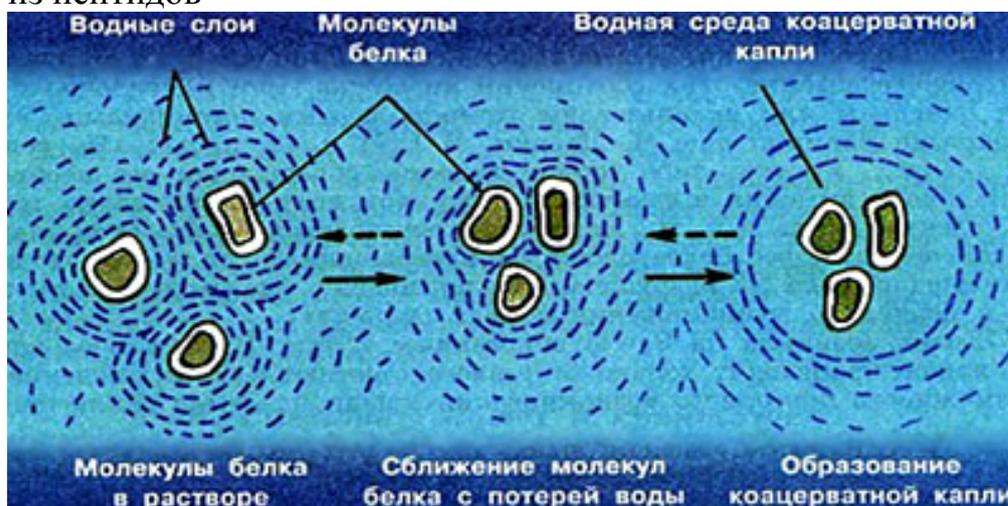


Воды на поверхности и непосредственно под поверхностью Земли насыщались подобными веществами («первичный бульон»). Состав и концентрация органических веществ зависели от окружающих условий и, вероятно, были разными в разных частях поверхности Земли. Часть образовавшихся органических веществ разрушалась. Однако другая часть могла концентрироваться, например, в пористых минералах, образуя полимеры. В экспериментах показано, что нагревание смеси аминокислот приводит к образованию достаточно длинных полипептидов

со случайной последовательностью мономеров. Некоторые из этих полипептидов обладают каталитической активностью.

Жирные кислоты, соединяясь со спиртами, могли образовывать липидные пленки на поверхности водоемов.

Связи между разными биополимерами и другими веществами могли образоваться при изоляции небольших объемов биополимеров, например при образовании пузырьков из липидных пленок (**коацерватов**) либо из пептидов (микросферы).



Роль коацерватов исследовалась Александром Ивановичем Опариным и его английским коллегой Джоном Холдейном. Микросферам были посвящены исследования американского ученого Сиднея Фокса.

проблемы теории абиогенеза

1. *Проблема сложности самовоспроизводящейся системы.* Сложность живых клеток огромна. Даже самые простые бактерии имеют геном из более миллиона нуклеотидов, кодирующий свыше тысячи белков. Для работы этого генома требуются специальные молекулярные машины синтеза белка (рибосомы), синтеза ДНК (репликативная вилка), энергоснабжения (как минимум 12 ферментов гликолиза, а обычно еще и электрон-транспортная цепь на мембране) и средства регуляции и управления (транскрипционные факторы и сигнальные белки). Сложность такой системы очень высока, а более простых самостоятельно воспроизводящихся систем, чем клетка, биология не знает. Вирусы не в счет — для их размножения требуется сложная живая клетка. Дарвиновский естественный отбор может породить все более сложные системы, но для этого они с самого начала должны быть способны к репликации. Если естественный отбор начинается только с появлением первой клетки, то для ее образования случайным путем требуется гигантское время — на много порядков больше возраста Вселенной.

2. *Проблема хиральной чистоты.* Все живые системы содержат только определенные оптические изомеры аминокислот и сахаров (L-аминокислоты и D-сахара). Противоположные изомеры встречаются, но редко и в особых случаях

(например, в клеточной стенке бактерий). Неживые же системы таким свойством не обладают. Это свойство живых систем называется **хиральной чистотой**. Она поддерживается за счет пространственного соответствия молекул биологических катализаторов — ферментов — только одному из оптических изомеров. Большинство химических реакций в неживых системах не являются стереоселективными, то есть в них участвуют оба оптических изомера с одной и той же вероятностью. Известно очень мало абиогенных процессов, которые стереоселективны, то есть в них участвует преимущественно один оптический изомер, но и они не дают достаточного обогащения системы нужными изомерами. Однако в последние годы открыто множество процессов, которые приводят к обогащению тем или иным оптическим изомером — см. далее в п.3.

3. *Проблема отсутствия восстановителя в первичной атмосфере* (см. выше об опыте Миллера-Юри). По новым данным о составе первичной атмосферы, в ней практически не содержалось молекулярного водорода и CO, и описанные Миллером и Юри синтезы идти не могли. Во многих современных успешных экспериментах по абиогенному синтезу органики берут в качестве исходного вещества формальдегид. Он очень реакционноспособен и дает множество биологически значимых продуктов. Откуда мог взяться формальдегид? Он мог образовываться при восстановлении углекислого газа на неорганических катализаторах. Например, горячая вулканическая лава, содержащая самородное железо, при контакте с влажной CO₂-атмосферой образует формальдегид. Водный раствор гидроксида железа (II) производит ту же реакцию при освещении ультрафиолетом. Сегодня существуют две подробно разработанные теории абиогенного синтеза органики, связывающие восстановление CO₂, энергетический обмен и особенности содержания ионов металлов в живом веществе. Первая, предполагающая происхождение жизни в «железо-серном мире», на подводных геотермальных источниках, предложена немецким биофизиком Карлом Ваштерхаузером. Другой сценарий абиогенного синтеза органики на геотермальных источниках предложен Мулкиджаняном. Он следует из способности сульфидов цинка и марганца к восстановлению разных веществ на свету («цинковый мир»). Как происходил дальнейший синтез сложной биогенной органики? Учёные проводят множество экспериментов, стремясь подобрать условия для этих процессов, возможные на древней Земле. Большую роль в современных исследованиях играет **реакция Бутлерова**, открытая еще в 1865 году. В этой реакции водный раствор формальдегида (CH₂O) с добавлением Ca(OH)₂ или Mg(OH)₂ при небольшом нагревании превращается в сложную смесь сахаров. Эта реакция оказалась автокаталитической, то есть продукты являются

катализаторами. Также катализирует реакцию свет. В определенных условиях реакция Бутлерова позволяет решить проблему хиральной чистоты, приводя к появлению только определенных оптических изомеров сахаров. Для этого добавляют силикаты либо гидроксипатит (фосфат кальция) — соединения, в которых нет недостатка в земной коре. Также к синтезу хирально чистых D-сахаров приводит добавление комплекса аминокислоты L-пролина с ионом цинка. Большой проблемой считался долгое время синтез нуклеотидов, так как условия синтеза его отдельных компонентов, а также 4 разных нуклеотидов оказались слабо совместимы. Однако в 2008 году Сандерлендом был осуществлен синтез нуклеотидов как целого, а не в виде отдельных компонентов, при этом получены все 4 варианта.

проблема самовоспроизведения и ГИПОТЕЗА РНК-МИРА

Как пробионты приобрели способность к саморепродукции, т.е. способность к воспроизводству структуры макромолекул? Точно сказать невозможно, однако есть гипотезы, объясняющие формирование самовоспроизводящихся систем на основе нуклеиновых кислот.

Современные ученые по-прежнему активно занимаются проблемой абиогенного синтеза и достигли значительных успехов. В частности, активно изучается автокаталитический синтез сахаров (реакция Бутлерова), открыт процесс синтеза целого нуклеотида (раньше образование нуклеотидов было неприступной крепостью — все его компоненты получить в сходных условиях не удавалось). Получив нуклеотиды, легко перейти к сборке первых нуклеиновых кислот, а эти молекулы уже содержат в себе потенциал к самовоспроизведению. Вероятно, первые самовоспроизводящиеся системы были построены на основе РНК.

Открытие в 1982 г. каталитической активности некоторых молекул РНК (рибозимов) позволяет предполагать, что именно молекулы РНК были первыми биополимерами, в которых способность к репликации сочеталась с ферментативной активностью. Искусственно получены самовоспроизводящиеся РНК (правда, небольшой длины), т. е. РНК, способные катализировать синтез своих копий. Более того, именно РНК играет важную роль во всех основополагающих и, как предполагается, древнейших процессах в клетке. Так, при биосинтезе белка на рибосомах каталитическая роль принадлежит именно рибосомной РНК. Безбелковая рибосома в настоящее время не существует — белки являются неотъемлемой частью этого комплекса, но она вполне могла существовать в прошлом.

Все эти факты говорят в пользу того, что именно РНК когда-то выполняла все биологически значимые функции в первых живых системах, а уже затем часть функций перешла к ДНК (хранение наследственной информации) и белкам (катализ, структурные функции и др.). Это предположение называется **гипотезой РНК-мира** и пользуется широкой поддержкой среди современных ученых.



Структура самовоспроизводящейся РНК
экология первых организмов

Можно предполагать, что на начальных этапах развития жизни на Земле появилось очень большое разнообразие протобионтов, но все они являлись анаэробными гетеротрофами, т. е. обладали бескислородным типом дыхания и поглощали готовые органические вещества (первичную органику). Уже на этом этапе могло появиться хищничество и другие формы связей между видами, т.е. первичные сообщества. В начале биологической эволюции источником питания, вероятно, служили запасы органических веществ, созданных абиогенным путем. Когда эти запасы истощились, то преимущества в размножении должны были получить те организмы, у которых появились возможности автотрофного питания, и хищники, их поедающие.

Однако следует отметить, что самые древние бесспорные остатки живых существ принадлежат фотосинтезирующим, то есть автотрофным организмам (компоненты хлорофилла, строматолиты — окаменевшие цианобактериальные маты и т. п.). Самым древним сообществом, оставившим следы в палеонтологической летописи, является именно цианобактериальный мат. Современные маты включают в себя микробов-фотосинтетиков, хемосинтетиков и гетеротрофов, и есть данные, указывающие на наличие этих компонентов и в древних матах.



*Спил строматолита
Австралия*

Современные строматолиты,

Распространение пробионтов, да и просто биологически важных полимеров и олигомеров ограничивалось жестким ультрафиолетовым излучением в отсутствие озонового экрана. Возникновение окислительного фотосинтеза, то есть фотосинтеза с выделением кислорода, невозможно точно датировать, но существуют палеонтологические свидетельства наличия цианобактерий 3,4 млрд лет назад. Сначала кислород не накапливался в атмосфере, а расходовался на окисление различных компонентов земной коры, например двухвалентного железа. Затем началось медленное повышение концентрации кислорода, которое привело к так называемой **кислородной революции** — смене характера всей атмосферы с восстановительного на окислительный. Резкое ускорение накопления кислорода в атмосфере датируется примерно 2,3 млрд лет назад. Молекулярный кислород является ядом для анаэробных организмов, а многие обитатели древней Земли были именно такими. Многие ученые считают, что оксигенация атмосферы была первой глобальной экологической катастрофой и привела к вымиранию многих организмов. Выжившие приспособились, выработав системы защиты от токсического действия кислорода, а некоторые научились использовать его для окисления органических веществ — клеточного дыхания, что позволило получить дополнительную энергию по сравнению с бескислородным обменом веществ. Поэтому аэробы (существа, дышащие кислородом) получили конкурентное преимущество по сравнению с анаэробами. Именно от таких

организмов произошло большинство современных видов, в том числе и эукариоты, включающие в себя растения, животные, грибы и условную (сборную) группу простейших.

Считается, что возникновение современных типов многоклеточных было невозможно раньше достижения определенной концентрации кислорода в среде.

Накопление кислорода в атмосфере привело к формированию озонового экрана, что позволило жизни выйти на сушу.

Гипотеза самозарождения жизни

Возникновения жизни абиогенным путем в далеком прошлом

Гипотеза существовала параллельно с креационизмом. Ее сторонники считали, что условия, необходимые для возникновения жизни, имеются и в настоящее время.

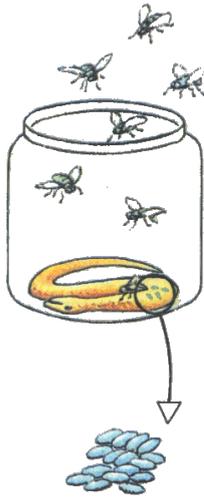
Доказательство: появление личинок мух в гниющем мясе; мышей из сухарей и тряпки (опыты Ван Гельмонта).

Эксперименты, в которых самозарождение не происходило после кипячения среды и запаивания сосуда, не являлись убедительными, т. к. считалось, что кипячение убивает «жизненную силу».

Франческо Реди в 1668 году опубликовал результаты опытов, опровергающих теорию самозарождения. Он взял два сосуда с питательной средой (мертвый червь). Один из сосудов он закрыл материей, а другой оставил открытым.



Через некоторое время в открытом сосуде появились личинки мух, т. к. мухи проникли в сосуд и отложили яйца. В закрытом сосуде «самозарождения» не произошло.



Позже, в начале XVIII в., **Лаззаро Спалланцани** решил проверить результаты английского исследователя Джона Нидхема о самозарождении микроорганизмов в бараньей подливке. Он брал склянки с семенным отваром, некоторые из которых закрывал пробкой, другие же запаивал на огне горелки. Одни он кипятил по целому часу, другие же нагревал только несколько минут. По прошествии нескольких дней Спалланцани обнаружил, что в тех склянках, которые были плотно запаяны и хорошо нагреты, никаких "маленьких животных нет" — они появились только в тех бутылках, которые были неплотно закрыты и недостаточно долго прокипячены, причём вероятнее всего, проникли туда из воздуха или же сохранились после кипячения, а вовсе не зародились сами по себе. Таким образом, Спалланцани не только доказал несостоятельность концепции самозарождения, но также выявил существование мельчайших организмов, способных переносить непродолжительное — в течение нескольких минут — кипячение. Между тем, Нидхем объединился с графом Бюффеном, и вместе они выдвинули гипотезу о производящей силе — некоем животворящем элементе, который содержится в бараньем бульоне и семенном отваре и способен создать живые организмы из неживой материи. Спалланцани убивает Производящую силу когда кипятит целыми часами свои склянки, утверждали они, и совершенно естественно, что маленькие зверюшки не могут возникнуть там, где нет этой силы. В последующих опытах Спалланцани удалось доказать несостоятельность этих гипотез.

Решающими оказались эксперименты известного французского биолога и химика **Луи Пастера**. Он присоединил к колбе S-образную трубку со свободным концом. Споры микроорганизмов оседали на изогнутой трубке и не могли проникнуть в питательную среду. Хорошо прокипяченная питательная среда оставалась стерильной, в ней не обнаруживалось зарождения жизни, несмотря на то что доступ воздуха был обеспечен. В результате ряда экспериментов Пастер доказал справедливость теории биогенеза и окончательно опроверг теорию спонтанного зарождения. Именно Пастеру медицина обязана рождением антисептики и асептики, открывших дорогу современной хирургии.

Основные факторы антропогенеза, оказавшие влияние на экологию человека, можно представить следующим образом. Около 9—8 млн лет назад климат тропического пояса в Африке заметно изменился, и на больших пространствах лес сменился саванной. Это обусловило переход наших предков к наземному образу жизни. Совмещение у приматов локомоторной и манипуляционной функций передних конечностей привело вместе со становлением прямохождения к формированию настоящей руки, развитию инструментальной деятельности и использованию орудий.

Смена экотопов и характера питания (переход от чисто растительной пищи к смешанной) потребовали увеличения кормовой территории и повышенных энергозатрат при добывании пищи. Так, согласно Р. Фоули (1990), около 4,5 млн лет назад сформировался род австралопитеков, которые оставались преимущественно собирателями и превратились в обычный компонент фауны саванн. Однако они не могли приспособиться к дифференциации и сужению пищевых ниш меняющегося сообщества саванн и вымерли около миллиона лет назад.

Задолго до этого, около 3,5—3 млн лет назад, от австралопитеков ответвились первые представители рода *Номо*, которые обладали более грациальной конституцией и способностью к освоению различных, менее специализированных экотопов, где собирательство дополнялось охотой и рыбной ловлей. Началось изготовление первых каменных орудий. Рост потребления животной пищи вызвал изменения в пищеварении и обмене веществ, обусловил увеличение размеров тела и усиление агрессивности. Это, в свою очередь, привело к развитию и закреплению способности убивать себе подобных и каннибализму. Вместе с изготовлением и применением все более совершенных орудий началось использование огня, костей и шкур животных.

Освоение экотопов открытых пространств и увеличение кормовых территорий изменило *социальную организацию* групп архантропов. Важное место в антропогенезе заняло *преобразование репродуктивной функции* и половых отношений. На каком-то этапе была утрачена сезонность и кратковременность половой возбудимости самок и связанная с ней сезонность размножения. Усилилась полицикличность эструса, укоротился половой цикл. Вместе с переходом к преимущественно одноплодному помету удлинились беременность и время выкармливания детеныша, а также общая продолжительность заботы о потомстве. Внесезонность либидо и возможность непрерывной половой жизни привели к увеличению объема сексуального поведения и подчинения ему динамики половозрастного состава родовых групп. Уменьшение нетерпимости самцов друг к другу привело к укрупнению семейных групп и стад. В групповом поведении на основе способности делиться добычей возникает ее *распределение*. Значительную роль приобретает сочетание индивидуального и группового отбора на технологические навыки и обучаемость.

Разнообразие мотивов поведения и форм деятельности сделало жизненную обстановку первобытного человека неизмеримо более сложной, чем у любого животного. Необходимость перерабатывать и использовать разнообразную информацию, инструментальная деятельность, расширение эмоциональной и надинстинктивной сфер поведения привели к *быстрому развитию головного мозга*, развитию интеллекта, памяти, ассоциативного мышления. Возникла и получила развитие членораздельная *речь*. Это существенно увеличило объем информации, перерабатываемой мозгом, и тем самым стимулировало еще большее ускорение его развития. Речь, способность к созданию символов, рисунков и скульптур, т.е. к искусству и знаковому кодированию информации, стали базой для последующего развития культурного наследования.

Заключительные этапы антропогенеза и начавшийся процесс расселения человека совпали со значительными колебаниями климата — сменой ледниковых периодов и межледниковий в Северном полушарии. В тропическом поясе это сопровождалось чередованием периодов повышенного увлажнения с периодами длительных засух. Недостаток пищи и обострение конкуренции ускорили расселение архантропов (питекантропов), ранние формы которых еще до этого (1,5 млн лет назад) проникли из Африки в Южную Азию. Не позднее 300 тыс. лет назад представители пресapiентной формы *Homo* появились в Северной Африке, в Передней Азии и Южной Европе. К несколько более позднему периоду относится временное сосуществование в Европе неандертальцев и кроманьонцев и конкурентная победа последних — людей современного типа. В период между 100 и 50 тыс. лет назад они распространились в умеренном поясе, затем в северных частях Евразии, около 50 тыс. лет назад оказались в Австралии, а 30 тыс. лет назад или несколько позднее через Берингию, а возможно, и через Полинезию проникли на Американский континент.

Расселение человека сопровождалось возникновением *расового и этнического полиморфизма*, зарождением этносов. Высокая адаптивность ранних представителей *Homo sapiens* существенно дополнилась необычайно возросшими возможностями адаптивного поведения. Навыки оптимизации микросреды, огонь, одежда, жилища, изготовление и применение все более совершенных орудий, т.е. *зачатки техногенеза*, способствовали освоению разных природных зон и разных стереотипов использования природных ресурсов. Возникшие этносы стали по существу эколого-географическими жизненными формами существования вида *Homo sapiens*.

Эволюция человека имела ряд особенностей, важных для понимания биологии и экологии человека.

1. У предков человека не было далеко зашедшей морфологической, физиологической и экологической специализации. Малая специализация означала *повышенную эвритопность и адаптивность* в эволюционном плане, потенциальную способность к разветвленной эволюции, гибкому

приспособительному поведению и занятию различных экотопов и экологических ниш.

2. Эволюция человека не только подтверждает правило ускорения эволюции, но и беспрецедентна по скорости для крупных животных, особенно на последних этапах антропогенеза. Человек — один из самых молодых видов млекопитающих. Необычайная «поспешность» эволюции человека, его эволюционная молодость сочетается с чертами инфантности — *незавершенностью тщательной подгонки биологии вида к естественным условиям существования* (Давиденков, 1947). «Беда в том, что люди рано стали людьми», — пишет В.Р. Дольник в своей книге «Непослушное дитя биосферы» (2003).

3. Высокая адаптивность в сочетании с незавершенностью набора консервативных инстинктов, информационная насыщенность экологической ниши, сложность внутрипопуляционных взаимоотношений и разнообразная инструментальная деятельность обусловили у предков человека и архантропов необычайное развитие над-инстинктивной сферы приспособительного поведения, высшей нервной деятельности и *интеллекта*.

4. Заключительные этапы антропогенеза знаменуются возникновением *культуры* — совокупности средств создания материальных ценностей, речевой и знаковой передачи информации и обучения. Культура становится доминирующим фактором эволюции человека, ослабляя давление факторов естественного отбора. Благодаря обучению — передаче навыков, умений и знаний от одного поколения людей к другому — возникает культурное наследование, традиции. Тем самым человек в своей эволюции как бы преодолевает запрет природы на наследование приобретенных признаков. Культура, культурное наследование становятся главными источниками возникновения *общества и цивилизации*.

5. Усвоение культурной информации в обществе происходит неизмеримо быстрее, чем передача по наследству генетической информации. Поэтому темпы общественного прогресса и развития материальной культуры не только опережают биологическую эволюцию человека, но и в силу ослабления естественного отбора замедляют ее. Качественное отличие антропогенеза от биогенеза обусловлено прежде всего хозяйственной деятельностью неантропов, влиявшей в той или иной степени на окружающую природную среду.

Происхождение мышления и речи — это сложная проблема истории первобытного общества, трудность решения которой усугубляется наличием в нашем распоряжении не прямых, а только косвенных данных, иллюстрирующих основные этапы этого процесса.

Основных источников для выяснения происхождения и реконструкции древнейших стадий развития мышления и речи несколько. Прежде всего это сравнительная психология, сравнительная физиология и языкознание, а

также этнография и археология. Но важные материалы для решения этих вопросов предоставляет и антропология, в распоряжении которой находятся данные о развитии в процессе антропогенеза материального аппарата речи и мышления — о развитии нижней челюсти, мозга и т. д. Только комплексное рассмотрение всех этих материалов под углом зрения трудовой теории антропогенеза Энгельса помогает наметить основные вехи в истории человеческого мышления и развития речевой функции.

Совершенно очевидно, что мышление и речь — две стороны одного и того же процесса в становлении человека, процесса происхождения и развития трудовой деятельности, процесса развития производства и овладения человеком силами природы. Поэтому неправильно было бы задаваться вопросом, что возникло раньше в истории древнейшего человечества — мысль или выражающее ее слово. Мышление и речь возникли одновременно. Возникновение простейших сознательно изготовленных орудий труда уже ознаменовало возникновение простейших представлений, а они в свою очередь либо должны были передаваться от одного члена коллектива другому, либо как сумма приобретенного опыта должны были переходить следующему поколению. Таким образом, наряду с возникновением простейших представлений возникла и простейшая форма передачи информации — звуковые символы.

Основой для возникновения таких звуковых сигналов послужили звуковые сигналы обезьян — непосредственных предков человека. У современных человекообразных обезьян запас таких сигналов довольно велик и равен, например, у шимпанзе более чем двадцати различным звукам, выражающим эмоции и состояния организма. Однако помимо таких аффективных сигналов обезьяны, в частности и высшие, очень часто издают звуки в эмоционально нейтральном, спокойном состоянии, звуки, которые получили наименование «жизненные шумы». Некоторые ученые, как, например, советский антрополог В. В. Бунак, считают, что именно жизненные шумы и явились той базой, на которой развилась звуковая речь. Но в целом пока еще трудно определенно сказать, аффективные ли сигналы или жизненные шумы послужили основой формирования речевой функции. Ясно только, что она, как и простейшие представления, возникла на заре развития праобщины вместе с началом трудовой деятельности.

Дальнейшее развитие мышления и речи шло по восходящей кривой вместе с развитием орудий труда. Как уже отмечалось выше, на слепках внутренней полости черепов синантропов обнаружены значительные вздутия в задней части височной доли и в височно-теменно-затылочной области. В этих местах в мозгу современного человека находятся центры, управляющие правильным течением речи. При поражении этих центров резко нарушается способность воспроизводить отдельные слова и фразы у самого говорящего, а также понимание чужой речи. Таким образом, развитие задней части височной доли и височно-теменно-затылочной области в мозгу синантропов свидетельствует об относительно высоком уровне развития у них членораздельной речи, а следовательно, и мышления. Это предположение

хорошо согласуется с результатами изучения остатков материальной культуры синантропов, овладением ими огнем, ролью коллективной загонной охоты в их жизни, одним словом, с относительно высоким уровнем развития их производственной жизни.

Есть, однако, веские основания полагать, что полное развитие членораздельной речи связано только с появлением человека современного вида. При описании древних гоминид отмечалось, что по величине мозга некоторые группы неандертальцев не уступали современному человеку, а превосходили его. Но структура мозга у них была гораздо более примитивной, в частности лобные доли отличались заметной уплощенностью. А именно в них расположены центры высших функций мышления — ассоциации, образования абстрактных понятий и т. д. Поэтому можно достаточно определенно утверждать, что мышление человека сделало существенный скачок при переходе от раннего палеолита к позднему, а вместе с ним прогрессивные преобразования претерпела и звуковая речь. Они, по-видимому, выражались в полном овладении человеком артикуляцией отдельных звуков и в значительной дифференцировке слов вслед за дифференциацией понятий. Именно с периода позднего палеолита можно говорить о системах языка, в эволюционном отношении не отличающихся от тех, которые мы знаем в современном обществе.

Все люди земли принадлежат к одному виду — Человек разумный (*Homo sapiens*).

Раса — группа популяций человека, имеющих сходные наследственные морфологические и физиологические признаки и общее географическое происхождение.

Формирование рас произошло 80 — 40 тыс. лет назад и имело адаптивный характер.

Современные антропологи не пришли к общему мнению о количестве рас: от 3 до нескольких десятков.

По наиболее распространенной точке зрения, существуют 5 крупных рас: **негроидная** (рис. 2), **монголоидная** (рис. 3), **европеидная** (рис. 4), **американоидная** (рис. 5) и **австралоидная** (рис. 6). Кроме того, существуют **смешанные расы**. В местах пересечения ареалов распространения крупных рас можно выделить **переходные расы**.

Расы	Признаки	Географическое распространение
Негроидная	темный цвет кожи; темные курчавые или волнистые волосы; волосистой покров на теле развит слабо; широкий и мало	Центральная и Южная Африка

	<p>выступающий нос; толстые губы; темные глаза</p>	
Монголоидная	<p>смуглая или светлая кожа; прямые, часто жесткие черные волосы; волосистой покров на лице и теле развит слабо; уплощенное широкое лицо с сильно выступающими скулами; средняя ширина губ и носа; узкие глаза с эпикантусом — складкой верхнего века, закрывающей внутренний угол глаза (рис. 1)</p>	<p>Азия (кроме Юго- Западной и п-ова Индостан), Север Евразии и Северной Америки</p>
Европеоидная	<p>светлая или смуглая кожа; прямые или волнистые волосы; хорошо развит волосистой покров на лице у мужчин (борода и усы); узкий выступающий нос; тонкие губы</p>	<p>Европа, Северная Африка, Юго-Западная Азия, п-ов Индостан</p>
Американоидная	<p>смуглая кожа; прямые черные волосы; волосистой покров развит слабо; глаза черные; дети рождаются с эпикантусом; у взрослых он часто отсутствует; «орлиный» нос</p>	<p>Северная и Южная Америка</p>
Австралоидная	<p>кожа смуглая, коричневых оттенков; волосы вьющиеся, черные, сильно выгорающие; сильно развит волосистой покров на лице и теле у мужчин; черные глаза; массивное надбровье; крупные челюсти;</p>	<p>Австралия, юг п-ова Индостан, о-ва Меланезии</p>

широкие губы и нос

Представители разных рас при вступлении в браки дают плодовитое потомство.



Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Смешанные расы

- **метисы** — смешение европеоидной и монголоидной расы;
- **мулаты** — смешение негроидной и европеоидной расы;
- **самбо** — смешение негроидной и американоидной расы;
- **мальгаши** — смешение монголоидной и негроидной расы.

Литература: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

- Что такое ареал ?
- Какие бывают типы ареалов ?
- Можно ли по величинам плотности рассчитать численность особей в популяции ? Как вы это сделаете ?
- Как распределяются особи популяции в пространстве и чем определяется их распределение ?
- К каким последствиям для популяции может привести изменение ее половозрастной структуры ?
- Изменение каких показателей популяции определяет особенности динамики ее численности ?
- Чем можно объяснить наличие такого количества видов живых организмов на нашей планете?
- Когда начали формироваться первые представления об эволюции живых организмов?
- Какие основные положения теории эволюции предложил Ж.-Б. Ламарк?
- Какие основные положения теории эволюции предложил Ч. Дарвин?
- В чем главная разница между учениями Ч. Дарвина и Ж.-Б. Ламарка?
- Когда и кем было создано синтетическое учение об эволюции?
- Объединение данных каких биологических наук создало фундамент синтетической теории эволюции?

- Что является основной единицей эволюции, согласно синтетической теории эволюции?
- Какие основные положения содержит синтетическая теория эволюции?
- Какие формы борьбы за существование выделил Ч. Дарвин?
- Какие существуют формы естественного отбора?
- В чем состоит особенность искусственного отбора?
- Что такое вид?
- Какие существуют критерии вида?
- К чему приводит чрезмерная эксплуатация ресурсов растительного и животного мира? Приведите примеры.
- Дайте определение понятиям «инвазивные виды», «интродукция».
- Перечислите факторы лежащие в основе интродукции видов.
- На какие три основных принципа эпидемиологии необходимо опираться при разведении видов в неволе и управлении редкими видами.
- С чем связана неодинаковая вероятность вымирания видов?
- Приведите примеры вымирания видов растений и животных.
- Какие два основных направления эволюции вам известны?
- Что такое биологический прогресс?
- Что является показателями биологического прогресса? Регресса?
- Как можно объяснить существование на Земле живых организмов разной степени сложности?
- Какое направление биологической эволюции поднимает группу организмов на более высокую ступень организации?
- Каковы причины вымирания видов
 - Какие ароморфозы сопровождали появление отделов растений?
 - Какие ароморфозы сопровождали появление классов типа Хордовые?
 - Какие ароморфозы привели к появлению типа Членистоногие?
 - Сравните макроэволюцию и микроэволюцию.
 - Что такое адаптация?
 - Что такое мимикрия и какие ее формы вам известны?
 - Какие органы являются аналогичными, а какие гомологичными?
 - Может ли адаптация быть абсолютной?
- Какие основные положения содержит синтетическая теория эволюции?
- 2. Какие факторы эволюции вам известны?
- Почему нужно изучать процессы эволюции?
- Какие гипотезы возникновения жизни на Земле вам известны?
- Какие периоды в возникновении жизни выделяет гипотеза Опарина-Холдейна?
- Какие аргументы на пользу теорий происхождения жизни путем химической эволюции вы можете привести?
- Какая гипотеза может быть отнесена к биогенным, а какая – к абиогенным?
- Что у человека по сравнению с остальными приматами лучше развито?

- Почему шимпанзе считается ближайшим родственником человека?
- Что определила биологическая эволюция человека?
- Что стало социальным фактором эволюции человека?
- Что такое раса?
- Что служит доказательством того, что все расы составляют один вид «Человек разумный»?
- Что разного у представителей
 - К какому типу относится человек?
 - По какому принципу человека относят к классу млекопитающих?
 - Что есть у человека в отличие от человекообразных обезьян?
 - Что не относят к движущим силам антропогенеза?
 - Что относят к социальным факторам существования человека?
 - В чем проявляется отличие человека от млекопитающих животных?
 - К какому роду относится человек?
 - Что относят к биологическим факторам существования человека?
 - О чем свидетельствует сходство человека и млекопитающих животных?
- Биотические факторы и их значение в жизни организмов.
- Закономерности действия экологических факторов.
- В каком периоде истории Земли появился человек?
- Какое систематическое положение в мире животных занимает человек и каково его научное название?
- Кого относят к древнейшим людям и по каким признакам?
- Какие признаки характерны для древних людей?
- К какому типу человека относят кромапийца?
- Какие доказательства привел Ч. Дарвин о происхождении человека от обезьяны?

Лекции 17-20. Тема: ЭКОСИСТЕМЫ

Цель: ознакомить с основными характеристиками популяций и факторами, которые на них влияют, рассмотреть особенности половой и возрастной структуры популяций; развивать умения сравнивать и анализировать известную информацию; воспитывать понимание зависимости существования живых организмов от деятельности человека; рассмотреть основные экологические факторы, проанализировать приспособленность организмов к среде существования, определить основные адаптивные биологические ритмы организмов; развивать умения анализа и синтеза материала; воспитывать рациональное отношение к природе; рассмотреть особенности группировок живых организмов и экосистем, проанализировать состав и структуру группировок; развивать умения использовать ранее усвоенные знания; воспитывать инициативность и умение отстаивать свою точку зрения; ознакомить с разнообразием экосистем, особенностями их развития и последовательных изменений; развивать умения использовать полученные ранее знания; воспитывать экологическое мышление;

рассмотреть особенности взаимодействия организмов в экосистемах, показать взаимозависимость существования разных видов в экосистеме; развивать умения анализировать наличную информацию; воспитывать понимание единства всех видов в природе; рассмотреть особенности круговорота веществ и потока энергии в экосистемах и влияние человеческой деятельности на эти процессы, сравнить продуктивность разных экосистем; развивать привычки анализа и синтеза информации; воспитывать понимание единства всего живого на нашей планете; дать общую характеристику биосферы, проанализировать основные положения В.И. Вернадского о биосфере и роли в ней живых организмов; развивать логику и экологическое мышление; воспитывать понимание собственной ответственности за существование жизни на Земле; рассмотреть влияние человека на состояние биосферы; развивать умение находить взаимосвязи между действиями и последствиями; воспитывать бережное отношение к природе; проанализировать проблемы и определить пути сохранения биоразнообразия и охраны природы; развивать критическое мышление; воспитывать ответственность на последствия своей деятельности.

Количество часов: 4 часа.

План

1. Предмет и задачи экологии: учение об экологических факторах, учение о сообществах организмов, учение о биосфере.
2. Экологические факторы, особенности их воздействия. Экологическая характеристика вида. Понятие об экологических системах. Цепи питания, трофические уровни. Биогеоценоз как экосистема.
3. Биосфера — глобальная экосистема. Учение В. И. Вернадского о биосфере. Роль живых организмов в биосфере. Биомасса. Биологический круговорот (на примере круговорота углерода).
4. Основные направления воздействия человека на биосферу.

Ключевые понятия и термины: абиотические факторы; автотрофы; агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы); адаптации морфологические; адаптации физиологические; адаптации этологические; адаптация; аллелопатия (антибиоз); аллергены; аллергия; аменсализм; анаэробы облигатные; анаэробы факультативные; антибиоз; антропогенез; антропогенные факторы; антропогенный круговорот (обмен) веществ; антропосфера; Антропоцентризм; апвеллинг; ареал; атмосфера; аутвеллинг; аутэкология (экология особей, факториальная экология); ацидофилы; аэробы; базифилы; бенталь; бентос; биогенное вещество; биогенные элементы; биогеохимический круговорот (биогеохимические циклы); биогеоценоз; биоиндикаторы; биоиндикация; биокосное вещество; биологическая продукция (продуктивность); биологические ритмы; биологические часы организма; биологический (биотический) круговорот; биом; биомасса; биосфера; биосферные заповедники; биота; биотические факторы; биотоп; биотрофы; биоценоз; валовая первичная продукция;

«взрыв» демографический; вид биологический; видовая структура биоценоза; видовое разнообразие биоценоза; викарирующие (замещающие) виды; виоленты (силовики); возобновимые природные ресурсы; возрастная структура (возрастной состав) популяции; «вторая природа»; вторичная продукция; «второстепенные» виды; выживаемость; высотная поясность; галофилы; галофиты; гелиофиты облигатные (светолюбивые) растения; гелиофиты факультативные (теневыносливые) растения; гелофиты; гемикриптофиты; генетическая структура популяции; генофонд; геобионты; геоксены; геологический круговорот; геофилы; геофиты; гетеротермные организмы; гетеротрофы; гигрофилы; гигрофиты; гидатофиты; гидросфера; гидрофиты; гильдии; глобальное моделирование; гомеостаз; гомойотермные организмы; горизонтальная зональность; государственные природные заповедники; государственный стандарт (ГОСТ); гумус; деградация почв; демэкология (экология популяций, популяционная экология); дендрологические парки и ботанические сады; детрит; детритные пищевые цепи (цепи разложения); детритофаги; договор на комплексное природопользование; доминантные виды; емкость среды; жесткое управление; живое вещество; жизненная форма организма; загрязнение; загрязнитель; загрязняющее вещество; заказники; закон Харди-Вайнберга; заменимые природные ресурсы; зона толерантности; зона чрезвычайной экологической ситуации; зона экологического бедствия; зообентос; зоопланктон; зоофаги; зооценоз; исчерпаемые природные ресурсы; кадастры природных ресурсов; каннибализм; канцерогены; качество окружающей среды; квартирантство; кислотный дождь; климатское сообщество; климат; колония; командно-административное управление; комменсализм; конвергенция; конкуренция; консорция; конструктивное воздействие; консументы (макроконсументы, [фаготрофы](#)); контроль состояния окружающей среды; копрофаги; косвенное (опосредованное) воздействие; космополиты; косное вещество; коэволюция общества и природы; краевой эффект; «Красные приливы»; кривые выживания; красные книги; криофилы; криптофиты; круговорот веществ; ксенобиотики; ксерофилы; ксерофиты; к-стратеги (К-виды, К-популяции); лимиты на природопользование; лимитирующий (ограничивающий) фактор; лимническая зона; литоральная зона; литосфера; литофиты (петрофиты); лицензия (разрешение) на комплексное природопользование; максимальная продолжительность жизни (МПЖ); малоотходная технология; материальное стимулирование природоохранной деятельности; мезотрофы; мезофилы; мезофиты; местообитание; микробоценоз; миксотрофы; минерализация; мозаичность; мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг); моделирование; мутагены; мутуализм (облигатный симбиоз); мягкое управление; агролесомелиорация; нахлебничество; национальные парки; невозобновимые природные ресурсы; незаменимые природные ресурсы; неисчерпаемые природные ресурсы; нейтрализм; нейтрофилы; некрофаги; нектон; нитрофилы; ноосфера; нормирование качества окружающей среды; обилие вида; «озоновая дыра»; озоносфера; окружающая природная среда;

олиготрофы; оптимум (зона оптимума, зона нормальной жизнедеятельности); осмотрофы; особо охраняемые природные территории (ООПТ); охрана природы (окружающей природной среды); оценка воздействия на окружающую среду; оценка природных ресурсов экономическая; оценка природных ресурсов внеэкономическая; оценка риска; памятники природы; панмиксия; паразитизм; паразиты; паразиты облигатные; паразиты факультативные; парниковый (тепличный, оранжерейный) эффект; парцелла; пастбищные пищевые цепи (цепи выедания); пациенты; педосфера (почвенный покров); пелагиаль; первичная продукция; перекааты; перифитон; пессимум (зона пессимума, зона угнетения); пирамида биомасс; пирамида чисел (численности, Элтона); пирамида энергии (продукции); пищевая сеть; пищевая цепь (трофическая цепь, цепь питания); планктон; платность природопользования; плесы; плодородие почв; плотность; поведение человека; погода; пойкилотермные организмы; половая структура (половой состав) популяции; популяция; пороговая (минимально действующая) концентрация; потенциальные природные ресурсы; потребности человека; почва; предел выносливости верхний; предел выносливости нижний; предельно допустимая антропогенная (экологическая) нагрузка на окружающую среду (предельно допустимое вредное воздействие — ПДВВ); предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК); предельно допустимый уровень (ПДУ); природно-ресурсный потенциал; природные парки; природные ресурсы; природные условия; природопользование; природопользование нерациональное; природопользование общее; природопользование рациональное; природопользование специальное; продолжительность жизни; продуценты; пространственная структура биоценоза; пространственно-этологическая структура популяции; протокооперация (факультативный симбиоз); профундальная зона; прямое (непосредственное) воздействие; псаммофиты; сазрушительное (деструктивное) воздействие; сеальные природные ресурсы; седуценты (микрokonсументы, деструкторы, [сапротрофы](#), [осмотрофы](#)); сециркуляция; сождаемость (скорость рождаемости); г-стратеги (г-[виды](#), г-популяции); санитарные правонарушения; сапротрофы; сапрофаги; сапрофиты; симбиоз; синойкия (квартирантство); синузия; синэкология (экология сообществ, популяционная экология); система стандартов в области охраны природы (ССОП); склерофиты; скорость роста популяции; смертность (скорость смертности); смог; среда обитания; средняя продолжительность жизни (СПЖ); стабилизирующее воздействие; стандарты (нормативы, регламенты); стая; стенобионты; степень доминирования; структура популяции; суккуленты; сукцессионная серия; сукцессия; природные; антропогенные; аутогенные (самопорождающиеся); аллогенные (порожденные извне); первичные; вторичные; сциофиты (тенелюбивые растения); тератогены; термофилы; терофиты; техногенез; техносфера; токсины; токсичность; топические связи; «третья природа»; трофические связи; трофический уровень;

трофобиоз (нахлебничество); убиквисты; управление природными системами; управление природопользователями (управление [охраной окружающей среды](#) и рационализацией использования [природных ресурсов](#)); урбанизация; урбосистемы (урбанистические системы); условиями жизни; фабрические связи; фаготрофы (голозои); факторы риска; фанерофиты; ФАР; фауна; физиологическая продолжительность жизни (ФПЖ); физиологические ритмы; финансирование природоохранных мероприятий; фитобентос; фитопланктон; фитофаги; фитоценоз; флора; форические связи; фотопериодизм; фотосинтез (фотоавтотрофия); фототрофы; фреоны (хлорфторуглероды, или ФХУ); хамефиты; хемосинтез (хемоавтотрофия); хемотрофы; хищничество; цветение вод; циркадные (околосуточные) ритмы; цирканые (окологодичные) ритмы; частота встречаемости; численность; чистая первичная продукция; чрезвычайная экологическая ситуация; эврибионты; эвтрофикация (эвтрофирование); эвтрофы; эвфотическая зона; эдификаторы (строители); экзогенные (внешние) ритмы; экзогенные процессы (процессы внешней динамики); экологическая безопасность; экологическая валентность (пластичность, толерантность, устойчивость); экологическая катастрофа(экологическое бедствие); экологическая культура; экологическая ниша; экологическая пирамида; экологическая стандартизация; экологическая стратегия выживания; экологическая структура биоценоза; экологическая экспертиза; экологические правонарушения; экологические преступления; экологические проступки; экологические ритмы; экологические факторы; экологические эквиваленты; экологический аудит; экологический контроль; экологический кризис (чрезвычайная экологическая ситуация); экологический менеджмент; экологический паспорт предприятия-природопользователя; экологический риск; экологическое бедствие; экологическое благополучие экосистемы; экологическое воспитание; экологическое образование; экологическое право; экологическое прогнозирование; экология; экология человека; экономика (от греч. *oikonomike* — управление хозяйством); экономика природопользования; экономическая система; экономическое управление; экосистема (экологическая система); эоцентризм; эксплеренты (наполняющие); эмерджентность; эндемики; эндогенные (внутренние) ритмы; эндогенные процессы (процессы внутренней динамики); эпифиты; этология; эфемероиды; эфемеры; эффект группы; эффективность природопользования; эффективность природоохранных мероприятий ; ярусность.

Термин экология образован от двух греческих слов (ойкос-дом, жилище, родина и логос-наука), обозначающих дословно - "наука о местообитании". В более общем смысле экология - это наука изучающая взаимоотношения организмов и их сообществ с окружающей их средой обитания.

Экология одна из сравнительно молодых бурно развивающихся наук. В настоящее время экология распалась на ряд научных отраслей и дисциплин, подчас далеких от первоначального понимания ее как биологической науки (биоэкологии) об отношениях живых организмов с окружающей их средой. Н.Ф. Реймерс (1994) экологию **по размерам объектов изучения** предлагает подразделять на: *аутоэкологию* (особей и организмов как представителей вида); *демэкологию* (экологию малых групп); *популяционную экологию*; *спецэкологию* (экологию вида); *синэкологию* (экологию сообществ); *биоценологию* (экологию биоценозов); *биогеоценологию* (учение об экосистемах различного иерархического уровня организации); *биосферологию* (учение о биосфере); *экосферологию* (глобальная экология). В.А. Радкевич экологию **по размерам объектов изучения** делит на *аутэкологию* (особи, организм и его среда), *демэкологию*, или популяционную экологию (популяция и ее среда), *синэкологию* (биотическое сообщество, экосистема и их среда), *географическую или ландшафтную экологию* (крупные геосистемы, географические процессы с участием живого и их среды) и *глобальную экологию* (мегаэкология, учение о биосфере Земли). По отношению к **предметам изучения** экологию подразделяют на экологию микроорганизмов (прокариот), грибов, растений, животных, человека сельскохозяйственную, промышленную (инженерную), общую экологию. По **средам и компонентам** различают экологию суши, пресных водоемов, морскую, Крайнего Севера, высокогорий, химическую (геохимическую, биохимическую). По **подходам к предмету** выделяют аналитическую и динамическую экологии.

Предметом исследования экологии являются биологические макросистемы (популяция, биоценозы) и их динамика во времени и пространстве.

Задачи экологии - изучение закономерностей размещения живых организмов в пространстве, изменения численности организмов, потока энергии через живые системы и круговорота веществ и т.д.

Все то, что окружает живое существо в природе, называют **средой обитания**. На Земле существуют четыре основные среды обитания, освоенные и заселенные организмами. Это водная среда, наземно-воздушная, почвенная и, наконец, среда, образуемая самими живыми организмами. Каждая из этих сред имеет свои специфические условия жизни.

Экологические факторы очень многообразны как по своей природе, так и по воздействию на живые организмы. Условно все факторы среды подразделяются на три основные группы -- абиотические, биотические и антропогенные.

1) Абиотические факторы -- это факторы неживой природы, прежде всего климатические: солнечный свет, температура, влажность, и местные: рельеф, свойства почвы, соленость, течения, ветер, радиация и т. д. Эти факторы могут влиять на организмы прямо, т. е. непосредственно, как свет или тепло, либо косвенно, как, например, рельеф, который

обуславливает действие прямых факторов -- освещенности, увлажнения, ветра и пр.

2) Биотические факторы -- это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга (например, опыление насекомыми растений, конкуренция, поедание одних организмов другими, паразитизм) и на среду. Биотические взаимоотношения имеют чрезвычайно сложный и своеобразный характер и также могут быть прямыми и косвенными.

3) Антропогенные факторы -- это все те формы деятельности человека, которые воздействуют на естественную природную среду, изменяя условия обитания живых организмов, или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных.

Некоторые свойства среды остаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени. Таковы сила тяготения, интенсивность солнечного излучения, солевой состав океана, газовый состав и свойства атмосферы.

Большинство же экологических факторов - температура, влажность, ветер, количество и равномерность выпадения осадков, укрытия, хищники, паразиты, конкуренты и пр. - очень изменчиво как в пространстве, так и во времени.

Изменения факторов среды по силе действия на организмы могут быть:

- 1) регулярно-периодическими, например в связи со временем суток, сезоном года или ритмом приливов и отливов в океане;
- 2) нерегулярными, например изменения погодных условий в разные годы, катастрофы (бури, ливни, обвалы и т.д.);
- 3) направленными: при похолодании или потеплении климата, зарастании водоемов и т.д.

Оптимум - это точка, на которой наблюдается максимальный рост и развитие организма. Но лучше говорить о зоне оптимума, поскольку обычно такой рост и развитие происходит в определенном диапазоне одних количественных значений фактора (например, диапазон температур в несколько градусов). Тогда весь интервал температур от минимальной до максимальной, при которых возможны рост и развитие организма, называется его диапазоном устойчивости, а границы этого диапазона - пределами устойчивости"

Понятие «популяция». Вплоть до настоящего времени нет четкого определения понятия «популяция», которое бы удовлетворяло потребностям различных биологических направлений. Причиной этого является то, что генетики в понятие «популяция» вкладывают свой конкретный смысл (как совокупность свободно скрещивающихся особей), систематики подходят с позиций морфофункционального единства, биогеографы - с позиций исторически обособленной группы организмов, характерной для конкретного ландшафта или группы ландшафтов, и т.д. С другой стороны, понятие «популяция» строится в зависимости от применяемого подхода к ее изучению. В-третьих, и что, пожалуй, основное, споры ведутся о том, что же является наименьшей структурной единицей вида, ибо популяции могут

подразделяться на микропопуляции или объединяться в более крупные популяционные системы.

Популяцией в экологии называют совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и населяющих общую территорию.

Структура популяции характеризуется составляющими ее особями и их распределением в пространстве.

Половая структура популяции представляет собой соотношение в ней особей разного пола.

Генетический механизм определения пола обеспечивает расщепление потомства по полу в отношении 1:1, так называемое соотношение полов. Но из этого не следует, что такое же соотношение характерно для популяции в целом. Сцепленные с полом признаки часто определяют значительные различия в физиологии, экологии и поведении самок и самцов. В силу разной жизнеспособности мужского и женского организмов это первичное соотношение нередко отличается от вторичного и особенно от третичного -- характерного для взрослых особей. Так, у человека вторичное соотношение полов составляет 100 девочек на 106 мальчиков, к 16-18 годам это соотношение из-за повышенной мужской смертности выравнивается и к 50 годам составляет 85 мужчин на 100 женщин, а к 80 годам -- 50 мужчин на 100 женщин.

Соотношение полов в популяции устанавливается не только по генетическим законам, но и в определенной мере под влиянием среды обитания.

Возрастная структура популяции -- соотношение в составе популяции особей разного возраста, представляющих один или разные приплоды одного или нескольких поколений.

Каждый вид, занимая определенную территорию (**ареал**), представлен на ней системой популяций. Чем сложнее расчленена территория, занимаемая видом, тем больше возможностей для обособления отдельных популяций.

Рождаемость и смертность, динамика численности напрямую связаны с возрастной структурой популяции. Популяция состоит из разных по возрасту и полу особей. Для каждого вида, а иногда и для каждой популяции внутри вида характерны свои соотношения возрастных групп. По отношению к популяции обычно выделяют **три экологических возраста**: предрепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный.

С возрастом требования особи к среде и устойчивость к отдельным ее факторам закономерно и весьма существенно изменяются. На разных стадиях онтогенеза могут происходить смена сред обитания, изменение типа питания, характера передвижения, общей активности организмов.

Возрастные различия в популяции существенно усиливают ее экологическую неоднородность и, следовательно, сопротивляемость среде. Повышается вероятность того, что при сильных отклонениях условий от

нормы в популяции сохранится хотя бы часть жизнеспособных особей, и она сможет продолжить свое существование.

Возрастная структура популяций имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает также силу воздействия факторов окружающей среды.

Плотность популяции -- это число особей, или их биомасса, приходящаяся на единицу площади или объема жизненного пространства. Примерами плотности популяции могут быть: 500 деревьев на 1 га леса, 5 млн. особей хлореллы на 1 м воды; или 200 кг рыбы на 1 га поверхности водоема. Измерением плотности пользуются в тех случаях, когда важнее знать не конкретную величину популяции в тот или иной момент времени, а ее динамику, то есть ход изменений численности во времени. Плотность в данных случаях служит мерой относительного обилия.

Мерой обилия могут также являться и показатели, отнесенные не к единице пространства, а к единице времени, например число птиц, отмеченных в течение часа, или количество рыб, выловленных за сутки. Относительные показатели такого рода, в том числе показатели плотности, называют индексами численности.

Для измерения обилия популяций испытано много различных методов. К наиболее распространенным из них можно отнести следующие:

1. Полный учет обилия популяции, возможный иногда для крупных, хорошо заметных животных (например, оленей, пасущихся в открытых районах тундры, или тюленей, собирающихся на период размножения в большие группы).
2. Метод пробных площадок, состоящий в подсчете организмов на небольших участках (площадках), разрезах или в малых объемах и последующего перенесения результатов подсчетов на всю область распространения популяции.
3. Методы мечения и повторного отлова (для подвижных животных). Общее число меченых животных известно (Т). Долю, которую эти животные составляют в популяции, можно определить, взяв произвольный вылов (С) из популяции и, определив в нем число повторно выловленных меченых (В) особей, то есть отношение (В/С). Общая численность популяции (N) в этом случае может быть просчитана на основе простой пропорции:

Методы мечения используют также для определения пространственного распределения особей популяций, путей их миграций, ряда других популяционных показателей.

Методы без взятия проб (применимые к неподвижным организмам, например к деревьям). Таков метод случайных точек. От каждой из этих точек, произвольно выбранных в различных местах леса, измеряют расстояние до ближайших к ним деревьев. Это расстояние измеряется по всем четырем направлениям. Плотность деревьев на единицу площади вычисляется по формуле, учитывая среднее расстояние между стволами. При изучении популяций промысловых животных (например, рыб или некоторых

млекопитающих) используют ряд специальных методов определения обилия, основанных на анализе изменений производительности используемых орудий лова.

При оценивании удельной рождаемости людей в той или иной местности, городе, селе ее принято рассчитывать по отношению не ко всему населению, а только по отношению к общему числу женщин в возрасте от 20 до 40 лет.

Численность популяций не остается постоянной, так как меняются условия их существования. **Возникающие изменения численности популяций во времени называются динамикой численности.** Ее изучение важно для прогноза перспектив дальнейшего существования популяций и оценки их роли в природных сообществах.

Диапазон колебаний численности популяций зависит от степени изменчивости абиотических и биотических факторов, а также от биологических особенностей конкретного вида (плодовитости, скорости смены поколений, возраста достижения половой зрелости особей и др.). Самые большие диапазоны колебаний численности характерны для мелких быстро размножающихся организмов -- бактерий, инфузорий, насекомых, грызунов.

Причины динамики численности. Факторы, вызывающие изменение численности, разнообразны. Их подразделяют на две группы: не зависящие и зависящие от плотности популяции.

К **не зависящим от плотности популяции** относят преимущественно абиотические факторы. Они действуют на популяцию при любой ее численности. Например, особо суровые зимы вызывают гибель зимующих особей капустной белянки вне зависимости от того, большое или малое количество особей составляет эту популяцию в данный зимний период. Или наоборот, благоприятные условия зимовки могут способствовать повышению численности особей как в малочисленных популяциях, так и в больших. Следовательно, разнообразные абиотические факторы среды могут вызвать значительные колебания численности популяции.

К **зависящим от плотности популяции** принадлежат биотические факторы -- естественные враги (хищники, паразиты, возбудители болезней) и пищевые ресурсы. Их количество изменяется вместе с изменением численности популяции. Установлено, что как только плотность популяции того или иного вида хищников увеличивается, численность популяции его основной жертвы начинает снижаться. Такой же эффект на популяцию хозяина оказывают и паразиты. Как правило, чем выше плотность популяции, тем сильнее влияние этих факторов. Без них численность популяции могла бы неограниченно увеличиваться, что привело бы к полному уничтожению источников корма. Таким образом, особенность действия факторов зависящих от плотности, заключается в сглаживании резких колебаний численности, благодаря чему численность популяции поддерживается на определенном оптимальном уровне.

Биоценоз - сложная природная система. Весь комплекс совместно живущих и связанных друг с другом видов называют биоценозом («биос» -- жизнь, «ценоз» -- сообщество).

Видовая структура биоценоза. Виды, входящие в биоценоз, очень неравноценны по численности. Одни из них массовые, другие малочисленны, третьи -- совсем редки. Наиболее массовые виды биоценоза называют доминантами или доминирующими видами. Например, в ель-нике-черничнике среди деревьев постоянно доминирует ель, среди наземных растений -- черника, зеленые мхи, среди птиц -- пеночка-теньковка, синица-гаичка, из куриных птиц -- рябчик, а среди мышевидных грызунов преобладает рыжая полевка.

Распределение видов в пространстве. Для биоценозов характерно также закономерное распределение видов в пространстве. Основу этого распределения формирует растительность. Растения создают в биоценозах ярусность, располагая друг под другом листву в соответствии со своей формой **роста** и светолюбием. В лесах умеренного климата может быть до 5-6 ярусов растений.

Экологическая ниша вида. Как уже обсуждалось, виды уживаются в одном биоценозе в тех случаях, когда они расходятся по экологическим требованиям и ослабляют тем самым конкуренцию друг с другом. Таким образом, каждый вид использует ресурсы по-своему и имеет свои особенности связей с другими видами.

Положение, которое вид занимает в составе биоценоза, называется его экологической нишей. Экологическую нишу вида характеризуют и границы выносливости его по отношению к разным факторам, и характер связи с другими видами, и образ жизни, и распределение в пространстве.

Экологические ниши совместно живущих видов могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, так как при этом вступает в действие закон конкурентного исключения и один вид вытесняет другой из данного биоценоза.

Все биотические связи можно разделить на 6 групп:

- 1 Нейтрализм - популяции не влияют друг на друга (00);
- 2а. Протокооперация - популяции имеют взаимовыгодные связи (++) (Взаимодействие друг с другом полезно для обеих популяций, но является не обязательным);
- 2в. Мутуализм - популяции имеют взаимовыгодные связи (++) (Обязательное взаимодействие, полезное для обеих популяций);
3. Конкуренция - отношения вредны для обоих видов;
4. Паразитизм - один из видов получает выгоду, другой испытывает угнетение (+);
5. Комменсализм - один вид получает пользу, другой не испытывает вреда (+0);
6. Амменсализм - один вид угнетается, другой не извлекает пользы (? 0);

Типичный симбиоз представляют отношения термитов и живущих в их кишечниках одноклеточных жгутиковых.

По степени соединения организмов и по их пищевой зависимости друг от друга различают несколько типов симбиоза: мутуализм, паразитизм, комменсализм.

Все перечисленные выше типы взаимоотношений и их общие характеристики сведены в таблицу «Типы биотических взаимоотношений».

Тип взаимодействия	Вид	Общий характер взаимодействия	1	2	1
0 0	Ни одна из популяций не оказывает на другую влияния	2	Нейтрализм		
	Опосредованное подавление, возникающее, когда появляется недостаток в каком-либо ресурсе, исполняемом обоими видами	3	Амменсализм	0	Одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния
4	Паразитизм	+	Использование организма хозяина в качестве жизненной среды	5	Хищничество
+	Поедание организмов данного вида другими	6	Комменсализм	+	0
	Популяция комменсала (сотрапезника, нахлебника) получает пользу от объединения с популяцией хозяина, для которого это соединение безразлично	7	Протокооперация	+	+
	Взаимодействие друг с другом полезно для обеих популяций, но является не обязательным	8	Мутуализм	+	+
	Обязательное взаимодействие, полезное для обеих популяций	9	Симбиоз	+	+
	Необходимое взаимодействие для обоих партнеров				

Следует помнить, что типы взаимоотношений конкретной пары видов могут изменяться в зависимости от внешних условий или стадии жизни взаимодействующих организмов. К тому же в природе во взаимоотношения оказывается вовлеченной не пара видов, а гораздо большее число. Межвидовые связи в природе бесконечно разнообразны.

Конкурентное взаимодействие может касаться территории, пищи, света, убежищ и всех иных видов экологических ресурсов. Исход конкуренции представляет огромный интерес не только для экологов, изучающих процессы формирования состава природных сообществ, но и для эволюционистов, изучающих механизмы естественного отбора. Конкуренция подразделяется на внутривидовую и межвидовую. Как внутривидовая, так и межвидовая конкуренция может играть большую роль в формировании разнообразия видов и динамике численности организмов.

Внутривидовая конкуренция это борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида. Это важный фактор саморегуляции численности популяций. внутривидовая конкуренция является важным регулятором, контролирующим рост популяций. Благодаря этой конкуренции возникает определенная зависимость между плотностью популяции и скоростью процессов отмирания (смертность) или размножения (рождаемость) особей. Это, в свою очередь, приводит к возникновению определенной связи между численностью родительских пар и количеством производимого ими потомства. Подобные связи действуют как регуляторы колебаний численности популяций...

Межвидовая конкуренция - это любое взаимодействие между двумя или более популяциями, которое отрицательно сказывается на их росте и выживании. Независимо оттого, что лежит в основе межвидовой конкуренции - использование одних и тех же ресурсов, межвидовые

химические или аллелопатические взаимодействия или хищничество, - она может привести либо к взаимному приспособлению видов, либо к вытеснению одного вида другим.

Экосистема и биогеоценоз. Сообщества организмов тесно связаны не только друг с другом, но и с неорганической средой. Растения могут существовать только при наличии света, углекислого газа, воды, минеральных солей. Животные и другие гетеротрофные организмы (грибы, большинство бактерий) живут за счет автотрофов, но нуждаются в поступлении таких неорганических соединений, как кислород и вода. В любом биотопе запасы неорганических соединений, необходимых для поддержания жизнедеятельности населяющих его организмов, сравнительно малы и постоянно убывают, поэтому необходимо их возобновление. Из окружающей среды живые организмы поглощают биогенные элементы и энергию и возвращают их обратно (например, при дыхании, выделении экскрементов, разложении растительных и животных остатков). Благодаря этим обменным процессам биоценоз и окружающая его неорганическая среда (экотоп) представляют собой сложную систему, получившую название *экосистема* или *биогеоценоз*.

Структура экосистемы - естественное функционально-морфологическое членение экосистемы на подсистемы и блоки, играющие в экосистеме роль "кирпичиков". В число структурных элементов входят популяции, **консорции** (совокупность разнородных организмов, тесно связанных между собой и зависящих от центрального члена или ядра сообщества), **синузии** (однорусная группировка растений в пределах фитоценоза; совокупность популяций животных и растений, связанных между собой общими требованиями к среде обитания), ярусы растительности (расчлененность сообщества на ярусы), т.е. структуры биоценоза (фитоценоза) и структуры биогеоценоза (экосистемы). Каждая популяция одновременно входит в две структуры: в экологическую пирамиду (растениями питаются травоядные, травоядными - хищники и т.д.); в группу экологически сходных популяций, составляющих биотическое сообщество (напр. сообщество злаков на лугу). Вместе со своими неизменными спутниками - микроорганизмами, насекомыми, грибами - такие сообщества дают собрания как бы "по горизонтали" (их называют синузиями; напр., синузия мхов в лесу) и одновременно "по вертикали", на всю толщину слоя жизни в населяемой среде - это консорции). Сложение синузий (например деревьев, кустарников, трав, мхов) и входящих в них консорций дает новый вид парцелл - биогеоценологических.

Видовое разнообразие - число видов в данном сообществе или в данной области. Различают альфа-разнообразие (число видов в рассматриваемом биотопе), бета-разнообразие (число видов во всех биотопах данной области) и гамма-разнообразие.

Любая экосистема составлена определенным числом видов растений и животных, между которыми установлено своеобразное равновесие. Для каждой популяции отдельных видов свойственно определенное соотношение

между образованием новых особей и отмиранием старых. Для системы в целом характерно периодическое появление одних видов (в результате дивергенции или заноса) и отмирание других.

Питание -- основной способ движения веществ и энергии.

Организмы в экосистеме связаны общностью энергии и питательных веществ, которые необходимы для поддержания жизни. Главным источником энергии для подавляющего большинства живых организмов на Земле является Солнце. Фотосинтезирующие организмы (зеленые растения, цианобактерии, некоторые бактерии) непосредственно используют энергию солнечного света. При этом из углекислого газа и воды образуются сложные органические вещества, в которых часть солнечной энергии накапливается в форме химической энергии.

Первоисточником энергии для экосистем служит Солнце. Большая часть солнечной энергии, достигающей поверхности планеты, превращается непосредственно в тепло, нагревая воду или почву, от которых в свою очередь нагревается воздух. Это тепло служит движущей силой круговорота воды, воздушных потоков и океанических течений, определяющих погоду, постепенно отдается в космическое пространство, где и теряется.

Фотосинтез является основным источником биологической энергии, фотосинтезирующие автотрофы используют её для синтеза органических веществ из неорганических, гетеротрофы существуют за счёт энергии, запасённой автотрофами в виде химических связей, высвобождая её в процессах дыхания и брожения. Энергия получаемая человечеством при сжигании ископаемого топлива (уголь, нефть, природный газ, торф) также является запасённой в процессе фотосинтеза.

Способность экосистемы относительно полно самовосстанавливаться и саморегулироваться в течение сукцессионного или эволюционного отрезка ее существования называется экологической надежностью. Простейшим механизмом поддержания экологической надежности экосистемы является замена выбывшего по каким-либо причинам вида другим, экологически близким. При более глубоком нарушении замена происходит на уровне сообществ различного уровня вплоть до биогеоценозов.

Устойчивость экосистемы

Способность экосистемы к реакциям, пропорциональным по величине силе воздействия, которые гасят эти воздействия. При этом в экосистеме возбуждаются компенсационные (отрицательные) обратные связи, что равноценно выполнению принципа Ле Шателье. При превышении некоторой критической величины воздействия экосистема теряет устойчивость, возникают положительные обратные связи, которые могут привести к её разрушению. Син.: Живучесть экосистемы, Жизнестойкость экосистемы.

Сукцессия (от лат. **Successio** -- преемственность, наследование) -- процесс саморазвития сообществ. В основе сукцессии лежит неполный биологический круговорот в данном сообществе. Каждый живой организм в результате жизнедеятельности меняет вокруг себя среду, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами метаболизма. При более или менее

длительном существовании популяций они меняют свое окружение в неблагоприятную сторону и в результате оказываются вытесненными популяциями других видов, для которых вызванные преобразования среды оказываются экологически выгодными. В ходе сукцессии на основе конкурентных взаимодействий видов происходит постепенное формирование более устойчивых комбинаций, соответствующих конкретным абиотическим условиям среды.

Биосфера -- "сфера жизни" -- оболочка Земли, заселенная живыми организмами. Биосфера является самой большой экосистемой. Толщина биосферы немного больше 20 км (организмы обитают над поверхностью суши не выше 6 км над уровнем моря, опускаются не глубже 15 км в толщу суши и 11 км в глубь океана).

Экосфера - понятие, аналогичное биосфере - комплекс всех экосистем, существующих на земле. Термин «биосфера» употребляется только для обозначения зоны, где возможна жизнь, а экосфера подразумевает взаимодействие живых организмов с окружающей средой.

Биогенное вещество - вещество, создаваемое живыми организмами (уголь, нефть и т.п.). Биокосное вещество - вещество, в создании которого принимают участие живые организмы (почва, ил и т.п.).

Одним из выдающихся естествоиспытателей, который посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере, был академик В. И. Вернадский. Он стал основоположником научного направления, названного им биогеохимией, которое легло в основу современного учения о биосфере.

До появления работ В. И. Вернадского роль живых организмов на Земле представлялась ученым очень скромной. Действительно, казалось бы, какое может быть сравнение последствий их жизнедеятельности с мощностью внутренних сил планеты, вздымающих высочайшие горы, разверзающих океанские пучины, перемещающих целые континенты.

В. И. Вернадский доказал, что, как бы слаб ни был каждый организм в отдельности, все они, вместе взятые, на протяжении длительного отрезка времени выступают как мощный геологический фактор, играющий существенную роль в жизни нашей планеты. Геологическая деятельность живых организмов проявляется как следствие следующих их особенностей: они теснейшим образом связаны с окружающей средой и взаимодействуют с ней в процессе обмена веществом и энергией; обмен веществ организмов со средой осуществляется в процессе биологического круговорота; суммарный эффект результатов деятельности организмов проявляется на протяжении очень длительных (сотен миллионов лет) отрезков времени. Таким образом, приоритет в разработке теоретических основ учения о биосфере принадлежит советским ученым.

Биогеохимические принципы Вернадского

Советский ученый В. И. Вернадский открыл (1940) фундаментальные законы (принципы), управляющие геохимической деятельностью живых организмов в биосфере. Они сводятся к следующему: 1) биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному

своему проявлению; 2) эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы. Эти два постулата Вернадского легли в основу создания новой науки -- *биосферологии*.

Солнечная энергия на Земле вызывает два **круговорота веществ**: **большой**, или **геологический круговорот веществ**, наиболее ярко проявляющийся **в круговороте воды** и циркуляции атмосферы, и **малый, биологический** круговорот веществ (биотический), развивающийся на основе большого и состоящий в непрерывном, циклическом, но неравномерном во времени и пространстве, и сопровождающийся более или менее значительными потерями закономерного перераспределения вещества, энергии и информации в пределах экологических систем различного уровня организации большой круговорот веществ и малый круговорот веществ взаимно связаны и представляют как бы единый процесс. Подсчитано, что весь кислород, содержащийся в атмосфере, оборачивается через организмы (связывается при дыхании и высвобождается при фотосинтезе) за 2000 лет, углекислота атмосферы совершает круговорот в обратном направлении за 300 лет, а все воды на Земле разлагаются и воссоздаются путем фотосинтеза и дыхания за 2 000 000 лет.

Кругооборот углерода

В круговороте углерода, точнее, наиболее подвижной его формы - углекислого газа - четко прослеживается его перемещение по трофическим цепям: продуценты, улавливающие углерод в составе углекислого газа при фотосинтезе, консументы - поглощающие углерод в составе органических веществ, составляющих тела продуцентов и консументов более низших порядков, редуцентов - возвращающих углерод вновь в круговорот.

Кругооборот кислорода

Скорость оборота кислорода - 2 тыс. лет. За это время весь кислород атмосферы проходит через живое вещество.

Основной источник кислорода - зеленые растения. Ежегодно они производят на суше $53 \cdot 10^9$ т кислорода на суше, а в океанах - $414 \cdot 10^9$ т.

Процесс круговорота кислорода в биосфере сложен, поскольку он содержится во многих химических соединениях.

Кругооборот азота

Охватывает все области биосферы. Запасы азота в атмосфере неисчерпаемы (78%), но поглощение его растениями ограничено, т.к. они усваивают азот только в форме соединений с углеродом и кислородом. Усваивать азот из воздуха могут азотофиксирующие клубеньковые бактерии, являющиеся симбионтами бобовых культур и обитающие в клубеньках на корнях последних.

Редуценты (деструкторы) - почвенные бактерии - постепенно разлагают белковые вещества отмерших организмов и превращают их в аммонийные соединения, нитраты и нитриты. Часть нитратов попадает в процессе круговорота в подземные воды, загрязняя их. Азот в форме

нитратов и нитритов может усваиваться растениями и передаваться по пищевым цепям.

Не менее важны кругообороты серы и фосфора, но они менее совершенны, т.к. основная масса данных элементов содержится в резервном фонде земной коры, в недоступном фонде. Это типичные осадочные биогеохимические циклы. Такие циклы очень зависимы от внешних воздействий и легко нарушаются, поскольку часть вещества выводится из круговорота. Возврат веществ в круговорот возможен только в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом биофильных компонентов.

Существуют два основных определения понятия «биосфера», одно из которых известно со времени появления в науке данного термина. Это понимание биосферы как совокупности всех живых и неживых организмов на Земле.

Атмосфера - наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством, через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом.

Гидросфера - водная оболочка Земли. В следствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мгр/л растворимых веществ.

Литосфера - внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы Мохоровичича. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы.

Понятие биосферы впервые было введено австрийским ученым геологом Эдуардом Зюссом в 1875 году. Понятие биосферы имеет два аспекта: с одной стороны как специфическая оболочка земного пространства, с другой - как глобальная экосистема. С точки зрения составляющих компонентов биосфера - это нижняя часть атмосферы, гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами, или по выражению Владимира Ивановича Вернадского - "область распространения живого вещества".

Горизонтальное деление биосферы связано с действием различных факторов: освещенности, увлажнения, температуры и т. п. Если говорить о геобиосфере, то горизонтальному ее делению способствует наличие границ, непреодолимых для многих видов живых организмов - это моря и океаны, горные массивы, пустыни и т. п. Кроме того, сочетание различных абиотических факторов позволяет выделять определенные биогеографические области.

Современная наука о биосфере классифицирует функции биосферы по пяти категориям:

- 1) энергетическая (накопление свободной энергии - связывание и запасание солнечной энергии);
- 2) концентрационная (акапливание химических элементов в телах живых организмов в масштабах биосферы (формирование атмосферы, залежей органических и неорганических веществ);
- 3) транспортная (закон биоигенной миграции атомов, биогеохимические круговороты);
- 4) деструктивная (разложение органики и замыкание круговоротов, выветривание разрушение земной коры, формирование почвы);
- 5) средообразующая.

Эти пять категорий объединяет то, что все они взаимосвязаны между собой и образуют глобальный биотический круговорот. Он заключается в циркуляции веществ между почвой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. Благодаря биотическому круговороту возможно длительное существование и развитие жизни при ограниченном запасе доступных химических элементов. Используя неорганические вещества, зеленые растения за счет энергии Солнца создают органическое вещество, которое другими живыми существами - гетеротрофами - разрушается, с тем, чтобы продукты этого разрушения могли быть использованы растениями для новых органических синтезов.

Созданная на основе исторического метода эволюционная теория, в задачу которой входит изучение факторов, движущих сил и закономерностей органической эволюции, по праву занимает центральное место в системе наук о живой природе. Она представляет собой обобщающую биологическую концепцию. Практически нет таких отраслей биологии, для которых эволюционная теория не давала бы методологических принципов исследования. По этой причине эволюционная биология является одним из трех важнейших направлений развития биологической науки.

Главной причиной эволюции Ламарк считал присущее живой природе *изначальное* (заложенное Творцом) *стремление к усложнению и самосовершенствованию* своей организации. Оно проявляется во врожденной способности каждого индивида к усложнению организма. Вторым фактором эволюции он называл *влияние внешней среды*: пока она не изменяется, виды постоянны, как только она становится иной, виды также начинают меняться. При этом Ламарк на более высоком уровне *по сравнению* с предшественниками разработал проблему неограниченной изменчивости живых форм под влиянием условий существования: питания, климата, особенностей почвы, влаги, температуры и т.д.

По состоянию на конец XX в. среди существующих источников воздействия выделяют:

- * главные источники антропогенного загрязнения воздуха: энергетику, транспорт, черную и цветную металлургию, химию и нефтехимию;

* основные загрязнители гидросферы: предприятия целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и легкой промышленности. В последнее время значительно увеличилась доля загрязнений, поступающих в водоемы от индустриального сельского хозяйства;

* основная масса промышленных твердых и жидких отходов образуется на предприятиях горнодобычи и горнопереработки, энергетики, металлургической и химической отраслей промышленности.

Классификация антропогенных (техногенных) воздействий, обусловленных загрязнением среды, включает основные категории:

1. Материально-энергетические характеристики воздействий: механические, физические (тепловые, электромагнитные, радиационные, акустические), химические, биологические факторы и агенты, их различные сочетания. В большинстве случаев в качестве таких агентов выступают эмиссии (т.е. испускания - выбросы, стоки, излучения и т.п.) различных технических источников.

2. Количественные характеристики воздействия: сила и степень опасности (интенсивность факторов и эффектов, массы, концентрации, характеристики типа «доза - эффект», токсичность, допустимость по экологическим и санитарно-гигиеническим нормам); пространственные масштабы, распространенность (локальные, региональные, глобальные).

3. Временные параметры воздействий по характеру эффектов: кратковременные и длительные, стойкие и нестойкие, прямые и опосредованные, обладающие выраженным или скрытными следовыми эффектами, обратимые и необратимые, актуальные и потенциальные, пороговость эффектов.

4. Категории эффектов воздействия: различные живые реципиенты (способные воспринимать и реагировать) - люди, животные, растения, а также компоненты окружающей среды, к которым относятся: среда поселений и помещений, природные ландшафты, почва, водные объекты, атмосфера, околоземное пространство; сооружения.

В процессе своей хозяйственной деятельности человек производит различные вещества. Все производимые вещества с использованием как возобновимых, так и невозобновимых ресурсов можно разделить на четыре типа:

- исходные вещества (сырье);
- промежуточные вещества (возникающие или используемые в процессе производства);
- конечный продукт;
- побочный продукт (отход).

В наши дни наиболее масштабным и значительным загрязнением окружающей природной среды считается химическое загрязнение, в большинстве случаев рассматриваемое отдельно для атмосферы, гидросферы и литосферы. При физическом же загрязнении выделить особенности его воздействия на отдельные компоненты биосферы труднее, поэтому его

принято подразделять на виды: шумовое, электромагнитное, ионизирующее и т. п.

По масштабам воздействия различают загрязнение биосферы:

- локальное - характерно для городов, крупных промышленных и транспортных предприятий, районов добычи полезных ископаемых, крупных животноводческих комплексов и т. п.;
- региональное - охватывает значительные территории и акватории как результат влияния крупных промышленных районов;
- глобальное - распространяется на большие расстояния от места возникновения и оказывает неблагоприятное воздействие на крупные регионы, вплоть до общепланетарного влияния (чаще всего связано с выбросами в атмосферу).

Тяжелые металлы - группа химических элементов, имеющих плотность 5 г/см^3 . Для их биологической классификации правильнее руководствоваться атомной массой, т.е. считать тяжелыми металлы с относительной массой более 40. К тяжелым металлам отнесена группа элементов, имеющих большое биохимическое и физиологическое значение. Антропогенная эволюция почвенного покрова зависит как от характера антропогенных воздействий, так и от особенностей природных свойств экосистем, их устойчивости к различным видам нагрузок и способности к восстановлению. Эта эволюция носит глобальный характер с существенным изменением многих закономерностей распределения почв и структур как планеты в целом, так и отдельных регионов.

Использование пестицидов неизбежно отрицательно влияет на экосистемы любого уровня и на здоровье человека. Пестициды следует использовать по назначению, в минимально необходимом количестве и лишь там, где химические средства защиты нельзя пока заменить биологическими. Из закона «физико-химического единства живого вещества» вытекает следствие: вредное для одной части живого вещества не может быть безразлично для другой ее части. Поэтому любые физико-химические агенты, смертельные для одних организмов, не могут не оказывать вредного влияния на другие организмы.

Государственный стандарт на пестицид отражает точное название действующего вещества. *Действующее вещество* - это химическое вещество, входящее в состав пестицида и оказывающее на вредный организм токсическое действие.

Нефть и нефтепродукты. Нефть (далее -- Н.) представляет собой сложную смесь органических соединений (гл. обр. углеводородов).

Нефть представляет собой вязкую маслянистую жидкость, имеющую темно-коричневый цвет и обладающую слабой флуоресценцией. Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенными загрязняющими веществами в Мировом океане.

Смешиваясь с водой, нефть образует эмульсию двух типов: прямую "нефть в воде" и обратную "вода в нефти". Прямые эмульсии, составленные капельками нефти диаметром до 10,5 мкм, менее устойчивы и характерны

для нефти, содержащей поверхностноактивные вещества. При удалении летучих фракций, нефть образует вязкие обратные эмульсии, которые могут сохраняться на поверхности, переноситься течением, выбрасываться на берег и оседать на дно.

Токсичность нефти объясняется присутствием летучих ароматических углеводородов (толуол, ксилол, бензол). Высокие концентрации нефти в почве приводят к угнетению роста растений, гибели почвенных беспозвоночных и позвоночных организмов.

Лабораторное определение нефти процесс достаточно сложный и долгий. После проведения всех предварительных процедур - фильтрации, экстракции содержание нефти определяют на концентратометре КН-3.

Литература: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)].

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Какие факторы влияют на структуру популяции?
2. Какие биотические факторы вам известны?
3. Какие абиотические факторы вам известны?
4. Почему антропогенные факторы выделяют в отдельную группу?
5. Как организмы приспосабливаются к существованию в разных средах?
6. Какое значение имеют биологические ритмы для живых организмов?
7. Что такое группировки?
8. Чем группировки отличаются от экосистемы?
9. Какую структуру имеют группировки живых организмов?
10. Понятие экологический фактор.
11. Классификация экологических факторов.
12. Факторы адаптации.
13. Неоднозначность действия факторов на различные
14. Биоэлементы, основные элементы минерального питания, микроэлементы.
15. Способы извлечения питательных веществ при минеральном питании.
16. Факторы, кроме самих питательных веществ, лимитирующие минеральное питание (кислород, углеводы, температура).
17. Экологические основы питания животных.
18. Пищевые режимы и пищевая специализация.
19. Типы питания животных.
20. Механизмы пищевой специализации детритофагов.
21. Биосфера – глобальная биологическая система.
22. Какую роль выполняет живое вещество в биосфере?
23. Что такое биомасса?
24. Кто разработал впервые учение о биосфере?
25. Приведите примеры организмов разных царств – обитателей почвы.
26. Какие оболочки Земли входят в географическую оболочку Земли?

27. Какие группы организмов берут участие в создании первичной продукции экосистемы?
28. Что является источником энергии для редуцентов?
29. Почему цепи питания не могут быть длинными и состоят не более чем из трех – пяти звеньев?
30. Какую роль выполняет живое вещество в биосфере?
31. Круговорот веществ.
32. Биологический круговорот углерода.
33. Влияет ли деятельность человека на состояние биосферы?
34. Может ли человек положительно влиять на состояние биосферы?
35. Почему в наше время усиливается необходимость познания законов взаимодействия общества и природы?
- 36.2. В чем суть теории взаимодействия общества и природы?
37. Назовите шесть принципов взаимодействия общества и природы.
38. Как должна измениться потребительская культура общества?
39. В чем состоит концепция устойчивого развития общества и каковы ее основные аспекты?
40. Какова роль ООН в деле сохранения окружающей среды?
41. Современный экологический кризис и его особенности.
42. Масштабы воздействия человека на среду и биосферу.
43. В чем проявляется сходство плантации сахарной свеклы и экосистемы луга?
44. Почему агроценоз считают искусственной экосистемой?
45. Что играет большую роль в повышении продуктивности агроэкосистем?
46. Как характеризуются агроценозы?
47. Почему при уничтожении ядохимикатами насекомых-вредителей наблюдается их массовое размножение?
48. Почему агроэкосистема, в сравнении с естественной экосистемой, менее устойчива?
49. Что относят к агроценозам?
50. Приведите примеры агроценозов?