Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»

В.Ф. Черник

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ *Пособие*

Рекомендовано учебно-методическим объединением по педагогическому образованию в качестве пособия для студентов высших учнбных заведений, обучающихся по дефектологичекским специальностям

PELIOSIN

Минск

2011

Рецензенты:

доктор биологических наук, главный научный сотрудник ЦБС НАН Беларуси, *Кутас Е.Н.*;

кандидат биологических наук, заведующий кафедрой тифлопедагогики БГПУ, доцент, $Даливеля\ O.B.$;

кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и биохимии растений биологического факультета БГУ, *Смолич И.И.*

Общая биология: пособие / В.Ф. Черник. – Минск:, 2011. – 254 с.

Биология является естественнонаучной базой психологии и педагогики. Для обучения в высших учреждениях образования педагогического профиля по многим специальностям необходимы глубокие знания общей биологии.

В пособии четко, в доступной форме изложены основные сведения по общей биологии. В нем содержатся примеры решения типовых задач и задачи для самостоятельного решения, систематизированные по темам задачи и тестовые задания.

Рекомендуется студентам небиологических специальностей педагогических университетов и слушателям подготовительных отделений ВУЗов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Студенты высших учебных заведений небиологического профиля, изучающие разделы общей биологии, должны показать знания строения, процессов жизнедеятельности живых биологических систем, владеть терминами, понятиями, законами и теориями общей биологии; уметь решать задачи по цитологии, генетике, экологии, отвечать на вопросы тестовых заданий. Поэтому, чтобы облегчить их самоподготовку в пособии четко, в доступной форме изложены сложные вопросы общей биологии.

Пособие не дублирует материал учебников для общеобразовательной школы, а охватывает и поясняет основные понятия, термины, закономерности разделов курса общей биологии, содержит программно-методический материал для централизованного тестирования.

Даны примеры решения типовых задач и предлагаются задачи для самостоятельного решения по цитологии, генетике и селекции, экологии, эволюции живых систем.

Пособие также дополнено тематическими тестами, предназначенными для более глубокого понимания предмета и облегчения самоподготовки.

В рамках первого раздела – «Основы цитологии» дается очерк истории становления цитологии; раскрываются понятия о строении, химическом составе клетки; энергетическом и пластическом обмене веществ; воспроизведении клетки; об особенностях размножения и закономерностях онтогенеза. Второй раздел - «Основные закономерности наследственности и изменчивости» посвящен изучению закономерностей наследования признаков у растений, животных и человека (моногибридное и дигибридное скрещивания; сцепленное наследование генов и кроссинговер; наследование, сцепленное с аллельных и неаллельных генов). взаимодействие ЭТОМ рассматриваются основные закономерности изменчивости: генотипическая (различные виды мутаций, причины их возникновения) и модификационная изменчивость. Материалы ЭТОГО раздела также посвящены генетических основ селекции растений и животных, новейших методов генетики, селекции и генетики человека. В третьем разделе «Взаимодействие организмов со средой» освещаются экологические факторы; признаки, структура и свойства биологических систем. В четвертом разделе кратко рассматриваются вопросы биосферы. Пятый раздел «Эволюция живых систем» знакомит с классическими и современными положениями эволюции органического мира. Шестой раздел -«Происхождение и эволюция человека» посвящен изучению этапов становления человека как биологического вида.

При подготовке пособия использовался иллюстрационный материал ранее опубликованных учебных пособий по биологии.

ВВЕДЕНИЕ

Общая биология – наука, изучающая процессы, протекающие на различных уровнях организации живых систем.

Общие свойства живых организмов:

1) обмен веществ; 2) сходный химический состав; 3) раздражимость; 4) саморегуляция; 5) рост и развитие; 6) размножение – свойство живых организмов воспроизводить себе подобных; 7) наследственность; 8) изменчивость; 9) адаптация; 10) энергозависимость (для функционирования живой системы нужна энергия).

Уровни организации живых систем

Молекулярный — уровень организации живой системы, элементарными единицами которого являются нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды. С молекулярного уровня начинаются процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ, превращение энергии, передача генетической информации.

Клеточный — уровень организации живой системы, структурной и функциональной единицей которого, является клетка. Неклеточные формы — вирусы могут проявлять свойства живых систем только в клетках. Клетка также служит единицей размножения и развития живых организмов. Тканевой — уровень организации живой системы, единицей которого является ткань — совокупность сходных по строению клеток и межклеточного вещества, связанных выполнением общей функции и происхождением. Органный — уровень организации живой системы, единицей которого является орган — структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей.

Организменный — уровень организации живой системы, единицей которого является особь. Для этого уровня характерно появление системы органов, взаимосвязанных между собой и специализирующихся на выполнении различных функций.

Популяционно-видовой — уровень организации живой природы, единицей которого является популяция — совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, для которой характерны элементарные эволюционные процессы.

Биогеоценотический — уровень организации живой системы, единицей которого является биогеоценоз — эволюционно сложившаяся, пространственно ограниченная, саморегулирующаяся природная система функционально взаимосвязанного комплекса живых организмов и окружающей среды. Ее живыми компонентами являются: продуценты, консументы, редуценты, а неживыми — атмосфера, вода, почва, солнечная энергия и др.

Биосферный — самый высокий уровень организации живой системы, представляющий собой совокупность всех биогеоценозов. На этом уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

Клеточная теория

Цитология – наука о строении, химическом составе, размножении и функциях клеток.

Основные этапы развития цитологии:

Первый этап — этап открытия клетки как структурного элемента животных и растений. Изучение клетки началось с момента ее открытия со второй половины 17 в, благодаря использованию Р. Гуком, М. Мальпиги, Н. Грю, А. Левенгуком микроскопа. В 1665 г. английский естествоиспытатель Роберт Гук, исследуя под микроскопом тонкие срезы пробки дуба, увидел структуры, напоминающие по форме ячейки, которые он назвал «cellula» — клетки. В 1680 г. А. Левенгук открыл одноклеточные организмы (инфузорию-туфельку, амебу, бактерии). Он также обнаружил в клетке пластиды, но назвал их кристаллами.

Второй этап — этап возникновения клеточной теории. В 1838 г. немецкие ученые, ботаник М. Шлейден и зоолог Т. Шванн выявили, что клетка — структурно-функциональная единица всех живых организмов, доказали единство клеточного строения организмов, сформулировали положения клеточной теории.

В 1831—1858 гг. важное открытие сделал Р. Броун. Он дал детальное описание ядра. В 1839 г. чешский ученый Ян Пуркинье обнаружил содержимое животных клеток и назвал его протоплазмой. В 1842 г. М. Шлейден впервые в составе ядра обнаружил ядрышки, а в 1882 г. В. Флемминг в клетках животных обнаружил митохондрии. Э. Страсбургер в 1882 г. предложил термин «цитоплазма» — часть клетки между плазматической мембраной и ядром.

Третий этап развития и углубления клеточной теории. В 1858 г. немецкий патолог Рудольф Вирхов обнаружил, что каждая новая клетка образуется от исходной материнской клетки путем деления. Таким образом, Р. Вирхов обосновал, что клетка — единица размножения. Положение о том, что клетка — единица размножения подтвердил, изучив мейоз, Э. Страсбургер. В 1858 г. академик Карл Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих и доказал, что клетка — единица развития, т. к. многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки — зиготы.

Выдающееся открытие сделал профессор Московского университета И.Д. Чистяков. В 1874 г. он впервые описал митоз у некоторых споровых растений. Профессор Киевского университета С.Г. Навашин в 1889 г. открыл двойное оплодотворение у покрытосеменных растений.

Четвертый этап – современный этап развития клеточной теории. В 1931 г. был создан электронный микроскоп, разрешающая способность которого составляет 0,1 нм (тогда как разрешающая способность светового микроскопа 0,10–0,20 мкм). Использование в исследованиях различных типов микроскопов явилось основной предпосылкой создания современной клеточной теории.

Основные положения современной клеточной теории:

1) клетка — элементарная единица развития, размножения и строения живых организмов; 2) клетки всех живых организмов сходны по химическому составу, строению и функциям и имеют мембранный принцип строения; 3) группы клеток специализированы, выполняют разные функции, и объединены в ткани; 4) основной способ образования клеток — деление исходных (материнских); 5) клетка — элементарная живая система, которая способна к саморегуляции и самообновлению.

Методы цитологических исследований:

- 1. Световая микроскопия исследование структур клетки с помощью светового микроскопа. В световом микроскопе видны оболочка, ядро, цитоплазма, вакуоли общий вид хромосом, плазмолиз (процесс отхождения цитоплазмы от оболочки).
- 2. Электронная микроскопия исследование ультраструктур клетки с помощью электронного микроскопа.
- 3. *Дифференциальное центрифугирование* разделение химических веществ и органелл клетки с помощью прибора центрифуги.
- 4. *Культура клеток* культивирование клеток на питательных средах в стерильных условиях.
- 5. *Цитогистохимический* выявление химических веществ, содержащихся в цитоплазме и места их локализации в клетке с помощью специальных красителей или реактивов.
- 6. *Сканирующая микроскопия* изучение объемных изображений исследуемых микроскопических объектов.
- 7. Биохимический изучение химического состава и протекания биохимических реакций в клетках.
- 8. *Метод рентгеноструктурного анализа* изучение пространственного расположения атомов в структуре органических соединений клетки.

КЛЕТКА – СТРУКТУРНАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЖИЗНИ

Клетки очень разнообразны по форме, что связано с разнообразием выполняемых ими функций. По форе клетки могут быть: веретенообразные, цилиндрические, кубические, призматические, звездчатые, дискообразные, отростчатые и т. д. Размеры их варьируют. Самые мелкие клетки — это клетки крови (малый лимфоцит — несколько микрометров), а самые крупные — яйцеклетки (их размер до 200 мкм). Электонно-микроскопические исследования позволили детально изучить органеллы клетки. В световом микроскопе видны только крупные структуры клетки — оболочка, цитоплазма, ядро.

Цитоплазматическая мембрана. Снаружи клетка животных покрыта *гликокаликсом*, толщиной от 75 до 2000 ангстрем, который служит ее оболочкой. Гликокаликс состоит из углеводных цепей гликолипидов и гликопротеидов. Под ним находится *цитоплазматическая мембрана* (плазмалемма).

Функции мембраны

Цитоплазматическая мембрана (плазмалемма) изолирует цитоплазму и органеллы от внеклеточной среды. Благодаря плазмолемме клетка функционирует как самостоятельная физиологическая единица. Имеет толщину 9–10 нм. Цитоплазматическая мембрана выполняет следующие функции:

- -транспортную (транспорт веществ внутрь и наружу клетки);
- -поглощения растворенных веществ (пиноцитоз) и твердых частиц (фагоцитоз);
 - -защитную, или барьерную (отделяет внутреннее содержимое клетки);
- -рецепторную (восприятие изменений внешней и внутренней среды организма, чужеродных клеток);
 - создания электрического заряда клетки.

Избирательная проницаемость мембраны. Через мембрану клетки легко проходят мономеры, ионы, а транспорт макромолекул (белки, полисахариды, липопротеидные комплексы, нуклеиновые кислоты) происходит иначе — путем захвата мембраной.

Пути поступления веществ в клетку через цитоплазматическую мембрану:

- 1) *пассивная диффузия* поступление молекул воды по градиенту концентрации;
- 2) *облегченная диффузия* транспорт аминокислот, нуклеотидов, гормонов при помощи белков-переносчиков;
- 3) *активный транспорт* гранспорт ионов натрия и калия против градиента концентрации через специальные каналы, встроенные в мембрану, с затратой энергии АТФ;
- 4) эндоцитоз поступление через мембрану внутрь клетки макромолекул и воды.

Различают два вида эндоцитоза — фагоцитоз и пиноцитоз. Захват мембраной твердых частиц — фагоцитоз, а капель жидкости — пиноцитоз. Путем эндоцитоза в цитоплазму клетки поступают РНК, капли жира; при разрушении фолликулярных клеток выделяются высокомолекулярные соединения, представляющие собой питательные вещества, которые путем эндоцитоза поглощаются яйцеклеткой.

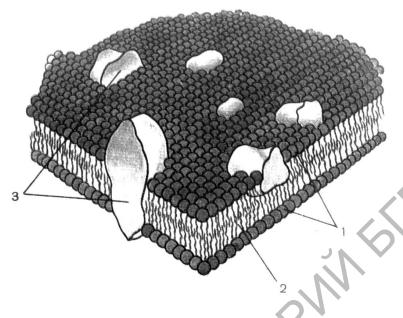
Выделение из клетки секретов и продуктов обмена – экзоцитоз.

Значение транспорта веществ через цитоплазматическую мембрану: он обеспечивает поступление веществ в клетку и выделение из нее продуктов обмена; обеспечивает стабилизацию физико-химических показателей внутренней среды (рН, осмотическое давление); обеспечивает формирование электрических потенциалов, возникновение и распределение возбуждения.

Строение цитоплазматической мембраны (плазмалеммы)

Цитоплазматическая мембрана, как и другие биологические мембраны (мембраны митохондрий, тилакоидов, ЭПС и др.), состоит из двух слоев фосфолипидов. Каждый слой фосфолипидов состоит из гидрофильных головок и цепей жирных кислот. Гидрофильные головки фосфолипидов направлены

кнаружи и внутрь клетки, а гидрофобные хвосты (цепи жирных кислот) обращены друг к другу (рис. 1). В двойной слой фосфолипидов погружены молекулы белков (погруженные белки), которые осуществляют мембранные функции: одни являются ферментами, другие — переносчиками ионов, протонов и т. д., третьи образуют каналы, через которые проходят ионы или молекулы. Различают также периферические белки, которые выполняют рецепторную функцию.

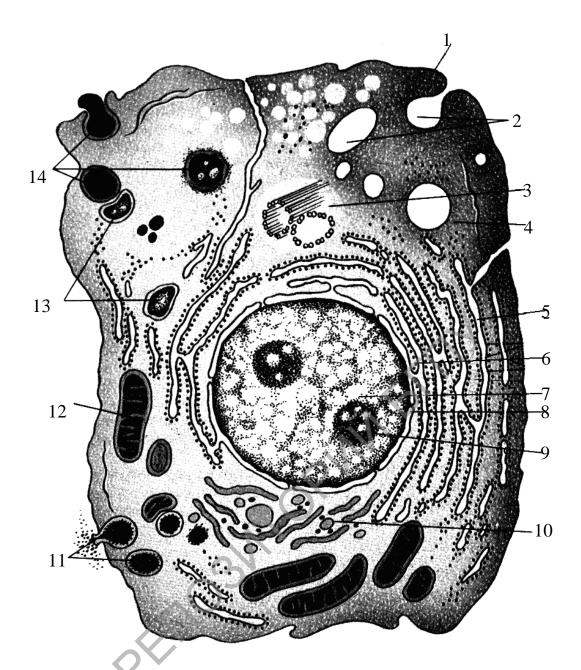


 $Puc.\ 1.$ Строение цитоплазматической мембраны клетки: 1- гидрофильные головки фосфолипидов; 2- гидрофобные хвосты фосфолипидов (цепи жирных кислот); 3- белки.

Следует различать понятия: гиалоплазма и цитоплазма клетки. Гиалоплазма клетки — внутренняя полужидкая среда, коллоидная система клетки, содержащая большое количество воды, органические вещества. Среди органических соединений преобладают аминокислоты, белки, углеводы, ДНК, РНК, нуклеотиды. Она служит средой для протекания реакций в клетке, обеспечивает транспорт веществ внутри клетки и взаимодействие органелл клетки.

Цитоплазма клетки — совокупность всех внутриклеточных элементов (гиалоплазмы и органелл).

Органеллы клетки (рис. 2)



 $Puc.\ 2.$ Схема строения клетки по данным электронной микроскопии: 1- цитоплазматическая мембрана; 2- пиноцитозные пузырьки; 3- клеточный центр; 4- цитоплазма; 5- эндоплазматическая сеть; 6- рибосомы; 7- ядро; 8- поры ядра; 9- ядрышко; 10- комплекс Гольджи; 11- секреторные вакуоли; 12- митохондрия; 13- лизосомы; 14- стадии фагоцитоза

Мембранные органеллы

 $\mathcal{A}\partial po$ — обязательная органелла всех эукариотических клеток, содержащая ДНК. Ядра в клетках растений впервые описал Р. Броун в 1831 г., а в клетках животных — Т. Шванн в 1838 г. Диаметр ядра составляет от 1 мкм (у некоторых протистов) до 1мм (в яйцах рыб и земноводных), но чаще диаметр составляет от 5 до 20 мкм. Различают одноядерные и многоядерные клетки. Большинство

эукариотических клеток имеют одно ядро, чаще сферической, или эллипсовидной формы. Многоядерные клетки — это клетки грибов, протистов. Есть также клетки, которые не содержат ядра (зрелые эритроциты). Снаружи ядро покрыто двойной мембраной толщиной 8 нм (кариолемма). Наружная мембрана шероховатая, т. к. покрыта рибосомами, а внутренняя — гладкая. Внутри содержит: *нуклеоплазму* (матрикс), хроматин, ядрышки, хромосомы.

Нуклеоплазма — основное вещество ядра, содержащее белки, РНК, ДНК, ионы кальция, магния, калия, нуклеотиды и др. В нуклеоплазме также находятся нити хроматина и ядрышки. Таким образом, ядро — органелла эукариотической клетки, особенностью которой является наличие генетического материала.

В интерфазном (неделящемся) ядре содержатся кариоплазма (нуклеоплазма), хроматин, ядрышки.

Строение неделящегося ядра:

- 1) ядерная оболочка;
- 2) матрикс (нуклеоплазма);
- 3) хроматин.

Ядерная оболочка отделяет ядро от нуклеоплазмы и состоит из двух мембран. Наружная мембрана шероховатая, а внутренняя — гладкая. Обе мембраны ядерной оболочки имеют такое же строение, как и цитоплазматическая мембрана клетки. В ядерной оболочке имеется множество пор, через которые осуществляется обмен веществ между ядром и нуклеоплазмой.

Матрикс (нуклеоплазма) – внутреннее содержимое ядра (нуклеоплазма). В нем находятся ядрышки и хромосомы.

Химический состав нуклеоплазмы:

- 1) белки;
- 2) PHK;
- ДНК;
- 4) различные ионы (калия, магния, кальция);
- 5) нуклеотиды.

Хроматин — сеть тонких *нуклеопротеидных нитей*, находящихся в нуклеоплазме. Из них построены хромосомы эукариотических клеток. Хроматин представляет собой соединение молекул ДНК (40 %) с белками (около 60 %) и РНК (1 %). *Гистоны* — белки, обеспечивающие упаковку нитей ДНК, входящей в состав хроматина.

Нуклеопротеиды – сложные комплексы нуклеиновых кислот с белками. Выделяют дезоксирибонуклеопротеиды (ДНП) и рибонуклеопротеиды (РНП). ДНП содержатся в ядрах эукариотических клеток и являются структурной основой, или веществом хромосом. ДНП представлены белками-гистонами, которые связаны с ДНК электростатическими взаимодействиями. Таким образом, ДНК хроматина в эукариотических клетках соединена с белками. Аналогичный химический состав имеют и хромосомы. В РНП содержатся

молекулы РНК и десятки различных белков. Из РНП состоят, например, рибосомы, вирусы.

Химический состав хроматина:

- 1) ДНК 40 %;
- 2) белок 59 %;
- 3) PHK 1%.

Функции ядра:

- 1) генетическая хранение и передача в ряду поколений генетической информации;
 - 2) метаболическая управление сиетезом белка.

Ядрышки — округлые плотные тельца внутри ядра большинства клеток эукариот, диаметром 2 мкм, не имеющие мембран. Состоят из рибонуклеопротеидов (РНП). Диаметр ядрышек 1 мкм или более. Они формируются вокруг определенных участков хромосом, которые называются ядрышковыми организаторами хромосом, где находятся гены, кодирующие рибосомную РНК (р-РНК).

Функция ядрышек: участвуют в образовании рибосом (рибосомы так же, как и ядрышки состоят из белка и р-РНК). Ядрышко состоит из трех зон развития рибосом. Выделяют зону внутриядрышкового хроматина, зону фибрилл РНП (рибонуклеопротеидные нити толщиной 3–5 нм), содержащих молекулы р-РНК и зону прерибосомных гранул (толщиной 25 нм) — предшественников больших и малых субъединиц рибосом, содержащих молекулы р-РНК. Гранулы отделяются от ядрышек, мигрируют в нуклеоплазму, где происходит сборка рибосом. Во время деления клетки ядрышки разрушаются, а после его завершения формируются вновь. Количество ядрышек в ядре — одно, или несколько.

Химических состав ядрышек:

- 1) белок 80 %
- 2) p-PHK 10-15 %
- 3) ДНК 2–10 %

Транспортной системой клетки служат эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи.

Эндоплазматическая сеть, или эндоплазматический ретикулум (ЭПС, ЭПР) состоит из множества трубочек, плоских и округлых цистерн (расширений трубочек), пузырьков (рис. 3), ограниченных одной мембраной. Различают два вида ЭПС: гранулярную (шероховатую) и агранулярную (гладкую). Гранулярная ЭПС покрыта рибосомами, а гладкая — лишена их. На мембранах гранулярной эндоплазматической сети происходит биосинтез белка, что обусловлено наличием на ней рибосом.

Функция гранулярной ЭПС – синтез белков и их транспорт.

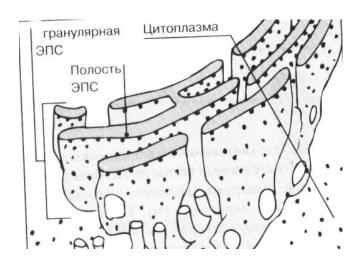


Рис. 3. Схема строения гранулярной ЭПС

Функция гладкой эндоплазматической сети: синтез стероидных гормонов, гликогена, сохранение ионов кальция. Таким образом, эндоплазматическая сеть участвует в синтезе органических веществ и транспортировке этих синтезированных продуктов.

Комплекс Гольджи (КГ) в световом микроскопе выглядит в виде системы канальцев, расположенных вблизи ядра. Эта органелла представляет собой совокупность трубочек, цистерн, мешочков, транспортных пузырьков, ограниченных одной мембраной (рис 4). В них накапливаются, сортируются и упаковываются продукты биосинтеза (гликопротеины, гликолипиды). Продукты биосинтеза переносятся транспортными пузырьками от ЭПР к КГ. Затем транспортные пузырьки сливаются с комплексом Гольджи.

Комплекс Гольджи состоит из нескольких компонентов — *диктиосом*. Каждая диктиосома содержит 4—8 лежащих параллельно лежащих друг на друге уплощенных цистерн. От цистерн, пронизанных порами, отщепляются вакуоли и секреторные пузырьки (лизосомы), содержащие гидролитические ферменты.



Рис. 4. Схема строения Комплекса Гольджи

Лизосомы — одномембранные пузырьки, до 2 мкм (рис. 2) клеток животных и грибов, являющиеся «пищеварительным трактом клетки». Содержат около 50 видов гидролитических ферментов и способны расщеплять белки, углеводы и др.

двумембранного органеллы строения, Митохондрии «энергетическими станциями клетки». *Митохондрия* – овальной формы двумембранная органелла, в диаметре 0,3-0,5 мкм. Наружная ее мембрана гладкая, а внутренняя образует впячивания – кристы (рис. 5). Пространство митохондрии, ограниченное внутренней мембраной, заполнено матриксом. На кристах внутренней мембраны под воздействием специальных ферментов синтезируется аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), обладающая большим При распаде АТФ высвобождается запасом энергии. энергия, клетками растущего организма используется для жизнедеятельности. В митохондриях доказано наличие ДНК, участвующей в передаче наследственной информации.

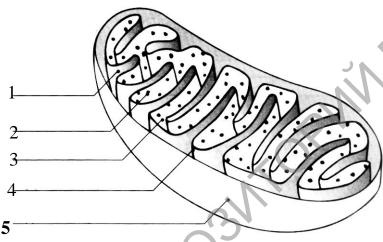


Рис. 5. Схема строения митохондрии

1 – криста; 2 – рибосома; 3 – матрикс; 4 – внутренняя мембрана; 5 – наружная мембрана

Пластиды

Для растительных клеток обязательными органеллами являются пластиды. У водорослей имеется 1 тип пластид – хроматофоры. У высших растений – три типа пластид: *хлоропласты, хромопласты и лейкопласты*. Окраска пластид зависит от пигментов.

Пластиды — органеллы двумембранного строения. Размер хлоропластов колеблется от 3 до 7 мкм. Число их в клетке может быть от 20 до 50. В хлоропластах содержатся пигменты: хлорофилл **a**, хлорофилл **b**, каротиноиды, основная их функция — фотосинтез. Тело хлоропласта пронизано *памеллами* — системой двумембранных пластин. Парные мембраны ламелл образуют замкнутые мешочки — *тилакоиды*, которые собраны в стопки — *граны*, расположенные *в строме* хлоропласта (рис. 6). Отдельные граны связаны между

собой в единую систему с помощью ламелл. Хлорофилл не рассеян диффузно по хлоропласту, а сосредоточен в гранах. Хлоропласты содержат ДНК, РНК и рибосомы; размножаются делением независимо от деления клетки. Хлоропласты могут превращаться в хромопласты.

В хромопластах накапливаются каротиноиды (каротин – оранжевый и ксантофилл – желтый), которые придают желтую, оранжевую и красную окраску лепесткам, плодам, корнеплодам.

Лейкопласты пигментов не содержат, синтезируют крахмал из моно- и дисахаридов. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты.

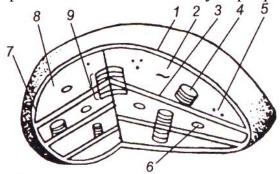


Рис. 6. Схема строения хлоропласта: 1– наружная мембрана; 2– ДНК; 3– ламелла; 4– тилакоид; 5– рибосомы; 6– зерна крахмала; 7– внутренняя мембрана; 8– строма; 9– грана.

Немембранные органеллы

Рибосомы – немембранные органеллы диаметром 15–30 нм, представляющие собой объединение двух неодинаковых по величине субъединиц (рис. 7), состоящие из молекул белков и р-РНК. Рибосомы либо свободно располагаются в цитоплазме, либо прикрепляюся к мембране на внешней стороне шереховатой ЭПС. Являются «сборочными конвейерами белка». В рибосоме есть функциональный центр, состоящий из и-РНК и двух субъединиц рибосом. На рибосомах из аминокислот, содержащихся в цитоплазме клетки, происходит биосинтез белка. Аминокислоты поступают к рибосоме в соответствии с генетическим кодом. Их транспорт осуществляется при помощи транспортных РНК. Производится сборка полипептидных цепей (молекул белка).

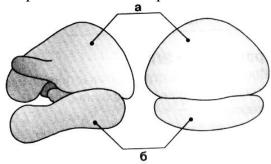


Рис. 7. Схема строения рибосомы (а, б – субъединицы рибосомы)

Клеточный центр участвует в делении клетки, обеспечивает определенную ориентацию и расхождение хромосом. Состоит из двух центриолей и центросферы. Центриоли имеют форму цилиндров (рис. 2), в каждом из которых содержится по 9 триплетов *микротрубочек*, участвующих в формировании веретена деления.

Цитоскелет клетки

Цитоскелет (каркас) — система, состоящая из немембранных органелл: микротрабекул, микротрубочек и микрофиламентов. *Микротрабекулы* представляют собой сеть из тонких фибрилл толщиной 2—3 нм, пересекающих в различных направлениях цитоплазму. Микротрабекулы состоят из белков, образующих друг с другом сложные комплексы. Они выполняют важную функцию: связывают между собой все внутриклеточные компоненты (органеллы клетки, микротрубочки, цитоплазматьическую мембрану).

Микротрубочки содержатся в эукариотических клетках, представляют собой полые неразветвленные цилиндры диаметром до 30 нм. Сборка микротрубочек происходит из молекул глобулярного белка тубулина. Из двух молекул белка тубулина образуется субъединица микротрубочки. Микротрубочки вместе с микротрабекулами образуют структуры цитоскелета и создают внутреннюю опору в клетке, придают ей определенную форму. Они образуют веретено деления и обеспечивают расхождение хромосом (хроматид) к полюсам клетки во время митоза или мейоза. При обработке клеток колхицином микротрубочки разрушаются, и хромосомы не расходятся к полюсам клетки. Микротрубочки также обеспечивают транспорт веществ внутри клетки, экзоцитоз. участвуют в перемещении органелл и подвижных клеток.

Микрофиламенты – тонкие нити, располагающиеся в поверхностном слое цитоплазмы клетки. Микрофиламенты состоят из белка актина, молекулы которого состоят из двух закрученных относительно друг друга спиралей. Микрофиламенты взаимодействуют с микротрубочками поверхностного слоя цитоплазмы, а также с цитоплазматической мембраной и обеспечивают двигательную активность цитоплазмы и транспорт веществ, участвуют в образовании перетяжки при делении клеток животных.

Органоиды движения клеток представлены жгутиками и ресничками. Они содержат по 20 микротрубочек. У основания органоидов движения расположены базальные тельца, образующие микротрубочки.

Тесты

1. Установите соответствие между структурами эукариотических клеток и их характеристиками: а) ядро; б) лизосомы; в) хлоропласты; г) клеточная стенка. 1— имеется у растений, состоит из целлюлозы, поддерживает постоянную форму клетки; 2— имеет двумембранную оболочку с порами, в матриксе располагается хроматин, является местом хранения генетической информации; 3— одномембранные пузырьки, содержащие ферменты; 4—

- имеют двумембранную оболочку, впячивания внутренней мембраны образуют тилакоиды, участвуют в фотосинтезе, запасании крахмала.
- 2. Установите соответствие между структурами эукариотических клеток и их характеристиками: а) рибосомы; б) центриоли; в) митохондрии; г) цитоплазматическая мембрана.
 - 1— место синтеза АТФ, обеспечивают протекание кислородного этапа аэробного дыхания; 2— место синтеза белков; 3— в интерфазной клетке располагаются перпендикулярно друг другу, участвуют в формировании веретена деления; 4— обеспечивает эндоцитоз.
- 3. Установите соответствие между структурами эукариотических клеток и а) вакуоль; б) пластиды; в) агранулярный характеристиками: эндоплазматический ретикулум; г) ядрышко. 1- одномембранные пузырьки, мембраной – тонопластом, ограниченные заполненные водой 2питательными веществами; состоит из системы в которых осуществляется синтез липидов, мембранных каналов, полисахаридов; 3- имеют двумембранное строение, впячивания внутренней мембраны (тилакоиды) содержат хлорофилл; 4- участвуют в синтезе субъединиц рибосом.
- субъединиц рибосом.
 4. Установите соответствие между структурами эукариотических клеток и их характеристиками: а) комплекс Гольджи; б) эндоплазматический ретикулум; в) плазмалемма. 1— синтез и накопление гликопротеинов и гликолипидов, образование секреторных пузырьков; 2— обеспечивает транспорт веществ в разные участки клетки; 3— может транспортировать вещества в клетку путем эндоцитоза, состоит из двойного слоя липидов и погруженных в него белков.

Прокариотические и эукариотические клетки

По наличию или отсутствию в клетках оформленного ядра все организмы делят соответственно на две группы: эукариоты — ядерные организмы и прокариоты — безъядерные организмы.

Прокариоты — организмы, клетки которых не имеют ограниченного мембраной ядра (бактерии, цианобактерии), аналогом которого являются структуры, состоящие из ДНК, белков и РНК.

Эукариоты — организмы, клетки которых содержат оформленные ядра, ДНК линейного строения, связанную с гистоновыми белками. К эукариотам относятся: животные, грибы и грибоподобные организмы, высшие растения, водоросли.

Основные отличия эукариотической клетки заключаются в следующем (таблица 1):

- 1) обособление ДНК от цитоплазмы, благодаря наличию оформленного ядра;
- 2) наличие сложных дезоксирибонуклеопротеидных структур хромосом.

Таблица 1. Отличительные признаки эукариотических и прокариотических клеток

Структура	Эукариотическая	Прокариотическая
	клетка	клетка
Клеточная стенка	Отсутствует у	Имеется, состоит из
	животных, имеется у	муреина
	растений	
Плазмалемма	Имеется	Имеется
Ядро	Имеется ядро,	Есть нуклеоид, не
	обособленное от	оособленный от
	цитоплазмы двумя	цитоплазмы
	мембранами	
Хромосомы	Палочковидные по	Кольцевые, состоят
	форме, состоят из	из ДНК
	ДНК, белка, РНК	

Общие признаки растительной и животной клеток:

единый химический состав; единство структур цитоплазмы и ядра; сходство процессов обмена веществ; единый генетический код; аналогичное строение мембран; сходство процесса деления клеток.

Отличительные признаки растительной и животной клеток показаны в таблице 2 и на рис. 8.

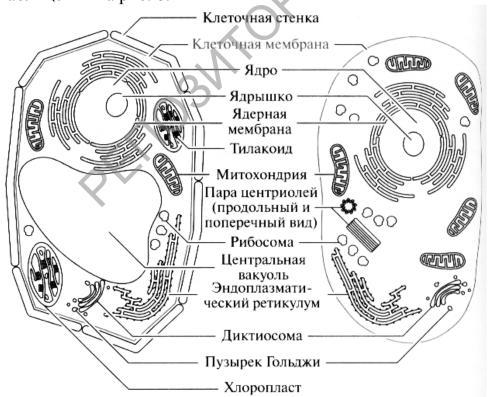


Рис. 8. Строение растительной и животной клеток в сравнении

Таблица 2. – Отличительные признаки растительной и животной клеток

Показатели для	Растительная клетка	Животная клетка
сравнения		
Пластиды	Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты	Отсутствуют
Способ питания	Автотрофный (фотоавтотрофный, хемоавтотрофный)	Гетеротрофный (сапрофитный, паразитический)
Синтез АТФ	В хлоропластах и митохондриях	В митохондриях
Центриоли	Только у некоторых мхов и папоротников, низших растений	Присутствуют во всех клетках
Клеточная стенка	Состоит из целлюлозы (целлюлозная оболочка клетки), расположенная снаружи от цитоплазматической мембраны клетки	Клеточной стенки нет, имеется гликокаликс — полисахаридный слой, выполняющий следующие функции: защитную, обмена липидов и углеводов
Вакуоли	Есть крупные вакуоли, заполненные клеточным соком, они регулируют внутреннее давление в растительных клетках. В клеточном соке содержатся запасные вещества, продукты обмена веществ	Есть мелкие сократительные, пищеварительные, выделительные вакуоли
Особенности деления клетки при митозе	Перетяжка не образуется, во внутренней части материнской клетки	В экваториальной части клетки образуется перетяжка, благодаря которой отделяются сестринские клетки друг от друга
Резервный питательный углевод	Крахмал	Гликоген

Химический состав клетки

В химический состав клетки входят:

1) химические элементы (макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы); 2) химические вещества (неорганические и органические вещества).

Химические элементы клетки

Макроэлементы, содержание их в клетке составляет до 10^{-3} %. Их процентное соотношение в клетке следующее: кислород -62-75 %; углерод -18-20 %; водород -10 %, азот -3 %; кальций -2-2.5 %; сера -0.25-0.5 %; фосфор -

0,5—1 %; калий — 0, 25 %; натрий —0,1 %; хлор — 0,1—0,2 %; магний — 0,07 %. На их долю приходится около 99 % массы клетки.

Mикроэлементы, их содержание в клетке составляет от 10^{-6} до 10^{-3} %. К микроэлементам относятся марганец, медь, цинк, йод, железо, кобальт, молибден, селен, бром, бор и др. На их долю приходится менее 1,0 % массы клетки.

Ультрамикроэлементы, содержание их в клетке составляет до 10^{-6} . К ним относятся уран, золото, серебро, ртуть, цезий, бериллий и др. На их долю приходится менее 0.01 % массы клетки.

Химические вещества клетки

Неорганические соединения — минеральные соли и вода. Минеральные соли находятся в виде ионов в водном растворе клетки. Количество ионов составляет примерно 1,5 % (катионы — Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} и др.; анионы — HCO_3^- , Cl^- , CO_3^{2-} , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2-} , PO_4^{-3-} и др.).

Содержание воды в клетке – 70–80 %. Функции воды в клетке: 1) служит для диссоциации солей, кислот, оснований; 2) растворитель веществ; 3) среда для протекания химических реакций; 4) транспортная; 5) обеспечивает тургорное и осмотическое давление (*тургорное давление* – давление раствора изнутри на оболочку клетки, *осмотическое давление* – давление раствора снаружи на оболочку клетки); 6) участвует в терморегуляции; 7) играет важную роль в процессах фотосинтеза.

Катионы минеральных солей создают мембранный потенциал клетки, обеспечивают возбудимость клеточных мембран. При этом возникает нервный импульс, который передается от одной клетки к другой клетке. —Анионы участвуют в создании буферных систем в клетке. Буферность — способность анионов клетки поддерживать в ней слабощелочную реакцию

(pH 7,2). Слабощелочную реакцию в клетке обеспечивают анионы CO_3^{2-} , HCO_3^{-} . В межклеточной среде — реакция слабокислая (pH 6,9). Слабокислую реакцию обеспечивают в ней анионы HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^{-}$, PO_4^{3-}

Органические вещества

Органические вещества клетки — углеродсодержащие *биополимеры* — химические соединения, состоящие из большого числа повторяющихся мономеров. Основой их является углеродная цепочка. К биополимерам относятся белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты. *Мономеры* — вещества, молекулы которых состоят из одного звена и могут вступать в реакции

полимеризации. Мономерами белков являются аминокислоты, липидов – глицерин и жирные кислоты, полисахаридов – моносахариды.

Белки

Белки составляют 18–20 % на сырую массу клетки. Это высокомолекулярные соединения, имеющие молекулярную массу от 6000 до 1000000. В состав белков входят 20 незаменимых аминокислот, которые служат их мономерами: лизин, глицин, валин, лейцин, изолейцин, триптофан, фенилаланин, гистидин, цистеин, аланин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, серин, метионин, глутамин, глутаминовая кислота, тирозин, пролин, треонин, Они являются белокобразующими аминокислотами. Белки всех организмов построены из одних и тех же аминокислот.

Всего же в природе насчитывают, примерно, 200 аминокислот.

Строение аминокислоты: 1) неизменяемые части аминокислоты: аминогруппа NH₂, обладающая свойствами оснований и карбоксильная группа – СООН, обладающая свойствами кислот; 2) изменяемая часть аминокислоты – углеводородный радикал (R).

Строение аминокислоты:

R (углеводородный радикал)

Между аминогруппой одной и карбоксильной группой другой аминокислоты образуется прочная ковалентная (пептидная) связь. *Пептидная связь* в молекуле белка образуется между углеродом карбоксильной группы (СООН) одной аминокислоты и азотом амино-группы (NH₂) другой аминокислоты (–СО–NH–). Таким образом, аминокислоты в молекуле белка соединены друг с другом при помощи пептидных связей. Соединения, состоящие из двух аминокислотных остатков, называются *дипептидами*, из трех – *трипептидами*.

Уровни структурной организации белка: 1) первичная (линейная); 2) вторичная (спиральная); 3) третичная (глобулярная); 4) четвертичная (рис. 9).

Первичная структура — линейная последовательность аминокислот, которая закодирована в ДНК. В полипептидной цепи аминокислоты связаны между собой пептидными связями. Все белки изначально имеют первичную структуру.

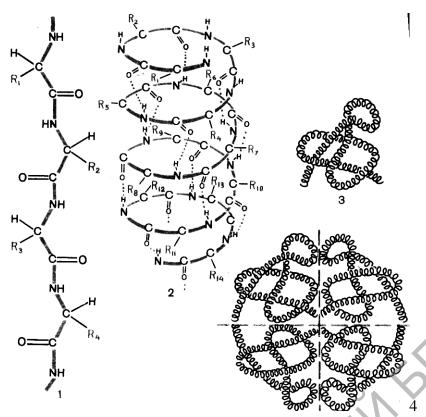


Рис. 9. Уровни структурной организации белка: 1 — первичная структура (аминокислотная последовательность в молекуле белка); 2 — вторичная структура (полипептидная цепь закручена в виде спитали); 3 — третичная структура белка; 4 — четвертичная структкра (соединены несколько полипептидных цепей).

Вторичная (спиральная) структура — полипептидная цепь, закрученная в виде спирали (укладывание линейной структуры в спираль). Вторичная структура формируется при помощи водородных связей. Водородные связи образуются между NH группами, находящимися на одном витке, и СО-группами, находящимися на соседнем витке спирали. Такую структуру имеют фибриноген, миозин, актин, кератин и др. Вторичная структура белка встречается в виде альфа-спирали или бета-слоев (рис. 10). Чаще всего полипептидная цепь закручивается в спираль. Полипептидная спираль, прошитая водородными связями, представляет собой прочную структуру.

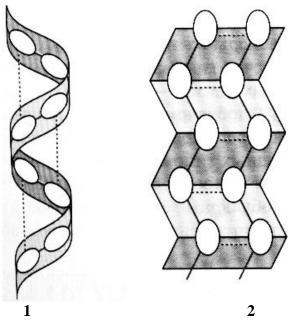


Рис. 10. Вторичная структура белка 1– альфа-структура; 2– бета-слои.

Третичная (глобулярная) структура – трехмерное образование (глобула). Третичная структура формируется вследствие укладывания спирали в трехмерное образование – глобулу. Третичную структуру поддерживают более слабые, чем водородные, гидрофобные связи, возникающие между радикалами гидрофобных аминокислот. Кроме того, эта структура поддерживается ковалентными дисульфидными (S–S) связями. Третичную структуру имеют альбумины, глобулины, миоглобин, тубулин.

Четвертичная структура — объедиение нескольких полипептидных цепей, глобул, в одну молекулу белка. Например, белок гемоглобин представляет собой объединение 4 глобул (белковая часть) и гема, содержащего железо (небелковая часть) в одну молекулу белка. Четвертичную структуру поддерживают гидрофобные, ионные и водородные связи.

Первичная структура белка определяется генотипом. Вторичная, третичная и четвертичная структуры построены на основе первичной структуры. Денатурация — нарушение природной структуры белковой молекулы. Ренатурация — процесс восстановления белковой молекулой своей структуры. Ренатурация протекает сложно и очень редко.

Функции белков

- 1) Структурная. Белки входят в состав мембран клеток и органелл, мышц (актин, миозин), костей (оссеин, коллаген), волос и ногтей (кератин), хрящей, сухожилий (коллаген и эластин).
- 2) Транспортная. Белки-переносчики транспортируют вещества через мембрану клетки. Белок гемоглобин транспортирует кислород и

углекислый газ, сывороточный альбумин осуществляет транспорт жирных кислот.

- 3) Каталитическая (ферментативная). Ферменты являются специфическими белками, в состав которых входит активный центр (участок молекулы, соответствующий по геометрической конфигурации молекуле субстрата, например, сахарозе). Благодаря активному центру, каждый фермент катализирует только один тип реакций.
- 4) Защитная. Эту функцию выполняют антитела, которые обеспечивают иммунную защиту организма. Фибриноген и фибрин защищают организм от кровопотерь. Иммуноглобулины и интерферон белки, обладающие защитной функцией.
- 5) Энергетическая. Белки являются источником энергии (при распаде 1 г белка образуется 17,7 кДж энергии).
- 6) Сократительная (двигательная). Белки актин и миозин обусловливают сокращение скелетных мышц.
- 7) Регуляторная. Гормоны имеют белковую природу, регулируют рост, обмен веществ, умственное и физическое развитие организма.
- (сигнальная). Белковые Рецепторная молекулы способны воздействие различных факторов среды. Примеры: реагировать на светочувствительный фитохром регулирующий белок, фотопериодическую реакцию в растениях, способен реагировать на изменение условий среды; периферические белки цитоплазматических мембран клеток проявляют реакцию на воздействие различных факторов среды.

Углеводы

Углеводы — органические соединения с общей формулой $C_n(H_2O)_m$ (m, n > 3), составляют 1–2% на сырую массу клетки.

Углеводы подразделяются на моносахариды олигосахариды и полисахариды.

Mоносахариды — рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза. Они состоят из одного звена (цикла). Среди них различают триозы — с тремя углеродными атомами, пентозы — с пятью углеродными атомами, гексозы — с шестью углеродными атомами. Соответственно: C_3 (глицериновый альдегид), C_5 (рибоза, дезоксирибоза) и C_6 .(глюкоза, фруктоза, галактоза).

Олигосахариды содержат обычно от 2 до 10 моносахаридных остатков, связанных гликозидными связями. Олигосахариды, состоящие из двух моносахаридных звеньев, называются дисахариды (мальтоза, лактоза, сахароза и др.). Мальтоза — дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы, является основным структурным элементом крахмала. Лактоза — молочный сахар, образованный моносахаридными остатками галактозы и глюкозы. Присутствует в

молоке всех млекопитающих. Сахароза — свекловичный сахар, состоящий из остатков глюкозы и фруктозы.

Полисахариды состоят из большого количества звеньев (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин). *Крахмал* – запасной углевод растений.

 Γ ликоген — полисахарид, синтезируемый клетками печени, является резервным полисахаридом у человека, животных и грибов. *Целлюлоза* — полисахарид растений, имеющий линейную структуру, образованный остатками β - гюкозы. Целлюлоза входит в состав клеточных стенок растений.

Хитин – наружный покров членистоногих, он также образует клеточные стенки у грибов.

Моно- и дисахариды растворяются в воде, сладкие на вкус. Молекулы полисахаридов имеют линейную или разветвленную структуру из мономерных звеньев. Они не растворимы в воде и несладкие на вкус.

Между отдельными циклами у ди- и полисахаридов образуются гликозидные связи C-O-C.

Функции углеводов:

- 1) энергетическая углеводы являются основным источником энергии (при распаде 1 г глюкозы выделяется 17,8 кДж энергии);
- 2) структурная углеводы входят в состав ДНК, РНК, АТФ, гликокаликса, клеточных стенок растений и грибов.
- 3) запасающая углеводы откладываются в клетках животных в виде гликогена, а в клетках растений в виде крахмала.

Липиды

Липиды — сложные эфиры жирных кислот и глицерина (3-х атомного спирта), составляют 5% на сырую массу клетки. Нерастворимы в воде, но растворимы в органических растворителях. Состоят из атомов водорода, кислорода и углерода.

Виды липидов: жидкие — масла; твердые — жиры (триглицериды, построенные на основе глицерола и высших карбоновых кислот); фосфолипиды (содержат фосфор, входят в состав цитоплазматических мембран клеток), стероиды (построены на основе спирта холестерола, входят в состав половых гомонов); воска (построены на основе одноатомного спирта и высших карбоновых кислот), терпены (ростовые вещества растений — камфара, ментол).

Функции липидов:

- 1) запасающая жиры откладываются в жировой ткани животных, в семенах растений и являются запасным источником энергии;
- 2) энергетическая жиры являются источником энергии (при распаде 1 г образуется 38,9 кДж энергии);

- 3) строительная входят в состав биологических мембран клеток (фосфолипиды); гормоны надпочечников (кортизон) и половые гормоны (тестостерон, прогестерон) содержат липиды;
- 4) теплоизоляционная подкожный жир поддерживает тепло;
- 5) защитная подкожный жировой слой защищает организм от механических повреждений; воска покрывают кожу, шерсть, перья и предохраняют их от воды; восковой налет, покрывающий листья многих растений, предохраняет их от испарения воды;
- 6) источник воды при окислении жиров выделяется вода.

Нуклеиновые кислоты. Репликация ДНК. Реакции матричного синтеза

Нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) были открыты в 1868 году швейцарским биохимиком И.Ф. Мишером. Нуклеиновые кислоты — линейные биополимеры, состоящие из мономеров — нуклеотидов.

ДНК – структура и функции

Химическую структуру ДНК расшифровали в 1953 г. американский биохимик Дж. Уотсон и английский физик Ф. Крик.

Общая структура ДНК. Молекула ДНК состоит из 2 цепей, которые закручены в спираль (рис. 11) одна вокруг другой и вокруг общей оси. Молекулы ДНК могут содержать от 200 до $2x10^{-8}$ пар нуклеотидов. Вдоль спирали молекулы ДНК соседние нуклеотиды располагаются на расстоянии 0,34 нм друг от друга. Полный оборот спирали включает 10 пар нуклеотидов. Его длина составляет 3,4 нм.

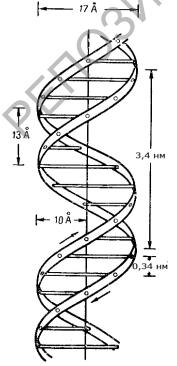


Рис. 11. Схема строения ДНК (двойная спираль)

Полимерность молекулы ДНК. Молекула ДНК – биоплоимер состоит из сложных соединений – нуклеотидов.

Строение нуклеотида ДНК. Нуклеотид ДНК состоит из 3 звеньев: одно из азотистых оснований (аденин, гуанин, цитозин, тимин); дезокисирибоза (моносахарид); остаток фосфорной кислоты (рис. 12).

Различают 2 группы азотистых оснований:

- 1) пуриновые аденин (A), гуанин (Γ), содержащие два бензольных кольца;
- 2) пиримидиновые тимин (Т), цитозин (Ц), содержащие одно бензольное кольцо.

В состав ДНК входят следующие виды нуклеотидов: адениновый (A); гуаниновый (T); цитозиновый (U); тиминовый (T). Названия нуклеотидов соответствуют названиям азотистых оснований, входящих в их состав: адениновый нуклеотид азотистое основание аденин; гуаниновый нуклеотид азотистое основание гуанин; цитозиновый нуклеотид азотистое основание цитозин; тиминовый нуклеотид азотистое основание тимин.

Соединение двух цепей ДНК в одну молекулу

Нуклеотиды A, Γ , Ц и T одной цепи соединены соответственно с нуклеотидами T, Ц, Γ и A другой цепи *водородными связями*. Между A и T формируется две водородные связи, а между Γ и Ц – три водородные связи (A=T, Γ =Ц).

Пары оснований (нуклеотидов) A-T и $\Gamma-U$ называют комплементарными, т. е. взаимно соответствующими. Комплементарность — это химическое и морфологическое соответствие нуклеотидов друг другу в парных цепочках ДНК.

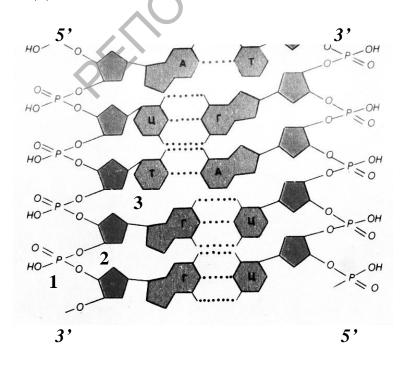


Рис. 12 Участок двойной спирали ДНК. Строение нуклеотида (1– остаток фосфорной кислоты; 2– дезоксирибоза; 3– азотистое основание). Соединение нуклеотидов с помощью водородных связей.

Цепи в молекуле ДНК *антипараллельны*, т. е. направлены в противоположные стороны, так что 3'- конец одной цепи располагается напротив 5'- конца другой цепи. Генетическая информация в ДНК записана в направлении от 5' конца к 3' концу. Эта нить называется смысловой ДНК,

поскольку здесь расположены гены. Вторая нить — 3'-5' служит эталоном хранения генетической информации.

Соотношение между числом разных оснований в ДНК установлено Э. Чаргаффом в 1949 г. Чаргафф выявил, что у ДНК различных видов количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина – количеству цитозина.

Правило Э. Чаргаффа:

- 1) в молекуле ДНК количество A (адениновых) нуклеотидов всегда равно количеству T (тиминовых) нуклеотидов или отношение \sum A к \sum T=1. Сумма Γ (гуаниновых) нуклеотидов равна сумме Ц (цитозиновых) нуклеотидов или отношение \sum Γ к \sum Ц=1;
- 2) сумма пуриновых оснований $(A+\Gamma)$ равна сумме пиримидиновых оснований $(T+\Pi)$ или отношение $\sum (A+\Gamma)$ к $\sum (T+\Pi)=1$;

Способ синтеза ДНК – репликация. Репликация – это процесс самоудвоения молекулы ДНК, осуществляемый в ядре под контролем ферментов. Самоудовоение молекулы ДНК происходит на основе комплементарности строгого соответствия нуклеотидов друг другу в парных цепочках ДНК. В начале процесса репликации молекула ДНК раскручивается (деспирализуется) на определенном участке (рис. 13), при этом освобождаются водородные связи. На каждой из цепей, образовавшихся после разрыва водородных связей, при участии фермента ДНК-полимиразы, синтезируется дочерняя цепь ДНК. Материалом для синтеза служат свободные нуклеотиды, содержащиеся в цитоплазме клеток. Эти нуклеотиды выстраиваются комплементарно нуклеотидам двух материнских Фермент ДНК-полимераза присоединяет ДНК. комплементарные цепей нуклеотиды к матричной цепи ДНК. Например, к нуклеотиду А матричной цепи полимераза присоединяет нуклеотид Т и, соответственно, к нуклеотиду Г нуклеотид Ц (рис. 14). Сшивание комплементарных нуклеотидов происходит с помощью фермента ДНК-лигазы. Так путем самоудвоения синтезируются две дочерние цепи ДНК.

Образовавшиеся две молекулы ДНК из одной молекулы ДНК представляют собой *полуконсервативную модель*, поскольку состоят из старой материнской и новой дочерней цепей и являются точной копией материнской молекулы (рис. 14). Биологический смысл репликации заключается в точной передаче наследственной информации от материнской молекулы к дочерней.

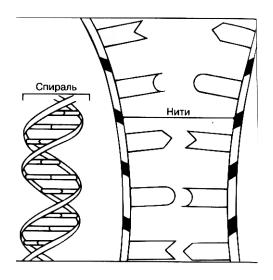


Рис. 13. Деспирализация молекулы ДНК с помощью фермента

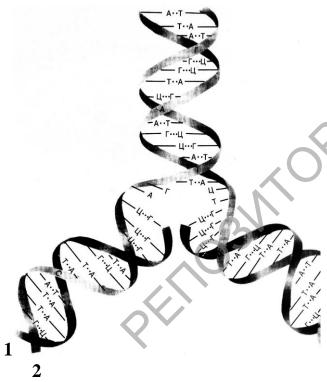


Рис. 14. Репликация – образование двух молекул ДНК из одной молекулы ДНК: 1 – дочерняя молекула ДНК; 2 – материнская (родительская) молекула ДНК.

Фермент ДНК-полимераза может двигаться вдоль цепи ДНК только в направлении 3' -> 5'. Поскольку комплементарные цепи в молекуле ДНК направлены в противоположные стороны, и фермент ДНК-полимераза может двигаться вдоль цепи ДНК только в направлении 3'->5', то и синтез новых цепей идет антипараллельно (*по принципу антипараллельности*).

Место локализации ДНК. ДНК содержится в ядре клетки, в матриксе митохондрий и хлоропластов.

Количество ДНК в клетке постоянно и составляет $6,6x10^{-12}$ г. Функции ДНК:

- 1) Хранение и передача в ряду поколений генетической информации молекулам и РНК;
- 2) Структурная. ДНК является структурной основой хромосом (хромосома на 40% состоит из ДНК).

Bидоспецифичность ДНК. Нуклеотидный состав ДНК служит критерием вида.

РНК, строение и функции.

Общая структура.

РНК — линейный биополимер, состоящий из одной полинуклеотидной цепи. Различают первичную и вторичную структуры РНК. Первичная структура РНК представляет собой одноцепочечную молекулу, а вторичная структура имеет форму креста и характерна для т- РНК.

Полимерность молекулы РНК. Молекула РНК может включать от 70 нуклеотидов до 30 000 нуклеотидов. Нуклеотиды, входящие в состав РНК, следующие: адениловый (А), гуаниловый (Г), цитидиловый (Ц), урациловый (У). В составе РНК тиминовый нуклеотид замещен на урациловый (У).

Строение нуклеотида РНК.

Нуклеотид РНК включает 3 звена:

- 1) азотистое основание (аденин, гуанин, цитозин, урацил);
- 2) моносахарид рибоза (в рибозе присутствует кислород при каждом атоме углерода);
 - 3) остаток фосфорной кислоты.

Способ синтеза РНК – транскрипция. Транскрипция, как и репликация, – реакция матричного синтеза. Матрицей является молекула ДНК. Реакция протекает по принципу комплементарности на одной из цепей ДНК (рис. 15). Процесс транскрипции начинается с деспирализации молекулы ДНК на определенном участке. На транскрибируемой цепи ДНК имеется промотор – группа нуклеотидов ДНК, с которой начинается синтез молекулы РНК. К промотору присоединяется фермент РНК-полимераза. Фермент активизирует процесс транскрипции. По принципу комплементарности достраиваются нуклеотиды, поступающие из цитоплазмы клетки к транскрибируемой цепи ДНК. РНК-полимераза активизирует выстраивание нуклеотидов в одну цепь и формирование молекулы РНК.

В процессе транскрипции выделяют четыре стадии: 1) связывание РНК-полимеразы с промотором; 2) начало синтеза (инициация); 3) элонгация – рост цепи РНК, т. е. происходит последовательное присоединение нуклеотидов друг к другу; 4) терминация – завершение синтеза и-РНК.

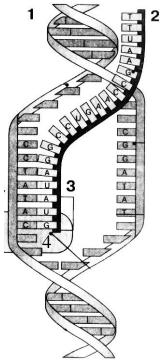


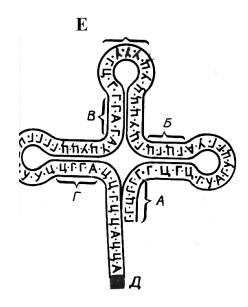
Рис. 15. Схема транскрипции

1 – молекула ДНК (двойная цепочка); 2 – молекула РНК; 3-кодоны; 4-промотор.

В 1972 г. американские ученые – вирусолог Х.М. Темин и молекулярный биолог Д. Балтимор на вирусах в опухолевых клетках открыли обратную транскрипцию. *Обратная транскрипция* — переписывание генетической информации с РНК на ДНК. Процесс протекает с помощью фермента *обратной транскриптазы*.

Виды РНК по функции

- 1. Информационная, или матричная РНК (и-РНК, или м-РНК) переносит генетическую информацию с молекулы ДНК к месту синтеза белка в рибосому. Синтезируется в ядре при участии фермента РНК-полимеразы. Она составляет 5% от всех видов РНК клетки. и- РНК включает от 300 нуклеотидов до 30 000 нуклеотидов (самая длинная цепь среди РНК).
- 2. Транспортная РНК (т-РНК) транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка,— в рибосому. Имеет форму креста (рис. 16) и состоит из 70 85 нуклеотидов. Ее количество в клетке составляет 10-15 % РНК клетки.



Puc.~16. Схема строения т-РНК: A– Γ – пары нуклеотидов, соединенные с помощью водородных связей; \mathcal{A} – место прикрепления аминокислоты (акцепторный участок); E – антикодон.

3. Рибосомная РНК (p-PHK) синтезируется в ядрышке и входит в состав рибосом. Включает примерно 3000 нуклеотидов. Составляет 85% РНК клетки. Этот вид РНК содержатся в ядре, в рибосомах, на эндоплазматической сети, в хромосомах, в матриксе митохондрий, а также в пластидах.

Основы цитологии. Решение типовых задач

Задача 1

Сколько тиминовых и адениновых нуклеотидов содержится в ДНК, если в ней обнаружено 50 цитозиновых нуклеотидов, что составляет 10% от всех нуклеотидов.

Решение. По правилу комплементарности в двойной цепи ДНК цитозин всегда комплемпентарен гуанину. 50 цитозиновых нуклеотидов составляют 10%, следовательно, согласно правилу Чаргаффа, 50 гуаниновых нуклеотидов также составляют 10%, или (если $\Sigma \Pi = 10\%$, то и $\Sigma \Gamma = 10\%$).

Сумма пары нуклеотидов Ц + Г равна 20%

Сумма пары нуклеотидов Т + A = 100% - 20% (Ц + Γ) = 80%

Для того, чтобы узнать, сколько тиминовых и адениновых нуклеотидов содержится в ДНК, нужно составить следующую пропорцию:

50 цитозиновых нуклеотидов \rightarrow 10 %

$$X (T + A) \rightarrow 80 \%$$

X = 50x80:10=400 штук

Согласно правилу Чаргаффа $\Sigma A = \Sigma T$, следовательно $\Sigma A = 200$ и $\Sigma T = 200$.

Ответ: количество тиминовых, как и адениновых нуклеотидов в ДНК, равно 200.

Задача 2

Тиминовые нуклеотиды в ДНК составляют 18% от общего количества нуклеотидов. Определите процент остальных видов нуклеотидов, содержащихся в ДНК.

Решение. $\Sigma T=18\%$. Согласно правилу Чаргаффа $\Sigma T=\Sigma A$, следовательно на долю адениновых нуклеотидов также приходится 18 % ($\Sigma A=18\%$).

Сумма пары нуклеотидов T+A равна 36 % (18 % + 18 % = 36 %). На пару нуклеотидов Ги Ц приходится: Γ +Ц=100 % –36 %=64 %. Поскольку гуанин всегда комплементарен цитозину, то их содержание в ДНК будет равным,

т. е. $\sum \Gamma = \sum \coprod = 32\%$.

Ответ: содержание гуанина, как и цитозина, составляет 32 %.

Задача 3

20 цитозиновых нуклеотидов ДНК составляют 10% от общего количества нуклеотидов. Сколько адениновых нуклеотидов содержится в молекуле ДНК?

Решение. В двойной цепочке ДНК количество цитозина равно количеству гуанина, следовательно, их сумма составляет: $II+\Gamma=40$ нуклеотидов. Находим общее количество нуклеотидов:

20 цитозиновых нуклеотидов \rightarrow 10 %

Х (общее количество нуклеотидов) \rightarrow 100 %

X=20x100:10=200 штук

A+T=200-40=160 штук

Так как аденин комплементарен тимину, то их содержание будет равным, т. е. 160 штук : 2=80 штук, или $\Sigma A=\Sigma T=80$.

Ответ: в молекуле ДНК содержится 80 адениновых нуклеотидов.

Задача 4

Допишите нуклеотиды правой цепи ДНК, если известны нуклеотиды ее левой цепи: $A\Gamma A - \Gamma AT - \Gamma T\Gamma$

Решение. Построение правой цепи ДНК по заданной левой цепи производится по принципу комплементарности — строгого соответствия нуклеотидов друг другу: аденонивый — тиминовый (A–T), гуаниновый — цитозиновый (Γ –Ц). Поэтому нуклеотиды правой цепи ДНК должны быть следующие: Γ ЦТ — Γ

Ответ: нуклеотиды правой цепи ДНК: ТЦТ – АТА – ЦАЦ – АГА.

Задача 5

Запишите транскрипцию, если транскрибируемая цепочка ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов: АГА – ТАТ – ТГТ – ТЦТ.

Решение. Молекула и-РНК синтезируется по принципу комплеиентарности на одной из цепей молекулы ДНК. Нам известен порядок нуклеотидов в транскрибируемой цепи ДНК. Следовательно, надо построить комплементарную цепь и-РНК. Следует помнить, что вместо тимина в молекулу РНК входит урацил. Следовательно:

Цепь ДНК: АГА – ТАТ – ТГТ – ТЦТ Цепь и-РНК: УЦУ – АУА –АЦА –АГА.

Ответ: последовательность нуклеотидов и-РНК следующая: УЦУ – АУА – АЦА – АГА.

Задача 6

Запишите обратную транскрипцию, т. е. постройте фрагмент двухцепочечной молекулы ДНК по предложенному фрагменту и-РНК, если цепочка и- РНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

$$\Gamma \coprod \Gamma - A \coprod A - Y Y Y - Y \coprod \Gamma - \coprod \Gamma Y - A \Gamma Y - A \Gamma A$$

Решение. Обратная транскрипция — это синтез молекулы ДНК на основе генетического кода и-РНК. Кодирующая молекулу ДНК и-РНК имеет следующий порядок нуклеотидов: ГЦГ — АЦА — УУУ — УЦГ — ЦГУ — АГУ — АГА. Комплементарная ей цепочка ДНК: ЦГЦ — ТГТ — ААА — АГЦ — ГЦА — ТЦА — ТЦТ. Вторая цепочка ДНК: ГЦГ—АЦА—ТТТ—ТЦГ—ЦГТ—АГТ—АГА.

Ответ: в результате обратной транскрипции синтезированы две цепочки молекулы ДНК: ЦГЦ – ТГТ – ААА – АГЦ – ГЦА – ГЦА и ГЦГ–АЦА–ТТТ–ТЦГ– ЦГТ–АГА.

Задача 7. Рассчитайте соотношение (A+T): (Г+Ц) участка молекулы ДНК, на котором синтезирована и-РНК, имеющая последовательность нуклеотидов: УУУ–УУГ–ГУА– ГУГ– ЦУУ–АУЦ

левая цепь ДНК ААА-ААЦ-ЦАТ-ЦАЦ- ГАА-ТАГ правая цепь ДНК ТТТ- ТТГ- ГТА- ГТГ- ЦТТ- АТЦ

Решение. Надо подсчитать сумму A+T и Γ +Ц и найти их соотношение. (A+T) : (Γ + Ц)=(10+2): (4+2)=12:6=2:1.

Ответ: соотношение (А+Т): (Г+ Ц) участка молекулы ДНК равно 2:1.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)

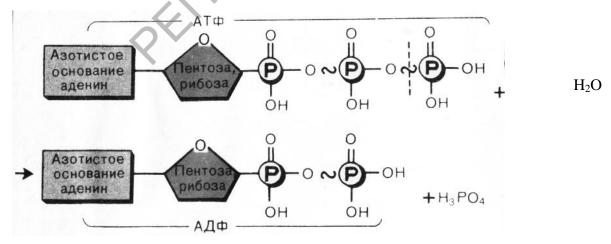


Рис. 17. Схема строения АТФ и превращение АТФ в АДФ.

АТФ по химическому строению — мононуклеотид, который содержит аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты (рис. 17). АТФ играет важную роль в обмене веществ и энергии, т. к. отщепление остатков фосфорной кислоты сопровождается выделением энергии, необходимой для всех функций клетки. Связь между остатками фосфорной кислоты в молекулах АТФ называется макроэргической, т. к. при ее разрыве выделяется в несколько раз больше энергии, чем при разрыве других химических связей (40 кДж). Больше всего АТФ содержится в мышцах и расходуется на их сокращения. АТФ образуется и содержится в пластидах и митохондриях клеток. В пластидах она образуется при фотосинтезе, а в митохондриях — при расщеплении глюкозы с помощью специальных ферментов.

 $AT\Phi + H_2O \rightarrow AД\Phi + H_3PO_4 + 40кДж$

При взаимодействии $AT\Phi$ с водой отщепляется один остаток фосфорной кислоты и разрывается одна макроэргическая связь. В результате образуются аденозин дифосфорная кислота ($AД\Phi$), молекула фосфорной кислоты и выделяется энергия — 40 кДж. При взаимодействии с водой $AД\Phi$ отщепляется еще один остаток фосфорной кислоты и разрывается вторая макроэргическая связь. В результате образуется аденозин монофосфорная кислота, молекула фосфорной кислоты и выделяется 40 кДж энергии.

Значение АТФ – универсальный источник энергии в клетке.

Ферменты – специфические биологические катализаторы, имеющие белковую природу.

Ферменты катализируют все химические реакции, протекающие в клетке, участвуют в синтезе АТФ (АТФ-синтетаза), в реакциях репликации, транскрипции (соответственно ДНК-полимераза и РНК-полимераза).

Строение фермента

Фермент состоит из белковой части (ano фермента) и небелкового соединения (ко фермента). Белковая часть (апофермент) — биологические молекулы, воздействующие на субстрат. Различают также активный центр фермента. Белковая часть является частью активного центра фермента. В состав активного центра фермента также входит ко фактор A, являющийся катализатором химических реакций.

Специфичность субстрата

Небелковая часть фермента — это субстрат, на котором протекают химически е реакции. Субстратом, например, может служить сахароза (глюкоза + фруктоза), мальтоза (глюкоза+глюкоза) и др. Субстрат должен обладать специфичностью: поверхности молекул субстрата и фермента должны подходить друг к другу как ключ подходит к замку (принцип ключа и замка). Поэтому каждый фермент специфичен для того или иного субстрата. Это называется специфичностью субстрата.

Специфичность действия ферментов

Каждый фермент специфичен, т.е. катализирует только определенную реакцию и функционально приспособлен к определенному субстрату. Активность фермента зависит от pH и температуры среды (pH=7.0; t=37–40 °C).

Функции ферментов:

- 1) ускоряют химические реакции разложения, и, таким образом, играют роль модуляторов;
- 2) ингибируют (подавляют) химические реакции с помощью ингибиторов.

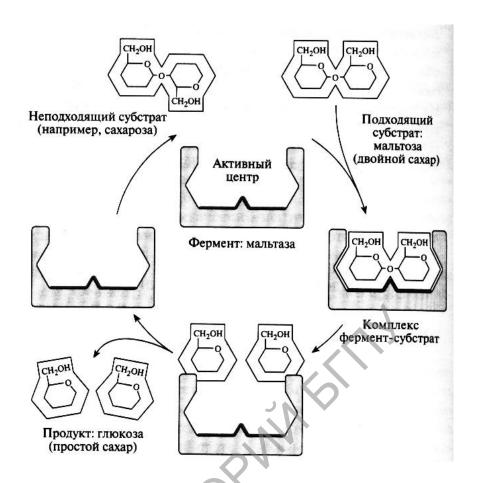
Классификация ферментов

Ферменты делятся на следующие группы:

липазы — ферменты, катализирующие расщепление жиров; протеазы — ферменты, катализирующие расщепление белков; амилазы — ферменты, катализирующие расщепление углеводов.

Роль ферментов в процессах метаболизма

Обмен веществ регулируется и катализируется ферментами. Ферменты обладают высокой избирательностью: они ускоряют одни реакции и совсем не действуют на другие. Каждая реакция в клетке катализируется особым ферментом. В клетках насчитывают свыше 200 различных ферментов. Большинство ферментов становятся активными при температуре от 37 до 40 °C. До температуры 40 °C способность ферментов ускорять химические реакции повышение температуры Дальнейшее снижает повышается. ферментов. При температуре 70 °C и выше ферменты утрачивают свои каталитические свойства. Для большинства ферментов оптимальной средой является нейтральная среда (рН около 7,0). Однако есть ферменты, которые активны в щелочной среде при рН около 9,0 (фермент слюны амилаза), а также в кислой среде при рН около 2,0 (фермент желудочного сока пепсин). При определенных показателях рН активный центр фермента приобретает строго определенную конфигурацию, соответствующую структуре субстрата. Поэтому молекула субстрата упаковывается в него. Происходит связывание субстрата с активным центром фермента и активирование его, что приводит к образованию конечных продуктов ферментативной реакции. По окончании этого процесса активный центр высвобождается для катализа новых реакций (рис. 18).



 $Puc.\ 18.\$ Схематическое изображение комплекса «фермент-субстрат» Действие фермента можно показать в виде схемы: субстрат + фермент = комплекс «фермент-субстрат» = продукты распада субстрата (глюкоза) + фермент.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ – ОСНОВА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТКИ

Энергетический обмен веществ в клетке

Обмен веществ (метаболизм) — совокупность реакций ассимиляции и диссимиляции. Ассимиляция (пластический обмен) — совокупность реакций синтеза сложных органических веществ из более простых (биосинтез белка, фотосинтез). При пластическом обмене $AT\Phi$ распадается до $AJ\Phi$ и H_3PO_4

$$AT\Phi + H_2O \rightarrow AД\Phi + H_3PO_4 + 40кДж$$

Диссимиляция — энергетический обмен — совокупность реакций распада сложных органических веществ до простых (реакция разложения глюкозы — гликолиз, процесс дыхания). При энергетическом обмене ATФ синтезируется. Процесс ее образования происходит в митохондриях

$$AД\Phi + H_3PO_4 + 40кДж \rightarrow AT\Phi$$

Этапы энергетического обмена

1) Подготовительный этап – происходит в желудочно-кишечном тракте, органические вещества распадаются до простых соединений

(полисахариды – до глюкозы, белки – до аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот).

2) Бескислородный этап (анэробное дыхание, гликолиз у животных, брожение у растений). В ходе анэробного дыхания, которое протекает в гиалоплазме клеток животных, происходит неполное бескислородное расщепление глюкозы. При этом образуются две молекулы $AT\Phi$ и пировиноградная кислота – $C_3H_4O_3$, а также HAJ H_2 .

 $C_6H_{12}O_6+2AД\Phi+2H_3PO_4+2HAД\ H\to 2C_3H_4O_3+2AT\Phi+2H_2O+2$ НАД H^+ .

Две молекулы ATФ содержат 200 кДж энергии: из них 120 кДж выделяются в виде тепла, что важно для поддержания теплового баланса клетки, и 80 кДж заключены в макроэргических связях ATФ.

3) Кислородный (клеточное этап дыхание. или окислительное фосфорилирование). Клеточное протекает дыхание на внутренних мембранах митохондрий в клетках животных при участии фермента АТФсинтетазы и в присутствии О2. при этом происходит полное кислородное расщепление промежуточных соединений до H₂O и CO₂ и в митохондриях клеток образуется 36 молекул АТФ:

клеток образуется 36 молекул АТФ: $2C_3H_4O_3 + 36H_3PO_4 + 36AДΦ + 6O_2 + HAД H \rightarrow 6CO_2 + 42 H_2O + 36AТΦ + HAД H_2$

36 молекул АТФ содержат 2600 кДж энергии: из них 1160 кДж выделяются в виде тепла и 1440 кДж заключены в макроэргических связях АТФ.

В ходе всего энергетического обмена выделяется 38 молекул АТФ,

 $2800 \ кДж$ энергии: из них $1280 \ (45 \ \%) \ кДж$ выделяется в виде тепла и $1520 \ (55 \ \%) \ кДж$ запасается в макроэргических связях АТФ.

Кислородный этап энергетического обмена дает в 18 раз больше энергии, чем бескислородный этап (гликолиз).

Сущность энергетического обмена:

- 1. В процессе бескислородного этапа, протекающего в гиалоплазме клетки, из глюкозы происходит образование 2-х молекул ATФ и пировиноградной кислоты.
- 2. В ходе кислородного этапа энергетического обмена (дыхания) в митохондрии происходит распад органических веществ пировиноградной кислоты, образование 36 молекул АТФ и поглощение кислорода. Ферметы, осуществляющие распад органических соединений, сосредоточены на внутренней мембране митохондрии.
- 3. В электронно-транспортной цепи митохондрии акцептором электронов является кислород (O_2 + e = O 2 -).
- 4. В ходе дыхания организмы преобразуют энергию химических связей органических веществ в энергию ATФ.

Механизм синтеза АТФ в митохондриях

Внутри митохондрии находится матрикс, в котором содержатся ионы водорода, ПВК (пировиноградная кислота), H_2O , O_2 . Внутренняя мембрана митохондрии по структуре аналогична цитоплазматической мембране клетки. В матриксе митохондрий протекают следующие реакции:

$$C_3H_4O_3 + H_2O \rightarrow CO_2 + 6 H^O$$

(IIBK)

Пировиноградная кислота (ПВК — $C_3H_4O_3$) взаимодействует с ферментами матрикса митохондрий (коферментом A) и водой. В результате ПВК полностью разрушается, при этом образуется CO_2 , который из митохондрии поступает в окружающую среду, и атомы водорода — H^O , которые отдают электроны и превращаются в протоны водорода (H^+): $H^O - e \rightarrow H^+$.

С помощью молекул белков-переносчиков протоны водорода транспортируются на наружную сторону мембраны (рис. 19). В результате внутри митохондрии увеличивается концентрация анионов O_2^- — частиц, несущих отрицательный заряд. Это обусловлено тем, что на внутренней стороне мембраны электроны соединяются с кислородом (O_2 + $e \rightarrow O_2^-$) , ведь кислород постоянно диффундирует в митохондрии из атмосферы. Вследствие этого мембрана снаружи заряжается положительно, а изнутри — отрицательно. По мере накопления противоположно заряженных частиц по обеим сторонам мембраны между ними создается разность потенциалов.

Во внутреннюю мембрану митохондрии встроены молекулы фермента АТФ-синтетазы. В каждой молекуле фермента содержится канал, который открывается только в том случае, когда разность потенциалов достигает критического уровня — $200\,$ мВ. Тогда силой электрического поля протоны водорода транспортируются через канал АТФ-синтетазы назад в матрикс. При прохождении протонов водорода через канал АТФ-синтезирующего фермента создается высокий уровень энергии, $45\,$ % которой рассеивается в виде тепла, а $55\,$ % сберегается, т.е. преобразуется в энергию химических связей АТФ. Таким образом, поставщиком энергии для синтеза $AT\Phi$ являются протоны водорода. Протоны водорода соединяются с O_2 , образуя воду, которая, как и CO_2 , является конечным продуктом клеточного дыхания. В матриксе митохондрии содержатся АДФ и Φ (H_3PO_4), из которых и синтезируется АТФ.

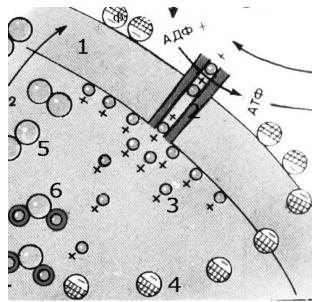


Рис. 19. Синтез АТФ в митохондрии: 1 — внутренняя мембрана митохондрии; 2 — канал фермента АТФ-синтетазы; 3 — протоны водорода — H^+ ; 4 — молекулы белков-переносчиков протонов водорода; 5 — анионы кислорода — O_2^- ; 6 — молекулы воды в матриксе митохондрии.

У растений осуществляется процесс брожения. *Брожение* — это диссимиляция в ходе анэробного типа энергетического обмена. Брожение осуществляется в бескислородной среде. Луи Пастер доказал возможность развития этого процесса в анэробных условиях и аргументировал тот факт, что некоторые организмы могут жить без кислорода за счет процесса брожения. Энергию для своей жизнедеятельности они добывают в результате расщепления глюкозы. Различают, например, спиртовое, молочнокислое брожение.

Спиртовое брожение, вызываемое дрожжевыми грибками.

 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + 2CO_2 + 25$ ккал

Процесс используется в производстве спирта, виноделии и т.д.

Молочнокислое брожение, вызываемое молочнокислыми бактериями. Процесс используется в производстве кисломолочных продуктов.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_6O_3 + CO_2 + 28$$
 ккал

Генетический код. Биосинтез белка.

Ген – участок молекулы ДНК, содержащий генетическую информацию о первичной структуре одного определенного белка.

Экзон-интронная структура гена эукариот

- 1) промотор участок ДНК (длиной до 100 нуклеотидов), к которому присоединяется фермент *РНК-полимераза*, необходимый для осуществления транскрипции;
- 2) регуляторная зона зона, влияющая на активность гена;

3) *структурная часть гена* – генетическая информация о первичной структуре белка.

Последовательность нуклеотидов ДНК, несущая генетическую информацию о первичной структуре белка — экзон. Они также входят в состав и-РНК. Последовательность нуклеотидов ДНК, не несущая генетическую информацию о первичной структуре белка — интрон. Они не входят в состав и-РНК. В ходе транскрипции с помощью специальных ферментов происходит вырезание копий интронов из и-РНК и сшивание копий экзонов при образовании молекулы и-РНК (рис. 20). Этот процесс называется сплайсинг.

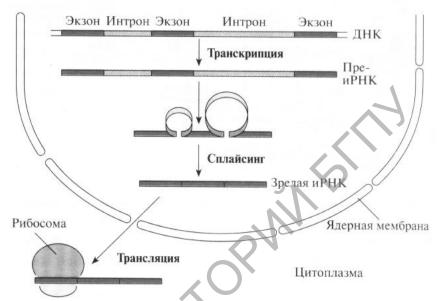


Рис. 20. Схема сплайсинга (формирование зрелой и-РНК у эукариот)

Генетический код – система последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК, или и-РНК, которая соответствует последовательности аминокислот в полипептидной цепи.

Свойства генетического кода:

1. Триплетность (АЦА – ГТГ – ГЦГ...)

Генетический код является **триплетным**, так как каждая из 20 аминокислот кодируется последовательностью трех нуклеотидов (*триплетом*, кодоном).

Существует 64 вида триплетов нуклеотидов $(4^3=64)$.

2. Однозначность (специфичность)

Генетический код является однозначным, так как каждый отдельный триплет нуклеотидов (кодон) кодирует только одну аминокислоту, или один кодон всегда соответствует одной аминокислоте (таблица 3).

3. Множественность (избыточность, или вырожденность)

Одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими триплетами (от 2 до 6), т. к. белокобразующих аминокислот -20, а триплетов -64.

4. Непрерывность

Считывание генетической информации происходит в одном направлении, слева направо. Если произойдет выпадение одного нуклеотида, то при считывании его место займет ближайший нуклеотид из соседнего триплета, что приведет к изменению генетической информации.

5. Универсальность

Генетический код характерен для всех живых организмов, и одинаковые триплеты кодируют одну и ту же аминокислоту у всех живых организмов.

6. *Имеет стартовые и терминальные триплеты* (стартовый триплет – $AY\Gamma$, терминальные триплеты YAA, $Y\Gamma A$, $YA\Gamma$). Эти виды триплетов не кодируют аминокислоты.

7. Неперекрываемость (дискретность)

Генетический код является неперекрывающимся, так как один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов. Нуклеотиды могут принадлежать только одному триплету, а если переставить их в другой триплет, то произойдет изменение генетической информации.

Таблица 3 – Таблица генетического кода

		Основания кодонов			
Первое	Второе		Третье	4	
		У	Ц	A	Γ
У	У	Фен	Фен	Лей	Лей
	Ц	Сер	Cep	Сер	Cep
	A	Тир	Тир	_	_
	Γ	Цис	Цис	_	Три
Ц	У	Лей	Лей	Лей	Лей
	Ц	Про	Про	Про	Про
	A	Гис	Гис	Глн	Глн
	Γ	Арг	Арг	Арг	Арг
A	У	Иле	Иле	Иле	Мет
	Ц	Tpe	Tpe	Tpe	Tpe
	A	Асн	Асн	Лиз	Лиз
	Γ	Сер	Cep	Арг	Арг
Γ	У	Вал	Вал	Вал	Вал
	Ц	Ала	Ала	Ала	Ала
	A	Асп	Асп	Глу	Глу
	Γ	Гли	Гли	Гли	Гли

Примечание: сокращенные названия аминокислот даны в соответствии с международной терминологией.

Биосинтез белка

Биосинтез белка — *вид пластического обмена* веществ в клетке, происходящий в живых организмах под действием ферментов. Биосинтезу белка предшествуют реакции матричного синтеза (репликация — синтез ДНК; транскрипция — синтез РНК; трансляция — сборка молекул белка на рибосомах). В процессе биосинтеза белка выделяют 2 этапа:

- 1) транскрипция
- 2) трансляция

В ходе транскрипции генетическая информация, заключенная в ДНК, находящейся в хромосомах ядра, передается молекуле РНК. По завершении процесса транскрипции и-РНК выходит в цитоплазму клетки через поры в мембране ядра, располагается между 2 субъединицами рибосомы и участвует в биосинтезе белка.

Трансляция — процесс перевода генетического кода в последовательность аминокислот. Трансляция осуществляется в цитоплазме клетки на рибосомах, которые располагаются на поверхности ЭПС (эндоплазматической сети). Рибосомы — сферические гранулы, диаметром, в среднем, 20 нм, состоящие из большой и малой субъединиц. Молекула и-РНК располагается между двумя субъединицами рибосомы. В процессе трансляции участвуют аминокислоты, АТФ, и-РНК, т-РНК, фермент амино-ацил т-РНК-синтетаза.

Кодон — участок молекулы ДНК, или и-РНК, состоящий из трех последовательно расположенных нуклеотидов, кодирующий одну аминокислоту.

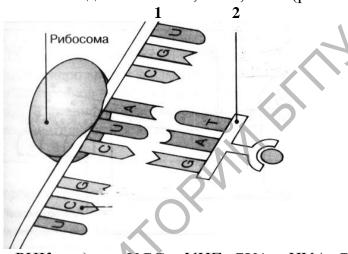
Антикодон — участок молекулы т-РНК, состоящий из трех последовательно расположенных нуклеотидов и комплементарный кодону молекулы и-РНК. Кодоны комплементарны соответствующим антикодонам и соединяются с ними с помощью водородных связей (рис. 21).

Синтез белка начинается со стартового кодона АУГ. От него рибосома

перемещается по молекуле и-РНК, триплет за триплетом. Аминокислоты поступают по генетическому коду. Встраивание их в полипептидную цепь на рибосоме происходит с помощью т-РНК. Первичная структура т-РНК (цепочка) переходит во вторичную структуру, напоминающую по форме крест, и при этом в ней сохраняется комплементарность нуклеотидов. В нижней части т-РНК имеется акцепторный участок, к которому присоединяется аминокислота (рис.16). Активизация аминокислоты осуществляется при помощи фермента аминоацил т-РНК-синтетазы. Суть этого процесса состоит в том, что данный фермент взаимодействует с аминокислотой и с АТФ. При этом формируется тройной данным ферментом, комплекс, представленный аминокислотой Аминокислота обогащается энергией, активизируется, приобретает способность образовывать пептидные связи с соседней аминокислотой. Без процесса активизации аминокислоты полипептидная цепь из аминокислт сформироваться не может.

В противоположной, верхней части молекулы т-РНК содержится триплет нуклеотидов *антикодон*, с помощью которого т-РНК прикрепляется к комплементарному ему кодону (рис. 22).

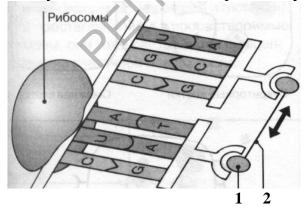
Первая молекула т-РНК, с присоединенной к ней активизированной аминокислотой, своим антикодоном прикрепляется к кодону и-РНК, и в рибосоме оказывается одна аминокислота. Затем прикрепляется вторая т-РНК своим антикодоном к соответствующему кодону и-РНК. При этом в рибосоме оказываются уже 2 аминокислоты, между которыми формируется пептидная связь. Первая т-РНК покидает рибосому, как только отдаст аминокислоту в полипептидную цепь на рибосоме. Затем к дипептиду присоединяется 3-я аминокислота, ее приносит третья т-РНК и т. д. Синтез белка останавливается на одном из терминальных кодонов – УАА, УАГ, УГА (рис. 23).



1 – кодон и-РНК; *кодоны UCG* – УЦГ; *CUA* – ЦУА; *CGU* – ЦГУ;

2- антикодон т-РНК; антикодон GAT – ГАТ

Puc. 21. Фаза трансляции: кодон и-РНК притягивается к антикодону т-РНК соответствующими комплементарными нуклеотидами (основаниями)



 $Puc.\ 22.\$ Фаза трансляции. Комплементарность кодона и-РНК и антикодона т-РНК: Обе т-РНК принесли аминокислоты и временно соединились с и-РНК. Две аминокислоты соединены с помощью пептидной связи. 1- т-РНК с присоединенной аминокислотой; 2- образование пептидной связи между двумя аминокислотами

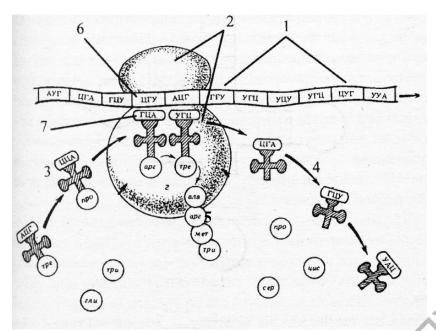


Рис. 23. Общая схема биосинтеза белка: 1 – кодоны и-РНК; 2 – малая и большая субъединицы рибосомы; 3 – поступление в рибосому аминокислоты с помощью т-РНК; 4 – высвободившиеся т-РНК (без аминокислоты); 5 – растущая полипептидная цепь; 6 – кодон; 7 – антикодон.

По завершении биосинтеза полипентидная цепочка отделяется от и-РНК и погружается в канал ЭПС, где приобретает вторичную, третичную или четвертичную структуру. Молекула белка, состоящая из 200–300 аминокислот, в бактериальной клетке собирается за 1–2 минуты.

Таким образом, трансляция – перевод последовательности кодонов

и-РНК в последовательность аминокислот. Она осуществляется, благодаря перемещению рибосомы вдоль молекулы и-РНК, а также подбору каждому ее кодону комплементарного антикодона т-РНК, а затем включению в цепь аминокислоты, доставленной т-РНК. Комплекс из и-РНК и рибосом называется полисома. На полисомах и происходит процесс трансляции.

В ходе биосинтеза белка взаимоотношения ДНК, РНК и белка можно показать схематически: репликация ДНК—> транскрипция РНК—> трансляция —> полипептид (белок).

Биосинтез белка. Решение типовых задач

Задача 1

Одна из цепочек молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГЦТАЦГГЦТТГЦ. Какие т-РНК, т. е. с какими антикодонами, принимают участие в синтезе белка, закодированного комплементарной цепочкой ДНК?

Решение

Необходимо построить комплементарную цепочку ДНК, поскольку она является, по условию задачи. кодирующей. Комплементарная цепочка ДНК: ЦГА-ТГЦ-ЦГА-АЦГ. Далее построим цепочку и-РНК, комплементарную данной цепи ДНК:

ЦГА-ТГЦ-ЦГА-АЦГ (ДНК)

ГЦУ- АЦГ- ГЦУ-УГЦ (и-РНК).

Антикодоны т-РНК являются комплементарными кодонам и-РНК, следовательно они будут следующие: ЦГА–УГЦ–ЦГА–АЦГ.

Ответ: антикодоны т-РНК: ЦГА-УГЦ-ЦГА-АЦГ.

Задача 2

Молекула белка состоит из 200 аминокислотных остатков. Какую длину (в нм) имеет определяющий его ген, если виток спирали ДНК составляет 3,4 нм, а каждый виток содержит 10 пар нуклеотидов.

Решение

Поскольку белок состоит из 200 аминокислот, то участок ДНК включает 200 триплетов, или $200 \times 3=600$ нуклеотидов.

Определение длины одного нуклеотида:

Длина одного нуклеотида – Х нм

Длина 10 нуклеотидов — 3,4 нм

X=0,34 HM

Длина участка ДНК составляет 600х0,34=204 нм.

Ответ: длина участка ДНК составляет 204 нм.

Задача 3.

В молекуле ДНК обнаружено 880 гуаниловых нуклеотидов, которые составляют 22 % от общего количества нуклеотидов этой ДНК. Определить: а) сколько содержится других нуклеотидов по отдельности в этой молекуле ДНК?; б) Какова длина ДНК?

Решение

Согласно принципу комплементарности (A+T) + $(\Gamma + \Pi)$ = 100%.

- 1) Определяем количество цитидилового нуклеотида: Γ = Ц=880, или 22 %.
 - 2) На долю двух других видов нуклеотидов (T+A) приходится 100 % 44 % = 56 %.
- 3) Определяем долю A + T: $X=56 \% \times 880/22\% = 2240$; (A=T=2240:2=1120).
- 4) Определяем общее количество нуклеотидов: 880+880+1120+1120=4000.
- 5) Для определения длины ДНК надо вычислить количество нуклеотидов в одной цепи ДНК: 4000: 2= 2000.

6) Вычисляем длину одной цепи ДНК: 2000 х 0.34 нм = 680 нм

Ответ: длина молекулы ДНК – 680 нм.

Задача 4. Одна из цепей молекулы ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов: 5-ЦЦГЦТАТАЦГТЦ-3'. Определите последовательность аминокислот в соответствующем полипептиде, если известно, что и-РНК синтезируется на цепи ДНК, комплементарной данной цепи ДНК.

Решение

В условии задачи сказано, что и-РНК синтезируется на комплементарной данной цепи ДНК. Поэтому необходимо построить комплементарную цепь ДНК: 3'-ГГЦГАТАТГЦАГ-5'. Далее нужно определить последовательность нуклеотидов и-РНК: 5'- ЦЦГЦУАУАЦГУЦ-3'. Триплет, или кодон (три рядом расположенных нуклеотида и-РНК) кодирует определенную аминокислоту. Соответствующие триплетам аминокислоты находим по таблице генетического кода. Триплет ЦЦГ соответствует пролину (про), ЦУА – лейцину (лей); УАЦ – тирозину (тир), ГУЦ – валину (вал).

Ответ: последовательность аминокислот в полипептиде будет следующей: про-лей-тир-вал.

Задачи с ответами

Задача 1

Определить последовательность антикодонов т-РНК, участвующих в биосинтезе белка, если транскирибиремая цепь молекулы ДНК имеет вид

Ответ:

ЦГА – ГТТ – АЦЦ – ДНК

ГЦУ – ЦАА – УГГ – и-РНК

ЦГА – ГУУ – АЦЦ – т-РНК

Задача 2

Полипептидная цепочка имеет следующую последовательность аминокислот: Мет – Сер – Цис – Фен – Сер. Установите последовательность нуклеотидов в соответствующей и-РНК.

Ответ:

Задача 3

Постройте фрагмент двухцепочечной молекулы ДНК по предложенному фрагменту и-РНК: $A\Gamma A - AYA - Y\Gamma Y - Y UY$.

Ответ:

С какими антикодонами т-РНК участвует в синтезе следующей полипептидной цепи: *аланин – глицин – тирозин – аспарагин*, если кодоны и-РНК комплементарны антикодонам т-РНК:

Ответ

Фотосинтез

Различия организмов по способу питания

По способу питания организмы делятся на две группы: гетеротрофные и автотрофные.

Гетеротрофные — организмы, которые не способны синтезировать органические вещества из неорганических, и в качестве пищи используют готовые органические соединения из окружающей среды. К ним относятся:

1) гетеротрофные бактерии; 2) некоторые протисты (амеба, инфузориятуфелька); 3) животные. *Голозойные* организмы являются разновидностью гетеротрофных (животные, которые захватывают пищу и переваривают ее в желудочно-кишечном тракте).

организмы, способные Автотрофные – синтезировать органические вещества из простых неорганических соединений, используя для этого энергию излучения или энергию химических (окислительновосстановительных) реакций Автотрофы способны не только синтезировать органические вещества за счет неорганических соединений, но и накапливать энергию, заключенную В органическом веществе. Они делятся на фотоавтотрофы и хемоавтотрофы.

 Φ отоавтотрофы — организмы, использующие энергию солнечного света для синтеза органических соединений. К ним относятся:

1) автотрофные бактерии; 2) низшие растения (водоросли); 3) высшие растения; 4) автотрофные протисты (хлорелла, хламидомонада).

Хемоавтотрофы — организмы, которые используют для своей жизнедеятельности энергию, выделяемую при окислительно-восстановительных реакциях. К ним относятся хемосинтезирующие бактерии.

В клетках растений, автотрофных протистов, фотосинтезирующих бактерий, содержащих хлорофилл, протекает специфический процесс — фотосинтез, который относится к пластическому обмену веществ в клетке.

Фотосинтез – процесс образования в хлоропластах органических соединений из диоксида углерода и воды с использованием энергии света.

Фотосинтез представляет собой цепь окислительно-восстановительных реакций, где происходит преобразование энергии солнечной радиации в энергию химических связей и восстановление углекислого газа до органических веществ. Уравнение, характеризующее процесс фотосинтеза:

$$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow C_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 + 6 \text{ O}_2$$

Преобразование энергии света в энергию химических связей органических веществ происходит в хлоропластах, которые содержат молекулы хлорофиллов, поглощающих световые волны разной длины. Например, хлорофилл-700 поглощает свет с длиной волны 700 нм, а хлорофилл-680 поглощает свет с длиной волны 680 нм. Процесс фотосинтеза подразделяют на две фазы: световую и темновую.

Световая фаза фотосинтеза протекает в мембранах тилакоидов при участии хлорофилла.

Хлорофилл- 700 и хлорофилл- 680 входят в состав реакционных центров фотосистем I и II.

Фотосистема I. Возбужденная квантом света молекула хлорофилла-700 отдает электрон акцептору. От него по системе переносчиков этот электрон попадает на внешнюю сторону тилакоида, обращенную в строму. При этом молекула хлорофилла-700 превращается в молекулу хлорофилла-700 ⁺.

Фотосистема II. Возбужденная квантом света молекула хлорофилла -680 отдает электрон акцептору. От него по системе переносчиков электрон переходит в фотосистему 1 и восстанавливает молекулу хлорофилла-700 ⁺ до молекулы хлорофилла-700. При этом молекула хлорофилла-700 вновь приобретает способность поглощать свет и переходить в возбужденное состояние.

Молекула же хлорофилла-680, отдав электрон, превращается в молекулу хлорофилла-680 ⁺. Для ес восстановления используются электроны, отщепляемые от молекул воды в процессе их разложения (фотолиза).

$$2H_2O - 4$$
 е $\xrightarrow{\text{свет}} 4H^+ + O_2$ хлорофилл

Благодаря фотолизу воды, образуется молекулярный кислород, который поступает в атмосферу. Кроме того, в результате фотолиза внутри тилакоида, на внутренней стороне его мембраны, накапливаются протоны водорода, создающие Н⁺-резервуар. Снаружи мембраны тилакоида накапливаются электроны. Возникает электрохимический мембранный потенциал. Когда он достигнет 200 мВ, силой электрического поля протоны проталкиваются через каналы фермента АТФ-синтетазы, встроенного в мембрану тилакоидов. На выходе их из протонного канала создается высокий уровень энергии, которая используется для окислительного фосфорилирования молекул АДФ, содержащихся в матриксе хлоропластов. Уравнение реакции окислительного фосфорилирования АДФ:

$$A \Box \Phi + H_3 PO_4 - AT\Phi + H_2 O$$

Таким образом, в световую фазу фотосинтеза солнечная энергия, поглощенная хлорофиллами, преобразуется сначала в электрохимическую, а затем в энергию макроэргических связей АТФ.

Перенос электронов и протонов водорода осуществляется с помощью белковпереносчиков фосфолипидную двухслойную через мембрану Перенесенные протоны водорода взаимодействуют с электронами и молекулой $HAД\Phi$ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат), образуя $HAД\Phi$ H +H⁺ (рис. 24). Электроны используются для присоединения водорода к НАДФ⁺. Таким образом, происходит реакция восстановления НАДФ + в НАДФ Н+ Н+:

 $HA \Pi \Phi^{+} + 2 e + 2 H^{+} \longrightarrow HA \Pi \Phi H + H^{+}$

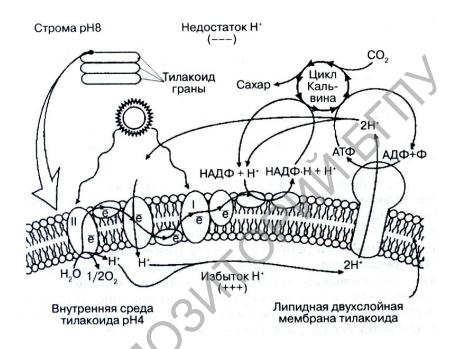


Рис. 24. Схема фотосинтеза: процессы на внутренней мембране тилакоида (световая фаза) и в строме хлоропласта (темновая фаза)

Темновая фаза фотосинтеза

Продукты световой фазы фотосинтеза: $AT\Phi$, $HAД\Phi H+ H^+$ используются в темновой фазе фотосинтеза.

Темновая фаза фотосинтеза протекает в строме хлоропластов. Процесс начинается с того, что вещество 1,5-рибулезодифосфат (С₅) фиксирует молекулы СО2 поступающие в лист из атмосферного воздуха. Далее осуществляется ряд последовательных реакций:

1) восстановление диоксида углерода до двух молекул фосфоглицериновой кислоты ($\Phi \Gamma K$). Реакция протекает при участии 1,5- рибулезодифосфата (C_5), содержащегося в строме хлоропластов. Промежуточным продуктом данной реакции является гексоза (C_6 $H_{12}O_6$) – нестойкое соединение, которое под действием ферментов распадается до двух молекул фосфоглицериновой кислоты $(2\Phi\Gamma K)$.

$$CO_2 + C_5 \rightarrow C_6 H_{12}O_6 \rightarrow 2 \Phi \Gamma K (2 C_3 H_6 O_3)$$
 гексоза

2) восстановление двух молекул фосфоглицериновой кислоты до глюкозы при участии $AT\Phi$ и $HAД\Phi$ H_2 , а также электронов и протонов — продуктов световой фазы фотосинтеза:

$$2 C_3 H_6 O_3 + A T \Phi + H A Д \Phi H + e + H^+ \rightarrow C_6 H_{12} O_6 + A Д \Phi + H_3 P O_4 + H A Д \Phi$$
 глюкоза

Весь процесс образования углеводов в ходе темновой фазы фотосинтеза протекает циклично и носит название цикла Кальвина. Схематично его можно записать следующим образом: моносахариды (глюкоза) — дисахариды — олигосахариды — полисахариды (крахмал).

Таким образом, процесс фотосинтеза характеризуется тем, что происходит поглощение хлорофиллом энергии солнечного излучения, поглощение углекислого газа из атмосферы, восстановление его в органические соединения и выделение кислорода в атмосферу.

Важнейший, легко транспортируемый углевод в растениях — сахароза. Образовавшиеся при фотосинтезе сахароза транспортируется из листьев в стебли, корни, клубни, луковицы и семена, где превращается в крахмал или инулин.

Изучением фотосинтеза занимался великий русский физиолог растений – К.А. Тимирязев (1843–1920), американский ученый М. Кальвин, белорусские физиологи растений – Т.Н. Годнев и А.А. Шлык и др.

Хемосинтез — синтез хемосинтезирующими, не содержащими хлорофилл, бактериями необходимых для их клетки сложных органических соединений. Этот тип пластического обмена был открыт русским микробиологом

С.Н. Виноградским в 1887 г. Синтез органических соединений бактериями осуществляется из простых веществ. Для этого они используют энергию химических реакций окисления экзотермных различных неорганических соединений азота, Выделены серы, железа. следующие хемосинтезирующих бактерий: нитрифицирующие, железобактерии, серобактерии и др.

Hитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до азотистой и азотной кислот: $2NH_3 + 3O_2 -> 2HNO_2 + 2 H_2O + 663 кДж$

Железобактерии используют энергию, выделяющуюся при окислении двухвалентного железа в трехвалентное (Fe $^{2+}$ Fe $^{3+}$):

Серобактерии окисляют сероводород до серы и серной кислоты:

$$2H_2S + O_2 -> 2S + 2H_2O + 272$$
 кДж

$$^{\circ}2S + 3O_2 + 2H_2O -> 2H_2 ^{\circ}SO_4 + 636$$
 кДж

Водородные бактерии используют в качестве источника энергии реакции окисления молекулярного водорода: $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2 O + 235 \text{ кДж}$.

Выделяемая в ходе реакций окисления простых неорганических соединений энергия, используется бактериальной клеткой для синтеза, например, муреина,—сложного органического соединения, образующего стенки бактериальной клетки.

Роль хемосинтезирующих бактерий в природе очень велика, т. к. в результате жизнедеятельности этих бактерий, химические элементы, не доступные для усвоения растениями, содержащиеся в воздухе, почве, горных породах и т. д., становятся доступными и хорошо ими усваиваются

Морфология хромосом

Хромосомы — структуры ядра клетки, являющиеся носителями генов и определяющие наследственные свойства организма. Поэтому ядро является информационной системой клетки. Термин «Хромосома» предложен в 1888 г. немецким ученым В. Вальдейером.

В хромосомах сконцентрировано 99 % ДНК клетки. Основу хромосомы составляет ДНК (40 %), связанная с основными белками – гистонами (40 %) в формируются В нуклеопротеид. Хромосомы результате (укорочения, утолщения) нитей хроматина. Их химическая структура аналогична хроматину. Хроматин представляет собой комплекс ДНК и белков-гистонов. В составе хроматина имеются также негистоновые белки (белки кислые), РНК, липиды, ионы кальция и магния. Хромосомы формируются в результате спирализации хроматина. Благодаря спирализации хромосомной ДНК и упаковке ее белками, длинная молекула ДНК на стадии метафазы митоза максимально укорачивается, и хромосома различима в световой микроскоп как двойная структура. При этом нуклеопротеидные нити хроматина укорачиваются, уплотняются, превращаясь в компактные структуры – хромосомы.

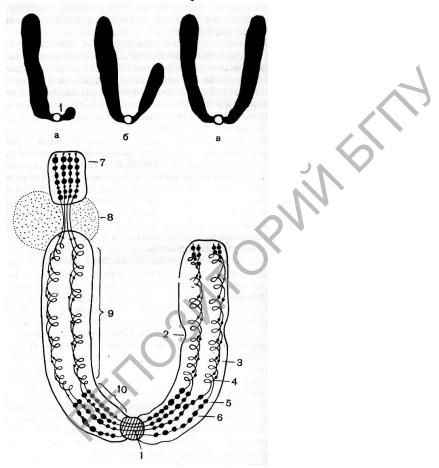
На вид хромосомы представляют собой удлиненные палочковидные структуры, имеющие два плеча, разделенные первичной перетяжкой (центромерой). Центромера — область хромосомы, к которой прикрепляются нити веретена деления. В соматических клетках (клетках тела) содержатся гомологичные хромосомы, всего 23 пары. Каждая пара хромосом состоит из одной «материнской» (из яйцеклетки) и одной «отцовской» (из сперматозоида). Обе они гомологичны, т. е. одинаковы по размеру, форме, набору генов. Половые клетки, образовавшиеся в результате мейоза, содержат только одну из двух хромосом.

У человека около 100 000 генов, расположенных во всех хромосомах, по несколько тысяч в каждой.

Строение хромосомы (рис. 25):

1) плечи хромосомы;

- 2) *первичная перетяжка центромера*, которая представляет собой утонченный неспирализованный участок хромосомы, делящий хромосому на 2 части (плечи хромосомы);
- 3) кинетохор, расположенный в области центромеры сократительные (фибриллярные) нити, регулирующие движение хромосом во время деления клетки. К кинетохору присоединяются нити веретена деления, которые разводят хромосомы к полюсам клетки;
- 4) у некоторых хромосом встречается *вторичная перетяжка* (ядрышковый организатор хромосом) участок хромосомы, который отвечает за синтез ядрышек и состоит из РНК и белка.



 $Puc.\ 25.\$ Форма и структура хромосом. Форма хромосом: а — одноплечая (акроцентрическая); б — неравноплечая (субметацентрическая); в — равноплечая (метацентрическая).

Структура хромосомы: 1 — центромера (первичная перетяжка); 2 — вторичная перетяжка; 3 — хромонема; 4 — полухроматиды; 5— хромомера; 6— матрикс; 7— спутник; 8 — вторичная перетяжка (участок хромосомы, отвечающий за синтез ядрышек); 9— эухроматиновый участок; 10 — гетерохроматиновый участок.

Структурной основой хромосомы являются спирально закрученные нити ДНК – *хромонемы* (рис. 25). Основное вещество хромосомы, в которое погружены хромонемы – *матрикс*. *Гетерохроматиновые участки* находятся в

сильно спирализованном состоянии (состоянии конденсированного хроматина). Они представляют собой уплотненные участки хромосом, напоминающие бусины и называются *хромомерами*. Имеются также *эухроматиновые участки* — участки деспирализующегося хроматина. Некоторые хромосомы имеют спутник — округлое или палочковидное тело, который с хромосомой соединяется тонкой хроматиновой нитью.

В зависимости от расположения центромеры различают следующие морфологические типы хромосом:

- 1) равноплечие (*метацентрические* центромера расположена по середине хромосомы, и поэтому по длине плечи одинаковые);
- 2) неравноплечие (*субметацентрические* центромера смещена к одному из краев, и поэтому по длине плечи разные);
- 3) одноплечие (*акроцентрические* центромера расположена в теломерном участке хромосомы, и поэтому она имеет одно плечо).

Различают гаплоидный набор хромосом в половых клетках (n) и диплоидный набор хромосом в соматических клетках (2n). Совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом называется *геномом*.

Кариотип – совокупность количественных (число, величина) и качественных признаков (форма) диплоидного набора хромосом в соматической клетке.

Правила хромосом

- 1. Постоянства числа хромосом у каждого вида число хромосом постоянно.
 - 2. Парности (гомологичности) хромосомы образуют пары, которые формируются в зиготе, причем одна из хромосом материнская, а вторая отцовская (у человека 23 пары, у дрозофилы 4 пары).
 - 3. Индивидуальности каждая пара хромосом в кариотипе отличается от других пар хромосом, характеризуется своими особенностями.
 - 4. Непрерывности каждая хромосома воспроизводит себе подобную, что обусловлено удвоением хромосом с последующим делением клеток.
 - В 1972—1973 гг. разработан метод дифференциальной *G-окраски* хромосом. При окраске основными красителями разные участки хромосом дают разную реакцию. Одни участки интенсивно окрашиваются. Их назвали гетерохроматиновыми. Другие участки слабо окрашиваются. Они названы эухроматиновыми. Под микроскопом каждая окрашенная хромосома имеет характерную для нее последовательность окрашенных и слабо окрашенных полос (сегментов). Это позволяет идентифицировать хромосомы и определять, в каком ее сегменте произошли нарушения.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ КЛЕТКИ

Способы деления клеток

Клеточный цикл — период жизни клетки от момента ее образования путем деления материнской до собственного деления.

Способы деления соматических клеток:

- 1) деление надвое, или бинарное;
- 2) амитоз прямое деление;
- 3) митоз непрямое деление;
- 4) мейоз редукционное деление.

Деление надвое, или бинарное характерно для клеток прокариот (бактерий), в которых имеется нуклеоид — генетический аппарат бактериальной клетки (бактериальная хромосома). Представляет собой кольцевидную молекулу ДНК, не соединенную с гистонами. Нуклеоид обычно находится в центре клетки и не отграничен своей мембраной от содержимого клетки. Деление нуклеоида происходит после завершения репликации ДНК. Расхождение дочерних ДНК обеспечивается ростом клеточной мембраны. Перед делением клетки ДНК удваивается, и образуются 2 кольцевые молекулы ДНК. Затем клеточная мембрана врастает в цитоплазму, встраивается между 2 молекулами ДНК и делит клетку надвое.

Амитоз — прямое деление интерфазного ядра клетки путем перетяжки, при котором не происходит образование веретена деления. При амитозе ядро делится, а цитоплазма может оставаться неразделенной. В этом случае хромосомы распределяются неравномерно. Путем амитоза делятся клетки, в которых протекают патологические процессы, например, клетки злокачественных опухолей. У человека и животных амитотически делятся клетки печени, хрящевой ткани, роговицы глаза. У растений амитотически делятся клетки эндосперма. Признаки, характеризующие амитоз:

- 1) деление ядра может происходить без деления цитоплазмы;
- 2) встречается он в специализированных клетках (в клетках хрящевой ткани, роговицы глаза);
 - 3) клетка, в которой произошел амитоз, не способна к митозу.

Митоз – основной тип деления эукариотических клеток.

Митоз — это непрямое деление соматических клеток эукариотических организмов, при котором дочерние ядра несут такое же число хромосом, что и родительская клетка. Митоз обеспечивает увеличение числа клеток в организме, рост, процессы регенерации. В 1874 г. И.Д. Чистяков описал некоторые фазы митоза у спор плауна и хвоща. Затем детально исследовали митоз немецкий ботаник, Э. Страсбургер (1876–1879 гг.) — в клетках растений и немецкий цитолог, В. Флемминг (1882 г.) — в клетках животных.

Митотический цикл — совокупность процессов, происходящих в клетке при подготовке ее к делению и в период ее деления.

Mитотический цикл подразделяется на интерфазу и митоз (рис. 26). Uнтерфаза — промежуток времени между делениями клетки. Интерфаза в свою очередь подразделяется на mри фазы — G1, S, G2.

B постмитотическом (пресинтетическом) периоде — фаза G_I идет подготовка клетки к удвоению ДНК: интенсивный рост клетки; активный биосинтез РНК, белков, липидов, углеводов, $AT\Phi$ и ферментов.

В синтетическом периоде — фаза S , длительность которого составляет 6—8 часов, осуществляется главный процесс — репликация ДНК (удвоение хромосом). Способ синтеза ДНК — репликация, или самоудвоение молекул ДНК. В ходе репликации происходит передача наследственной информации от материнской ДНК к дочерней ДНК путем точного ее воспроизведения. В результате репликации ДНК каждая хромосома удваивается и состоит из двух хроматид. Хроматиды соединены в центромерной области.

B премитотическом (постинетическом) периоде — фаза G_2 , длящемся от 2 до 6 часов, происходит: удвоение органелл; синтез белков, липидов, углеводов, синтез $AT\Phi$; синтезируются белки, необходимые для образования микротрубочек веретена деления.

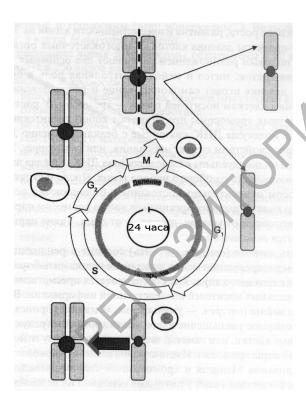


Рис. 26. Схема митотического цикла

В делении животных клеток принимает участие органелла – клеточный центр (центросома). Это немембранная органелла, расположенная около ядра, в цитоплазме клетки. Клеточный центр участвует в формировании веретена деления при воспроизводстве клеток. Хромосомы в интерфазе удвоены, и, вступая в митоз, состоят из двух сестринских хроиматид. Митоз (М) подразделяется на 4 фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис. 27).

Профаза — стадия митоза, в ходе которой происходит конденсация хромосом, распад ядрышек, начинает формироваться веретено деления. В *профазе* каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных между собой в области центромеры. В конце профазы исчезает ядрышко, центриоли расходятся к полюсам клетки. Возникает митотическое веретено, состоящее из микротрубочек.

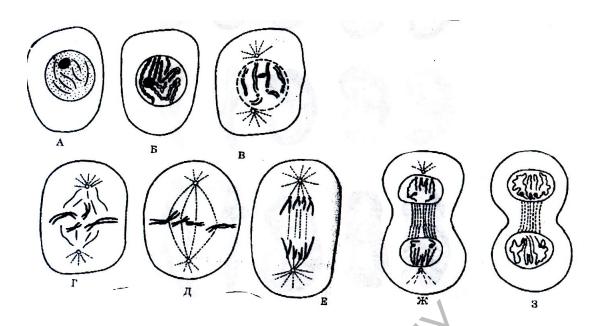
Метафаза — стадия митоза, при которой хромосомы выстраиваются на экваторе веретена, образуя метафазную пластинку. В начале метафазы разрушается ядерная оболочка. Каждая хромосома прикрепляется своим центральным участком (центромерой) к одной из микротрубочек. Имеется также кинетохор, который находится вблизи центрометы и регулирует расположение и направление движения хромосом. В метафазе хромосомы располагаются в экваториальной области клетки, образуют метафазную пластинку.

Хроматиды хорошо различимы во время метафазы митоза, когда хромосома состоит из двух хроматид.

Анафаза — стадия митоза, характеризующаяся расхождением сестринских хроматид к противоположным полюсам клетки. Это самая короткая стадия митоза. После деления центромеры хроматиды расходятся в дочерние ядра и становятся самостоятельными хромосомами.

Движение хромосом осуществляется благодаря кинетохору и нитям веретена, которые сокращаются и растягивают хроматиды от экватора к полюсам клетки

Телофаза — стадия митоза, характеризующаяся формированием дочерних ядер. У полюсов клетки хромосомы деспирализуются и приобретают форму длинных нитей, что характерно для неделящегося ядра. Формируются дочерние ядра, а в них — ядрышки. В дочерних ядрах образуются ядерная оболочка, нуклеоплазма. На протяжении телофазы происходит *цитокинез* — деление цитоплазмы, в результате чего две идентичные дочерние клетки отделяются друг от друга. Они являются генетической копией материнской клетки и содержат диплоидный набор хромосом — 2nc.



 $Puc.\ 27.\$ Фазы митоза животной клетки: A–B профаза; Γ – прометафаза; Д– метафаза; E– анафаза; Ж– телофаза; 3– цитокинез

Биологическое значение митоза. Митоз обеспечивает генетическую преемственность поколений клеток, генетическую стабильность, т. е. видовое постоянство числа хромосом в клетках.

Митотический индекс (m)— отношение числа претерпевающих митоз клеток в ткани к общему числу клеток ткани или культуры. Митотический индекс определяется по формуле $m = N_m / N$, где $N_m -$ число претерпевающих митоз клеток в ткани, а N — общее число клеток ткани (1000 клеток). У каждой ткани — свой митотический индекс. Более высокие его показатели характерны для росткового слоя кожи (0,7), верхушечная и боковая меристемы (0,7), эпителия тонкого кишечника (0,78), клеток красного костного мозга (0, 74), а более низкие — для скелетной мышечной ткани (0,0001) и нервной ткани (0,0001).

Мейоз

Мейоз — процесс деления диплоидных клеток половых желез, в ходе, которого наблюдаются редукционное деление, приводящее к уменьшению числа хромосом в дочерних клетках вдвое и уравнительное деление, приводящее к образованию гамет. Мейоз открыт В. Флеммингом в 1882 г. у животных, а Э. Страсбургер в 1888 г. выявил редукцию числа хромосом у растений.

Интерфаза мейоза. В интерфазе происходит удвоение молекул ДНК в синтетическом периоде. При этом удваиваются хромосомы. В каждой хромосоме содержится по 2 хроматиды (2n2c).

1. Первое деление мейоза

Профаза 1. В профазу 1 вступают хромосомы, удвоенные в интерфазе.

Поэтому в начале профазы хромосомы удвоены (диплоидный набор) и в каждой из них содержится по 2 хроматиды (2n2c). Затем осуществляются процессы (рис. 28) конъюгации и кроссинговера. В профазе-1 различают стадии: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена, диакинез.

Конъюгация хромосом – процесс попарного временного сближения гомологичных хромосом. Лептотена – стадия тонких нитей. На стадии зиготены гомологичные хромосомы сближаются попарно и образуют тетрады – структуры из четырех хроматид, или биваленты. Вследствие конъюгации каждый бивалент состоит из 4 сестринских хроматид. Формула генетического материала имеет вид 2n4с.

Кроссинговер – перекрест гомологичных хромосом хроматид, сопровождающийся обменом соответствующими участками между хроматидами (процессом рекомбинации). На стадии пахитены в бивалентах происходит кроссинговер: взаимный обмен идентичными участками по длине гомологичных хромосом, формируются хиазмы – места перекреста хромосом. Поскольку каждая хиазма соответствует одному событию кроссинговера, в котором участвуют две несестринские хроматиды, то по количеству хиазм можно судить об интенсивности процесса кроссинговера. В хромосомном наборе человека число хиазм колеблется от 35 до 66. Возможен обмен участками между несестринскими хроматидами соседних хромосом – (несестринский обмен) или между сестринскими хроматидами – в пределах одной хромосомы (сестринский обмен).

Генетическим следствием кроссинговера является рекомбинация генов, образуется генетически неоднородный материал, возникают генетические различия между хроматидами, что обеспечивает широкую генетическую изменчивость гамет. На *стадии диплотены* тетрадный комплекс разрушается. Гомологи отталкиваются друг от друга. *Диакинез* — стадия завершающая профазу мейоза-1, переходная к метафазе-1. Биваленты укорачиваются, разрушается ядро, начинает формироваться веретено деления.

Mетафаза~1. Биваленты, уже генетически неоднородные, располагаются в 2 слоя по экватору клетки.

Анафаза 1. В анафазе к полюсам расходятся хромосомы, состоящие из 2 хроматид, т. е. расходятся половинки бивалентов. Этот процесс называется редукционное деление, в результате которого образуются две клетки, в которых содержится по одной хромосоме, но каждая хромосома состоит из двух хроматид. Формируется гаплоидный набор хромосом. Поэтому формула генетического материала в анафазе-1 имеет вид – n2c).

Телофаза 1. Образуются 2 клетки с гаплоидным набором хромосом и удвоенным количеством ДНК. Веретено деления разрушается. Появляется ядерная оболочка. В конце телофазы 1 происходит цитокинез (деление цитоплазмы с помощью перетяжки), кроме того, формируются диады, т.е. в каждую клетку попадают 2 сестринские хроматиды, соединенные центромерой.

Итак, уже после первого мейотического деления в клетке содержится гаплоидный набор хромосом, и каждая хромосома состоит из двух хроматид.

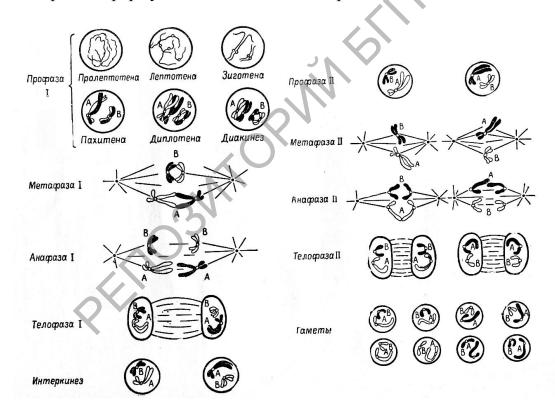
2. Второе деление мейоза — уравнительное деление (митоз мейоза). Между первым и вторым делениями мейоза присутствует период — интеркинез. В отличие от интерфазы в интеркинезе не реплицируется ДНК, и удвоение хромосом не происходит.

Второе деление мейоза включает такие же фазы, что и первое деление – профазу-2, метафазу-2, анафазу-2, телофазу-2.

В профазе-2 и метафазе-2 мейоза еще сохраняются по две хроматиды в каждой хромосоме. В профазе II мейоза хромосомный набор клетки можно записать в виде формулы 1 n 2 c (n – число хромосом, c – число хроматид).

В анафазе-2 сестринские хроматиды расходятся к полюсам клетки, и каждая из них становится самостоятельной хромосомой. В результате расхождения хроматид к полюсам клетки происходит уравнительное деление.

В телофазе -2 формула генетического материала имеет вид п с.



Puc. 28. Стадии мейоза. Поведение хромосом. Отцовские хромосомы окрашены в черный цвет, материнские – в белый.

Таким образом, мейоз состоит из двух последовательных делений (редукционного и уравнительного). Перед первым делением мейоза, в интерфазе, происходит синтез ДНК, вследствие чего, в каждой хромосоме будет по две хроматиды (однократная репликация ДНК – 2n2c). Редукционное деление

заканчивается образованием двух клеток, содержащих гаплоидный набор хромосом, состоящих их двух хроматид (1n2c). Перед вторым делением в мейозе отсутствует интерфаза. Поэтому второму делению не предшествует синтез ДНК и удвоение хромосом. В результате уравнительного деления (митоза мейоза) из одной исходной диплоидной клетки половой железы образуются 4 гаплоидные генетически разнородные клетки. После уравнительного деления формула генетического материала имеет вид – 1n1c.

Биологическое значение мейоза состоит: 1) в формировании генетически разнообразного материала, вследствие кроссинговера; 2) в разнообразии видов, т. к. мейоз служит основой комбинативной изменчивости организмов; 3) в формировании гамет, участвующих в половом размножении; 4) в поддержании генетического постоянства видов.

Сходства и отличия митоза и мейоза

Сходства:

- 1) для митоза и мейоза характерны одинаковые фазы
- 2) в интерфазе происходит удвоение хромосом и ДНК
- 3) характерны для всех живых организмов, кроме бактерий *Отличия*:
 - 1) митоз включает одно деление клетки, мейоз два деления (редукционное и уравнительное)
 - 2) в результате митоза образуются соматические клетки, а в результате мейоза формируются гаметы и споры
 - 3) в митозе ДНК удваивается перед каждым делением клетки в интерфазе, в мейозе ДНК удваивается один раз: перед первым делением в интерфазе
 - 4) в митозе отсутствуют конъюгация и кроссинговер, а в мейозе осуществляются процессы конъюгации и кроссинговера
 - 5) в метафазе митоза хромосомы выстраиваются в один слой по экватору клетки и содержат по 2 хроматиды каждая. В мейозе в метафазе 1 хромосомы выстраиваются по экватору клетки в 2 слоя и состоят из 4 хроматид каждая
 - 6) в анафазе митоза расходятся к полюсам хроматиды, а в анафазе 1 мейоза расходятся к полюсам хромосомы
 - 7) в митозе из одной материнской образуются 2 дочерние клетки (2n c), а в мейозе из одной материнской образуются 4 дочерние клетки (n c)

Решение типовых задач

 $3a\partial a va$ 1. Какой набор хромосом и сколько хроматид будет содержаться в клетке к концу интерфазы, если в деление вступает клетка с диплоидным набором хромосом? (набор хромосом обозначается n, а число хроматид -c).

Решение. В деление вступает клетка 2n c, т. к. все хроматиды идентичные, парные, но неудвоенные. В интерфазе, перед митотическим делением происходит их удвоение. Поэтому набор хромосом и количество хроматид составят 2n2c.

Задача 2. Диплоидный набор клетки составляет 8 хромосом. Сколько хроматид направляется к каждому полюсу в анафазе первого и второго мейотического деления?

Решение. Перед первым делением в интерфазе хромосомы (хроматиды) удваиваются, и количество хроматид будет равно 16. Это же количество сохранится в профазе -1 и метафазе-1. В анафазе первого мейотического деления к каждому полюсу отойдут по 8 хроматид. В анафазе второго мейотического деления к каждому полюсу направляется 4 хроматиды.

Задачи с ответами

- 1. Для организма с кариотипом 18 хромосом в метафазе -II мейоза количество хромосом и количество хроматид в клетке соответственно составляет. *Ответ*: 9 и 18.
- 2. Для организма (n=23) в метафазе-II мейоза количество хромосом и хроматид в клетке соответственно составляет. *Ответ*: 23 и 46.
- 3. Какое количество яйцеклеток и направительных телец может образоваться у животного из 40 ооцитов первого порядка? *Ответ*: 40 и 120.
- 4. Для организма с кариотипом 18 хромосом в анафазе-1 мейоза количество хромосом и количество хроматид, направляющихся к разным полюсам, соответственно составляет: **a)** 9 и 18; б) 18 и 36; в) 18 и 9.
- 5. Число хромосом n, число хроматид c. После первого деления мейоза диплоидной клетки хромосомный набор в дочерних клетках составляет? *Ответ*: 1n2c.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. Диплоидный набор клетки составляет 32 хромосомы. Сколько хроматид направляется к каждому полюсу в анафазе второго мейотического деления.
- 2. Диплоидный набор клетки составляет 28 хромосом. Сколько хроматид направляется к каждому полюсу в анафазе первого мейотического деления.
- 3. В клетках пыльцы вишни садовой 16 хромосом. Сколько хроматид в клетках вишни садовой в метафазе -1 и метафазе-2 мейоза.

Размножение организмов

Размножение — воспроизведение генетически сходных особей данного вида, обеспечивающее непрерывность и преемственность поколений. Выделяют два основных типа размножения: бесполое и половое.

Бесполое размножение

Бесполое размножение — различные способы размножения организмов, характеризующиеся отсутствием полового процесса и осуществляющиеся без участия половых клеток. Оно является древнейшей формой размножения и широко распространено у одноклеточных организмов. Однако свойственно и многим многоклеточным — грибам, растениям и животным.

При бесполом размножении образуются только соматические клетки. В нем принимает участие только одна особь, которая делится, почкуется, или образует споры, в результате чего формируются дочерние особи, сходные по генетическим признакам с родительской особью. Бесполое размножение обеспечивает увеличение численности генетически однородного потомства. Генотип при этом не изменяется.

Формы бесполого размножения:

1) Деление клетки на две

Процесс характеризуется тем, что при бинарном делении клетки, митозе и амитозе образуются две дочерние особи, каждая из которых представляет собой самостоятельный организм.

- а) *деление клетки надвое, или бинарное деление* наиболее простая форма бесполого размножения, присущая прокариотическим организмам (бактерии и цианобактерии).
- б) деление клетки путем митоза, или амитоза на две или более клеток, характерное для протистов (амеба, эвглена зеленая, инфузория-туфелька и др.).
- 2) *шизогония* множественное деление ядра клетки на несколько ядер (у малярийного плазмодия), приводящее к образованию шизонта, распадающегося на множество одноядерных клеток мерозоитов, из которых потом образуются гаметы.
- 3) спорообразование (споруляция) образование спор у высших растений путем мейотического деления особых материнских клеток (мегаспороцитов, микроспороцитов). Спорообразование также характерно для мхов и папоротников (кукушкин лен, сфагнум, папоротник мужской и др.);
- 4) *почкование* обособление частей тела и восстановление их до целого организма, свойственное дрожжевым грибам, кишечнополостным (гидра, гидроидные, коралловые полипы). При почковании небольшой участок тела отделяется от особи, растет и превращается в новую особь;
- 5) регенерация размножение путем деления тела на несколько частей, каждая из которых восстанавливает недостающие органы и превращается в организм, идентичный родительской особи (плоские и кольчатые черви, кишечнополостные);
- 6) фрагментация размножение путем деления тела на несколько фрагментов (нитчатые водоросли спирогира, улотрикс, пеницилл, ленточные черви);
 - 7) вегетативное размножение широко распространено среди растений.

Деревья и кустарники размножаются отводками (слива, виноград), черенками (деревья и кустарники), усами (земляника), корневыми отпрысками (лиственные и хвойные деревья), луковицами (лук, тюльпан), корневищами (многолетние травы), клубнями (картофель) и т. д.

Половое размножение

Половое размножение — процесс объединения генетической информации двух раздельнополых родительских организмов в одном дочернем организме, отличающимся по генетическим признакам от родительских особей, благодаря комбинативной изменчивости. Отличительной чертой полового размножения является образование раздельнополыми организмами половых клеток.

В половом размножении участвуют 2 особи (мужская и женская), которые в ходе мейоза продуцируют мужские и женские гаметы, сливающиеся при оплодотворении в зиготу. В результате слияния ядер гамет объединяется генетическая информация, заключенная в ДНК хромосом, что обусловливает комбинативную изменчивость. Половое размножение характерно для животных организмов и высших растений.

Особенности полового размножения:

- 1) в половом размножении участвуют особи разнополые, которые образуют гаметы (яйцеклетки и сперматозоиды);
- 2) при слиянии гаплоидных ядер гамет осуществляется процесс оплодотворения и формируется зигота (2n);
- 3) из зиготы развивается дочерняя особь, которая отличается новой генетической комбинацией от родительских особей (имеет место комбинативная изменчивость);
- 4) разновидностью полового размножения является *партеногенез* развитие особи из неоплодотворенной яйцеклетки (тли, пчелы, брюхоногие моллюски, коловратки круглые черви и др.) и *апомиксис* у растений (одуванчик, ястребинка).

Этапы полового размножения:

- 1) гаметогенез процесс образования гамет;
- 2) сингамия процесс слияния гамет и образование зиготы;
- 3) эмбриогенез процесс развитие зародыша.

Половой процесс — это обмен генетической информацией между особями одного вида, или слияние гамет, не связанное с увеличением числа особей. Половой процесс встречается у многих групп организмов (водоросли, грибы, протисты, бактерии). В ходе полового процесса слияние гамет не связано с увеличением числа особей, поэтому по отношению к водорослям, грибам, протистам, бактериям используется термин «половой процесс».

Формы полового процесса

Конъюгация — форма полового процесса без размножения у водорослей, инфузорий и бактерий. Типично конъюгация протекает у инфузорий/

Конъюгация у инфузорий — половой процесс, который заключается во временном соединении двух особей и обмене частями их ядерного аппарата и небольшим количеством цитоплазмы.

Копуляция — половой процесс, который заключается в слиянии двух, внешне не различающихся гамет (изогаметы) или двух мало различающихся гамет.

Выделяют два типа копуляции: 1) *изогамия*; и 2) *гетерогамия*. Слияние при оплодотворении содержимого двух внешне сходных безжгутиковых клеток – *изогамия*. Слияние при оплодотворении различных по форме и размеру гамет – *гетерогамия*. Оба типа копуляции наблюдаются у низших грибов, некоторых протистов и водорослей.

Оогамия — тип полового процесса, при котором в ходе оплодотворения происходит слияние гамет, резко различающихся по размерам, форме, поведению, и образование зиготы. Женская гамета при этом, без жгутиков, крупная, неподвижная (яйцеклетка). Мужская гамета — значительно мельче, подвижная, чаще со жгутиком. Оогамия характерна многим низшим и всем высшим растениям, а также животным.

Гологамия — простейшая форма полового процесса у одноклеточных организмов, (вольвоксовые, грибы — хитридиомицеты), при котором не образуются половые клетки, а происходит слияние двух особей.

Гаметогенез – процесс образования и развития гамет. *Гамета* – половая гаплоидная клетка, которая обеспечивает передачу наследственной информации. Выделяют два типа гаметогенеза: сперматогенез и овогенез.

Сперматогенез — процесс образования мужских гамет — сперматозоидов. Процесс сперматогенеза осуществляется в мужских половых гонадах из сперматогониев — диплоидных клеток семенника. Он подразделяется на 4 периода:

- 1) размножение (митоз);
- 2) рост (соответствует интерфазе, когда клетки увеличиваются в размерах, и происходит репликация ДНК);
 - 3) созревание (мейоз два деления);
- 4) формирование сперматозоидов.

Схема процесса сперматогенеза (рис. 29)

- 1) сперматогонии делятся митозом на 2 дочерние клетки сперматоциты первого порядка;
- 2) сперматоциты первого порядка делятся мейозом (первое деление) на 2 дочерние клетки сперматоциты 2 порядка
- 3) сперматоциты 2-го порядка вступают во второе деление мейоза, в результате которого образуются 4 гаплоидные сперматиды
- 4) сперматиды после периода формирования превращаются в зрелые сперматозоиды

Половые клетки развиваются в половых железах, где различают *три зоны:* размножения, роста, созревания половых клеток. Зона размножения находится по периферии половой железы. Здесь находятся первичные половые клетки, которые размножаются путем митоза. Затем первичные половые клетки попадают в зону роста, где они растут и достигают морфологической зрелости. Далее половые клетки переходят в зону созревания, где проходят два деления мейоза (редукционное и митоз мейоза, или уравнительное).

В семеннике выделяют три зоны развития половых клеток:

- 1) размножения сперматогониев, расположенная по периферии семенника;
 - 2) роста;
 - 3) созревания (двух делений мейоза).

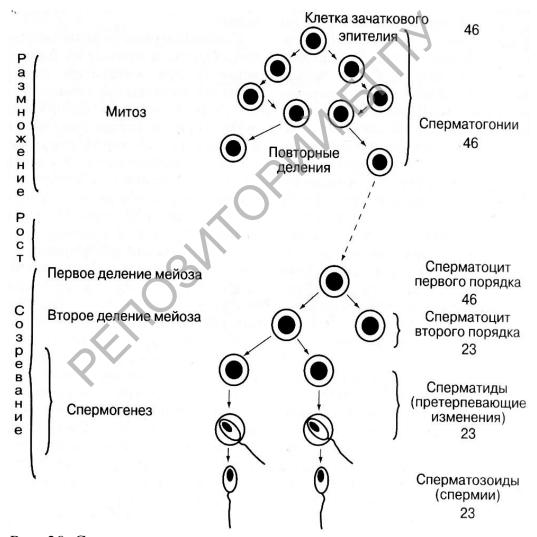


Рис. 29. Схема сперматогенеза

Сперматозоиды — мелкие подвижные клетки. В них выделяют головку, шейку и хвост (рис. 30). В передней части головки находится акросома, по форме пузырек, в котором содержится фермент гиалуронидаза, обладающий

способностью растворять оболочки яйцеклетки в процессе оплодотворения. Большая часть головки сперматозоида занята ядром, а цитоплазма располагается только по периферии. В шейке расположены центриоли и митохондрии. При оплодотворении в яйцеклетке оказывается только ядро и центриоли сперматозоида, а другие органеллы не попадают в яйцеклетку. Митохондрии, содержащиеся в шейке, вырабатывают энергию для движения сперматозоида.

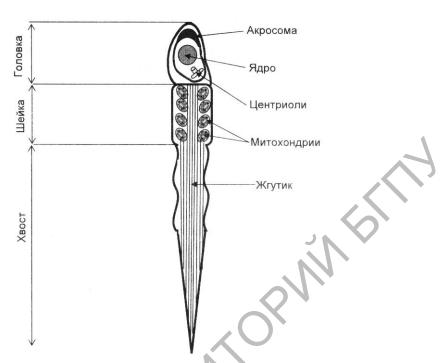


Рис. 30. Строение сперматозоида

Оогенез — процесс образования женских половых клеток — яйцеклеток из оогониев — диплоидных клеток яичника. Он подразделяется на 4 периода:

- 1) размножение (митоз);
- 2) рост (в интерфазе происходит рост клеток и репликация ДНК);
- 3) созревание (мейоз);
- 4) формирование яйцеклеток

Схема процесса оогенеза (рис. 31)

- 1. В зоне размножения в яичнике находятся *оогонии первичные половые клетки*, делящиеся митозом.
- 2. Отдельные оогонии вступают в период роста, при этом клетки увеличиваются, и образуются *ооциты первого порядка*. Зрелые ооциты первого порядка (граафовы пузырьки) подходят к поверхности яичника, при этом стенка яичника разрывается, и ооцит первого порядка попадает в маточную трубу. Происходит захватывание ооцита бахромками маточной трубы.
 - 3. Далее ооциты первого порядка вступают в период созревания и претерпевают мейоз. Из ооцита первого порядка в результате первого

деления мейоза образуются ооцит второго порядка и первое полярное (направительное) тельце.

4. Ооциты второго порядка вступают во второе мейотическое деление. В результате второго деления формируется одна зрелая яйцеклетка (крупная клетка) и 3 полярных тельца, которые рассасываются и служат питательной средой для яйцеклетки. Таким образом, период созревания, два деления мейоза, происходят в маточной трубе.

В ходе оогенеза, как и сперматогенеза, наблюдается процесс дифференцировки клеток, приводящий к образованию гамет.

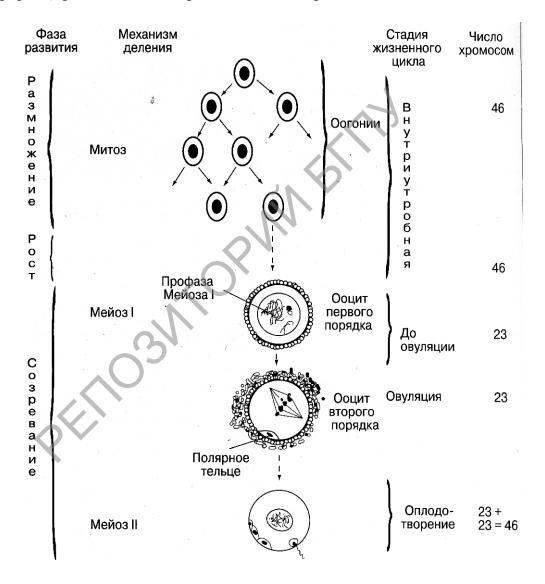


Рис. 31. Схема оогенеза

Яйцеклетка – неподвижная клетка, крупная (размеры от 100 мкм до 1 см), которая имеет несколько оболочек, состоящих из гликопротеидов, содержит большое количество цитоплазмы, питательных веществ и ядро, митохондрии, рибосомы (рис. 32). В цитоплазме яйцеклетки содержатся митохондрии, где

имеются кольцевые ДНК, через которые передается генетическая информация. Поэтому цитоплазма яйцеклетки обладает митохондриальной наследственностью. Яйцеклетка содержит все органеллы, характерные для эукариотической клетки.

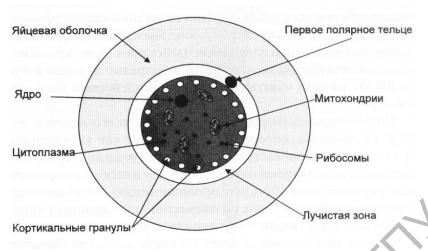
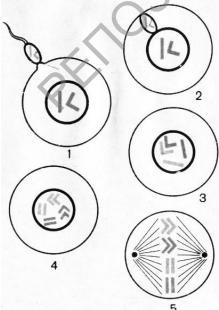


Рис. 32. Строение яйцеклетки

Оплодотворение – слияние зрелых гамет – яйцеклетки и сперматозоида, содержащих гаплоидный набор хромосом, с образованием зиготы (2n), из которой развивается многоклеточный организм.

Процесс оплодотворения включает 2 этапа (рис. 33):

- 1) проникновение головки сперматозоида в яйцеклетку
- 2) слияние гаплоидных ядер обоих гамет и образование зиготы *Зигота* клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола.



Puc. 33. Стадии оплодотворения яйцеклетки и начала деления зиготы у животных: 1 – сперматозоид, содержащий две хромосомы, прикрепляется

к поверхности яйцеклетки; 2 — сперматозоид проник в яйцеклетку; 3 — слияние ядер сперматозоида и яйцеклетки и формирование в зиготе диплоидного числа хромосом; 4 — удвоение хромосом; 5 — метафаза первого деления.

Онтогенез (индивидуальное развитие организмов) – период жизни особи от образования зиготы до конца жизни.

Различают три типа онтогенеза:

1) nuчиночный — после выхода из яйцевых оболочек организм некоторое время живет в форме личинки, существенно отличающейся от взрослой формы; 2) яйцекладный – зародыш длительное время развивается внутри яйца, личиночная стадия отсутствует; 3) внутриутробный – благодаря наличию плаценты, возникает связь тканей зародыша с материнским организмом. Наиболее сложен онтогенез многоклеточных. В ходе их онтогенеза (этапы): периоды основные зародышевый выделяют следующие (эмбриональный) – до выхода организма из зародышевых оболочек; (постэмбриональный) – до достижения половой послезародышевый зрелости, включая взрослое состояние и последующее старение организма.

Эмбриональный период – период развития зародыша, начиная с образования зиготы до выхода организма из зародышевых оболочек. Он включает 3 процесса: 1) дробление; 2) гаструляция; 3) органогенез (рис. 34).

Дробление — процесс многократного митотического деления зиготы на бластомеры. Формируются 2, 4, 8 и т. д. бластомеров. После дробления зиготы выделяют две стадии развития многоклеточного зародыша: морулу и бластулу. Стадия развития многоклеточного зародыша, состоящего из 32-х бластомеров, называется морула. На этой стадии зародыш не имеет полости, по внешнему виду схож с ягодой ежевики. Стадия развития многоклеточного зародыша, состоящего из 64-х бластомеров, называется бластула, или однослойный зародыш. Бластула имеет полость — бластоцель и покрыта бластодермой (одним слоем клеток). Бластоцель — это первичная полость тела, которая имеется у круглых червей.

Гаструляция – процесс образования зародышевых листков – эктодермы и энтодермы у двухслойных и еще мезодермы у трехслойных животных. У многих многоклеточных животных (ланцетник и др.) в ходе гаструляции происходит перемещение, впячивание вовнутрь клеток бластодермы (инвагинация), которое приводит к образованию у зародыша внутренней полости – первичной кишки, или гастроцеля. Вход в эту полость называется

бластопором. У зародыша, помимо эктодермы, формируется второй, внутренний слой клеток — энтодерма, который ограничивает внутреннюю полость (первичный кишечник, или гастроцель), открывающуюся наружу первичным ртом — гастропором. Наружный слой клеток, который соответствует бластодерме, называется эктодермой, а внутренний — энтодермой. Впервые в эволюции эктодерма и энтодерма появились у кишечнополостных.

В процессе гаструляции выделяют *две стадии зародыша* — *гаструлу и нейрулу*. Гаструла — зародыш двухслойный, который состоит из двух зародышевых листков, или двух слоев клеток — *эктодермы и энтодермы*. В конце периода гаструляции выделяют *нейрулу* — *трехслойный зародыш, у которого*, помимо эктодермы и энтодермы, имеется *третий слой клеток*, или *третий зародышевый листок* — *мезодерма*. Мезодерма впервые в эволюции появилась у трехслойных животных — плоских червей. У кольчатых червей между слоями мезодермы закладывается вторичная полость тела — *целом*, ограниченная стенками мезодермы.

Эмбриогенез — процесс образования и развития зародыша. Последовательность этапов эмбриогенеза, например, у млекопитающих следующая: зигота; бластула; гаструла; нейрула.

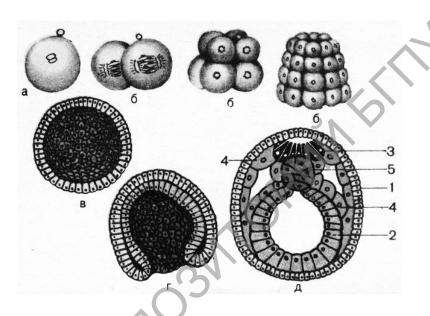


Рис. 34. Эмбриональный период развития ланцетника: а– яйцеклетка; б– 2, 8 и 32 бластомера; в – стадия бластулы; г– стадия гаструлы; д– образование осевого комплекса органов: 1– эктодерма; 2– энтодерма; 3– нервная пластинка; 4– мезодерма; 5– хорда.

Органогенез (первичный органогенез) – процесс развития тканей и органов из зародышевых листков — эктодермы, энтодермы и мезодермы. В ходе органогенеза наблюдаются морфофункциональные и биохимические различия между отдельными клетками и частями развивающегося зародыша.

Органогенез подразделяется на следующие стадии:

- 1) нейрогенез процесс формирования нервной трубки;
- 2) хордогенез процесс формирования хорды;
- 3) энтерогенез процесс формирования кишки.

В ходе этих стадий формируется комплекс осевых органов зародыша – нервной трубки, хорды, кишечной трубки.

Рассмотрим основные процессы в ходе органогенеза. В конце стадии гаструлы клетки эктодермы, находящиеся перед отверстием первичного рта делятся и образуют нервную пластинку, которая тянется вдоль спинной стороны зародыша. Затем края ее смыкаются, а центральная часть опускается, образуя нервный желобок. В итоге формируется нервная трубка — зачаток центральной нервной системы. Нервная трубка содержит полость — невроцель. Передний конец нервной трубки расширяется, и это расширение превращается в головной мозг. По бокам зачатка мозга формируются зачатки глаз. В виде впячиваний эктодермы возникают зачаточные образования органов слуха и обоняния. Таким образом, с развитием нервной системы связано развитие и органов чувств. Эктодерма также дает начало кожному покрову.

Правый и левый зачатки мезодермы отделяются от кишечной трубки в форме двух карманов. В них появляется полость, которая позже превращается во вторичную полость тела – целом.

Под нервной трубкой, между двумя зачатками мезодермы, закладывается хорда, которая тянется под нервной трубкой вдоль тела зародыша. Она располагается между нервной трубкой и кишкой. Хорда имеет энтодермальное происхождение. Позвоночник же, как и все другие скелетные образования, имеет мезодермальное происхождение.

Энтодерма также дает начало кишечнику и связанным с ним органам. Кишечник зародыша имеет форму прямой трубки, в которой появляются ротовое и анальное отверстия. Из выростов стенки кишечника развиваются органы пищеварения, легкие.

органы пищеварения, легкие.

Из эктодермы развиваются: нервная система, органы чувств (структуры органа слуха, обоняния, зрения и др.), покровная система (эпидермальный слой кожи, кожные железы — сальные и потовые, ногти, когти, волосы).

Из энтодермы развиваются: органы пищеварительной системы (желудок, пищевод, эпителий кишечника, печень, поджелудочная железа образуются из выростов стенки кишечной трубки); эндокринные железы (щитовидная и др.); легкие, жабры, плавательный пузырь у рыб и хорда.

Из мезодермы развиваются: опорно-двигательный аппарат (мышцы, сухожилия, хрящевая и костная ткани); соединительная ткань; дерма кожи и подкожная жировая клетчатка; мочевыделительная система — почки; кровеносная система — сердце с околосердечной сумкой, кровеносные сосуды; половые органы.

Таким образом, эмбриональный период развития многоклеточного организма включает следующие стадии: зигота, морула, бластула, гаструла, органогенез.

Постэмбриональный период

Это период с момента выхода организма из яйцевых оболочек, а при внутриутробном развитии зародыша млекопитающих – с момента рождения.

Выделяют два типа постэмбрионального развития:

1) прямое – личиночная стадия отсутствует и рождающийся

организм схож с родительским, только малых размеров (среди позвоночных – у птиц, пресмыкающихся, млекопитающих; среди беспозвоночных – у пауков, пиявок, многоножек);

2) непрямое — эмбриональное развитие приводит к образованию личинки (промежуточной стадии развития), отличающейся от взрослого организма внешним и внутренним строением, характером питания и т. д. Непрямое развитие характерно для многих групп животных (среди беспозвоночных — для кишечнополостных, плоских и кольчатых червей, ракообразных, насекомых; среди позвоночных — для рыб и амфибий).

Выделяют непрямое развитие с полным метаморфозом и непрямое развитие с неполным метаморфозом.

Непрямое развитие с полным метаморфозом характеризуется наличием четырех стадий: яйцо, личинка, куколка и взрослая особь (жуки, бабочки, мухи).

Непрямое развитие с неполным метаморфозом характеризуется наличием трех стадий: яйцо, личинка и взрослая особь (кузнечики, саранча, клопы, рыбы, земноводные). Личинки ведут самостоятельный образ жизни, самостоятельно питаются, строение их более простое, чем строение взрослого организма.

Личиночные (провизорные) органы — временно функционирующие органы у зародышей и личинок животных организмов, обеспечивающие связь эмбриона с организмом матери, исчезающие в процессе развития, обеспечивающие основные функции развивающегося организма. Примеры провизорных органов: трахейные жабры личинок насекомых; жабры и хвост головастика; желточный мешок, снабженный сосудами у зародышей рыб, пресмыкающихся и птиц; амнион и аллантоис у амниот, исчезающие в процессе развития. Амнион — внутренняя зародышевая оболочка, заполненная жидкостью, аллантоис — внезародышевый орган, выполняющий выделительную функцию.

Особую форму полового размножения представляет собой *партеногенез* – развитие организма из неоплодотворенной яйцеклетки. При *гаплоидном партеногенезе* организм развивается из гаплоидной яйцеклетки. У пчел, муравьев из неоплодотворенных яйцеклеток появляются гаплоидные самцы, а из оплодотворенных – диплоидные самки. При *диплоидном партеногенезе* (у дафний, тли, некоторых ящериц) ооциты самки формируют диплоидные яйцеклетки. В благоприятных условиях не происходит мейоза, диплоидные яйцеклетки развиваются и из них появляются самки.

Тесты

- 1. Какие химические элементы относятся к макроэлементам?
- а) хлор, железо, медь, магний; б) цинк, фосфор, йод, бериллий; в) кислород, азот, водород, углерод.
- 2. Какие элементы относятся к микроэлементам? а) железо, медь, хлор, магний; **б)** цинк, медь, кобальт, марганец; в) кислород, азот, водород, углерод.

- 3. Каково строение цитоплазматической мембраны?
- а) двойной слой липидов, покрытый с двух сторон молекулами белков; б) чередующиеся молекулы липидов, углеводов и белков; в) слой липидов, покрытый снаружи тонким слоем углеводов; г) белки погружены в двойной слой липидов, они также находятся на поверхности и внутри двойного слоя липидов.
- 4. Поступление веществ в клетку называется: а) фагоцитоз; **б)** эндоцитоз; в) пиноцитоз; г) экзоцитоз.
- 5. Хроматин это: а) молекула ДНК; б) молекула РНК; **в**) дезоксирибонуклеопротеид.
- 6. Рецепторная функция мембран связана с: а) интегрированными белками и липидами; б) с двойным слоем липидов и углеводами; в) периферическими белками и углеводами.
 - 7. Каков химический состав хромосом?
- а) соединение РНК с белками; **б)** соединение ДНК с белками; в) соединение ДНК с белками и углеводами.
 - 8. Какие структурные элементы характерны для всех клеток?
- а) рибосомы; б) митохондрии; в) пластиды; г) вакуоли; д) клеточный центр.
 - 9. В чем сходство клеток бактерий и растений?
 - а) наличие плазмалеммы; б) наличие ядра; в) наличие митохондрий;
 - г) наличие нуклеоида.
 - 10. Какие органеллы характерны только для растительной клетки?
- а) рибосомы; **б)** пластиды; в) митохондрии; г) вакуоли; д) клеточный центр; е) лизосомы.
 - 11. У каких клеток имеется целлюлозная клеточная стенка?
 - а) у растительных; б) у животных; в) у протистов.
 - 12. В чем состоит отличие клетки растений от клетки животных?
 - а) наличие клеточной стенки, пластид и вакуолей; б) наличие митохондрий и рибосом; в) наличие пластид, вакуолей и лизосом?
 - 13. В чем сходство клеток растений и животных?
- **а)** в наличии плазмалеммы, цитоплазмы и ядра; б) в наличии вакуолей, ядра, клеточного центра; в) в наличии плазмалеммы, клеточной стенки, ядра.
- 14. Пептидная связь образуется между атомами: а) С–С; б) N–O; в) С–N; Γ) N–N.
- 15. Выберите пару из перечисленных триплетов нуклеотидов, которые не кодируют аминокислоту, а служат сигналом о прекращении синтеза полипептидной цепи в рибосоме: а) УАГ, ГАГ; **б)** УАА, УГА; в) ААГ, УГА.
- 16. Как называется свойство генетического кода, свидетельствующее о том, что он одинаков у организмов, стоящих на разных уровнях развития: а) неперекрываемость; б) дискретность; в) универсальность; г) однозначность.

- 17. Световая фаза фотосинтеза протекает в структурных компонентах хлоропластов: **а)** на мембранах тилакоидов: б) в строме; в) на наружной мембране хлоропластов.
- 18. Какие из перечисленных веществ, образующихся в световой фазе фотосинтеза, участвуют в темновой фазе в фиксации CO_2 ?
 - а) О₂ и Н₂О; **б)** АТФ и НАДФ Н; в) АТФ и Н₂О.
- 19. В процессе световой фазы фотосинтеза энергию света растения используют для образования: а) крахмала; б) глюкозы и O_2 ; в) $AT\Phi$, $HAД\Phi$ H_2 и O_2 .
- 20. Укажите конечные продукты бескислородного этапа энергетического обмена: а) CO_2 и H_2O ; б) ПВК, 2 АТФ; НАД H_2 ; в) 38 молекул АТФ.
- 21. Признаком, общим для процессов фотосинтеза и аэробного дыхания, является: а) протекание в пластидах; б) протекание в митохондриях; в) перенос протонов водорода через мембрану; г) синтез органических веществ.
- 22. Бластула это: а) однослойный зародыш; б) двухслойный зародыш; в) трехслойный зародыш.
- 23. Гаструла это: а) однослойный зародыш; б) двухслойный зародыш; в) трехслойный зародыш.
- 24. Органы, образующие осевой комплекс у хордовых: а) хорда; б) нервная трубка; в) пищеварительная трубка; г) все ответы верны.
- 25. Структуры, формирующиеся из эктодермы в процессе органогенеза: а) кости и мышцы; **б)** нервная система и эпителий кожи; в) эпителий кишечника и щитовидная железа; **г)** спинной мозг; д) хорда; **е)** волосы, ногти; **ж)** глаза; з) хрящевая ткань.
- 26. Выберите формы бесполого размножения: а) конъюгация и партеногенез; б) апомиксис и почкование; в) почкование и простое деление; г) простое деление и копуляция.
 - 27. Первая закономерность правила Чаргаффа:
 - а) $A=\Gamma$; **б**) $A=\Gamma$; в) $A=\coprod$.
- 28. Вторая закономерность правила Чаргаффа: **a)** $A+\Gamma=T+\coprod$; б) $A+T=\Gamma+\coprod$; в) $A+Y=\Gamma+\coprod$.
- 29. Транскрибируемый участок цепи ДНК, кодирующий полипептид, имеет следующую последовательность нуклеотидов: ТТТЦГАГЦАААА. Укажите антикодоны т-РНК, принимающие участие в биосинтезе данного полипептида: а) АААГЦУЦГУУУУ; б) ТТТЦГАГЦАААА; в) АААГЦТЦГТТТТ; г) УУУЦГАГЦАААА.
- 30. Диплоидный набор клетки составляет 64 хромосомы. Сколько хроматид направляется к каждому полюсу в анафазе второго мейотического деления? а) 8; б) 16; в) 32; г) 64.
- 31. Отметьте признаки, характерные для и-РНК: **a)** одна полинуклеотидная цепь; б) две полинуклеотидные цепи; **в)** содержит урацил; г) содержит тимин; **д)** содержит рибозу; е) содержит дезоксиоибозу.

- 32. Сколько адениловых нуклеотидов содержится во фрагменте молекулы ДНК, если в нем обнаружено 50 цитидиловых нуклеотидов, что составляет 20 % от общего количества нуклеотидов в данном фрагменте ДНК? а) 50; **б**) 75; в) 100.
- 33. Конъюгация гомологичных хромосом при мейозе происходит; **a**) в профазе первого деления; б) в метафазе первого деления; в) в профазе второго деления.
- 34. Отметьте, что характерно для гликолиза?: **a)** осуществляется в гиалоплазме клеток; б) одним из конечных продуктов является CO_2 ; в) протекает на мембранных структурах; **г)** в результате гликолиза образуются $2AT\Phi$ и $2HAJH+H^+$.
- 35. При расщеплении глюкозы происходит образование пировиноградной кислоты: **a)** в процессе гликолиза в цитоплазме клетки; б) в процессе гликолиза в матриксе митохондрий; в) на мембранах митохондрий.
- 36. Фотосистема I имеет максимум поглощения света в диапазоне: a) 550–600 нм; б) 600–650 нм; в) 670–700 нм; г) 700–750 нм.
- 37. В процессе фотосинтеза крахмал образуется: а) в темновой фазе в тилакоидах; **б)** в темновой фазе в строме хлоропластов; в) в световой фазе в строме хлоропластов.
- 38. Из мезодермы у хордовых формируются: **а)** скелетные мышцы; б) нервная система; **в)** почки, мочеточники, мочевой пузырь; г) эпителий кожи; д) хорда; ж) эпителий кишечника, печень, поджелудочная железа.
- 39. Из энтодермы у хордовых формируются: **а)** печень, поджелудочная железа, эпителий кишечника; б) скелетные мышцы; в) нервная система; г) органы выделения; д) эпителий кожи; **е)** хорда; **ж)** легкие, плавательный пузырь.
- 40. Из эктодермы у хордовых формируются: а) печень, поджелудочная железа, эпителий кишечника; б) скелетные мышцы; в) нервная система; г) органы выделения; д) эпителий кожи; е) хорда; ж) легкие, плавательный пузырь.
- 41. Выберите стадии развития позвоночных животных, являющиеся эмбриональными: *а) морула; б) бластула; в) гаструла; г) нейрула;* д) личинка.
- 42. В ходе сперматогенеза (овогенеза) первое мейотическое деление происходит на стадии: а) сперматогониев; **б**) сперматоцтитов (овоцитов) 1-го порядка; в) сперматоцитов 2-го порядка.
- 43. Диплоидный набор хромосом имеет: **а)** оогоний; б) ооцит второго порядка; в) сперматоцит второго порядка.
- 44. В процессе мейоза кроссинговер происходит на стадии: **а)** профазы-1; б) профазы-2; в) метафазы-1; г) анафазы-1.
 - 45. Центриоли состоят из белка: а) актина; б) миозина; в) тубулина.

- 46. Активный центр фермента представляет собой сочетание кофактора А и: а) небелковой части кофермента; **б)** белковой части апофермента; в) активного центра фермента.
- 47. Путем эндоцитоза осуществляется: а) секреция трипсина поджелудочной железой; б) выделение пепсина главными клетками желез желудка; в) поглощение яйцеклеткой питательных веществ из окружающих ее фолликулярных клеток.
- 48. Ооцит второго порядка в процессе овогенеза образуется: **a)** в период созревания; **б)** в маточной трубе; в) в яичнике.
- 49. В результате, каких процессов синтезируется АТФ: **а)** фотосинтеза; **б)** дыхания; в) биосинтеза белка; **г)** брожения; д) репликации ДНК; **е)** гликолиза.
- 50. Какие углеводы относятся к: 1 моносахаридам гексозам; 2 моносахаридам пентозам; 3 дисахаридам; 4 полисахаридам: а) глюкоза; б) фруктоза; в) рибулеза; г) мальтоза; д) лактоза; е) гликоген; ж) рибоза; з) инулин; и) хитин. Ответ: 1— а, б; 2— в, ж; 3— г, д; 4— е, з, и.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

Основные генетические представления и понятия

Генетика – наука, изучающая универсальные для всех живых организмов законы наследственности и изменчивости.

Наследование — процесс передачи генетической информации через гаметы (морфологических, биохимических и физиологических и др. признаков) от родителей к потомству. Наследственность — свойство живых организмов передовать из поколения в поколение генетические признаки.

Гомологичные пары. В соматических клетках есть два набора хромосом, т.к. от каждого из родителей в клетку попадает по одному набору хромосом. Каждая хромосома составляет пару с хромосомой из другого набора. Парные хромосомы идентичны и несут те же самые гены. В клетках человека находятся 23 пары гомологичных хромосом.

Гомологичные хромосомы — хромосомы одинаковые по форме и размерам, парные, содержащие одинаковые гены, которые расположены в идентичных участках и отвечают за один и тот же признак. Гомологичные хромосомы образуются в зиготе после слияния гаплоидных ядер яйцеклетки и сперматозоида. Одна из гомологичных хромосом — материнская, а вторая — отцовская.

Аутосомы и половые хромосомы. Аутосомы — все хромосомы, кроме половых. В соматических клетках каждая аутосома представлена дважды. Их всего 22 пары. Аутосомами они называются за внешнее сходство. Половые хромосомы, 23-я пара, определяют пол человека.

Аллельные гены — гены, которые расположены в идентичных участках гомологичных хромосом. Аллельные гены — ${\bf A}$ и ${\bf a}$; ${\bf B}$ и ${\bf B}$; ${\bf A}$ и ${\bf A}$; ${\bf B}$ и ${\bf B}$ и ${\bf t}$. д. —

образуют *аллеломорфные пары*. Различные формы гена называются *аллелями*. Наследуются две аллели каждого гена: одна от матери и вторая – от отца.

Ген — функциональный участок молекулы ДНК, содержащий код (несколько тысяч пар нуклеотидов), определяющий синтез одной из видов РНК, последовательность аминокислот в полипептиде (белке), который обеспечивает какой-либо признак.

Различают *доминантные* и *рецессивные гены*. *Рецессивный ген* – ген, проявление которого подавляется другими аллелями данного гена.

 Γ еноти — совокупность ядерных генов организма, или совокупность генов для данного признака. Φ еноти — совокупность всех признаков и свойств организма, или выражение аллелей генов.

Гомозигота — организм, гомологичные хромосомы которого в данных локусах несут одинаковые аллельные гены (аллели). Она формирует один тип гамет. Например гомозигота **AA** формирует гаметы **A**, **A**; гомозигота **BB** формирует гаметы одного типа **B**, **B**; гомозигота **aa** формирует гаметы **a**, **a** и т. д.

 Γ етерозигота — организм, гомологичные хромосомы которого в данных локусах несут разные аллельные гены (аллели). Она формирует два типа гамет. Например, гетерозигота \mathbf{Aa} формирует гаметы двух типов \mathbf{A} и \mathbf{a} ; гетерозигота \mathbf{Bb} — гаметы \mathbf{B} и \mathbf{B} .

Гемизигота – диплоидный организм, в котором присутствует один ген из аллельной пары, и, при этом, признак проявляется. Например, у гемизиготы

Х^dУ гены d и D отсутствуют в У-хромосоме, но, несмотря на это, признак (заболевание дальтонизм) проявится.

Дигетерозигота – объединение двух гетерозигот в один организм. Она формирует четыре типа гамет. Например, дигетерозигота AaBb формирует гаметы: **AB**, **Ab**, **aB**, **ab**.

Задачи и методы генетического исследования

Основными задачами генетики являются: 1) изучение механизмов и закономерностей наследования генетической информации; 2) изучение механизмов и закономерностей изменчивости организмов; 3) выявление способов исправления повреждений генетического аппарата и др.

Основными методами генетического исследования являются: 1) метод скрещиваний (гибридологического анализа), разработанный Г. Менделем, суть которого заключается в анализе наследования отдельных альтернативных признаков в ряду поколений, в количественном учете потомков с различной комбинацией признаков; 2) цитогенетический — изучение кариотипа (набора хромосом) в клетках различных групп организмов с целью выявления мутаций; 3) биохимический — изучение химического состава клеток и активности ферментов, которая определяется наследственностью; 4) генеалогический метод, используемый в генетике человека и селекции животных, позволяющий изучать их родословные и др.

Закономерности наследования признаков

закономерностей Началом ДЛЯ объяснения наследования признаков послужили многолетние опыты чешского ученого Г. Менделя по скрещиванию нескольких сортов гороха (1856–1863 гг.). В 1865 году вышла его работа «Опыты над растительными гибридами», в которой он изложил закономерности наследования признаков. Γ. Мендель разработал генную теорию исследованиях своих использовал метод наследственности. В ОН гибридологического анализа (метод скрещиваний). Гибридизация – получение гибридных организмов от скрещивания генетически различающихся организмов.

Гибрид — организм, полученный в результате скрещивания двух форм с альтернативными (контрастными) признаками. Для опытов Г. Мендель использовал растение-самоопылитель — душистый горошек. При самоопылении был получен генетически чистый материал (*чистые линии*, или гомозиготы).

Г. Мендель выделил 2 типа скрещивания – моногибридное и дигибридное.

Моногибридное — скрещивание *по одной паре* альтернативных признаков. Доминантный аллельный ген $\bf A$ определяет развитие желтой окраски семян, а рецессивный аллельный ген $\bf a$ — зеленой окраски. Таким образом, развитие признака окраски семян обусловлено одной парой аллельных генов, $\bf A$ и $\bf a$.

Дигибридное — скрещивание по двум парам альтернативных признаков. Аллельные гены $\bf A$ и $\bf a$ определяют развитие, соответственно, желтой и зеленой окраски семян, а аллельные гены $\bf B$ и $\bf b$ — детерминируют развитие формы семян, соответственно, ген $\bf B$ — гладкой и ген $\bf b$ — морщинистой. Таким образом, развитие признаков обусловлено двумя парами аллельных генов ($\bf A$ и $\bf a$ — гены окраски; $\bf B$ и $\bf b$ — гены формы).

 Γ . Мендель ввел следующую буквенную символику: \mathbf{P} – родители; \mathbf{A} – доминантный (подавляющий) аллель гена окраски; \mathbf{a} – рецессивный (подавляемый) аллель гена окраски; \mathbf{x} – скрещивание; $\mathbf{F}_{1,2}$ – гибриды первого и второго поколений; $\mathbf{A}\mathbf{A}$ – доминантная гомозигота; аа – рецессивная гомозигота; $\mathbf{A}\mathbf{a}$ – гетерозигота.

Закономерности наследования при моногибридном скрещивании

Моногибридное скрещивание включает два этапа.

Первый этап — скрещивание гомозиготных доминантных и гомозиготных рецессивных особей.

- $P \overset{\frown}{+} AA \ x \overset{\frown}{\frown} aa \ \ (AA особи с желтыми семенами; аа особи с зелеными семенами) <math>G A. \ a$
- F_1 Аа (полное доминирование, т. к. все особи с желтыми семенами)

Полное доминирование — доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного гена, и поэтому все особи имеют семена желтой окраски.

Первый закон Γ . Менделя — закон единообразия гибридов первого поколения — при скрещивании гомозиготных особей, различающихся по одной паре альтернативных признаков, наблюдается единообразие гибридов первого поколения, как по генотипу, так и по фенотипу.

Второй этап — скрещивание гибридов первого поколения, т. е. гетерозиготных особей между собой.

$$P \supseteq Aa \times Aa$$

GA, a, A, a

 F_2 AA; Aa; Aa; аа (расщепление по фенотипу -3:1).

Bторой закон Γ . Менделя — закон расщепления — при скрещивании гетерозиготных особей, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, наблюдается расщепление в соотношении 3:1 — по фенотипу и 1:2:1 — по генотипу.

Г. Мендель также исследовал неполное доминирование (промежуточное наследование). Неполное доминирование встречается в том случае, когда доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного гена и проявляется промежуточный характер наследования. При скрещивании гомозиготных растений ночной красавицы с красными (AA) и белами (аа) цветками в первом поколении наблюдается промежуточный характер наследования, т. к. появляются особи с розовыми цветками (Aa).

G A, а белыми цветками)

F₁ Аа (растения с розовыми цветками)

При скрещивании гетерозиготных особей с розовыми цветками между собой наблюдается расщепление в соотношении 1:2:1, как по фенотипу, так и по генотипу.

$$P \supseteq Aa \times Aa$$

G A, a, A, a

F₂ AA; Aa; Aa; aa

При неполном доминировании получено: 1 часть растений с красными цветками (AA), 2 части растений с розовыми цветками (Aa) и 1 часть – с белыми цветками (aa).

Гипотеза чистоты гамет предложена английским ученым У. Бэтсоном: пары альтернативных признаков (гены) между собой не смешиваются при образовании гамет, остаются в чистом аллельном состоянии, и в ходе мейоза в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары. Гипотеза чистоты гамет поясняет, что закономерности наследования признаков — результат случайного сочетания гамет, хромосом и генов.

Моногибридное анализирующее скрещивание. Если при полном доминировании не известен генотип особи с доминантным признаком, то для его определения используют моногибридное анализирующее скрещивание. В этом случае возможны два варианта скрещиваний: 1) скрещивание доминантной гомозиготы с рецессивной гомозиготой по данной аллели, 2) скрещивание гетерозиготы с рецессивной гомозиготой.

1) P
$$\bigcirc$$
 AA x \bigcirc aa 2) P \bigcirc Aa x \bigcirc aa

$$G A$$
, a $G A$, a , a $F_1 Aa$; aa

В первом случае в результате скрещивания в F_1 нет расщепления, поэтому анализируемая особь — гомозигота (AA). Во втором случае в F_1 наблюдается расщепление в соотношении 1:1, поэтому анализируемая особь — гетерозигота (Aa).

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Определите вероятность рождения светловолосых и темноволосых детей, если оба родителя гетерозиготные и темноволосые.

Решение

Ген Признак

А - темные волосы,

а - светлые волосы

 $P \supseteq Aa \times A Aa$

G A, a, A, a

F₁ AA; Aa; Aa; aa

Ответ: вероятность рождения светловолосых детей -25~% и темноволосых -75~%.

Задача 2. Стандартные норки имеют коричневый мех (ген A), а алеутские-голубосерый (ген а). Какова вероятность в % рождения норки с голубовато-серым мехом при скрещивании гомозиготной норки с коричневым мехом и норки с голубовато-серым мехом?

Решение.
$$P \supseteq AA \times \emptyset$$
 аа $G A$, а $F_1 Aa$

Ответ: вероятность рождения норки с голубовато-серым мехом -0 %.

Задача 3. Синдактилия (сращение пальцев) — доминантный признак. Какова вероятность в % рождения детей со сросшимися пальцами, если один из родителей гетерозиготен, а второй имеет нормальную кисть?

Решение.

Ген Признак

А синдактилия

а нормальная кисть

 $P \ \ \stackrel{\textstyle \frown}{\rightarrow} \ Aa \ \ x \ \ \stackrel{\textstyle \frown}{\circlearrowleft} \ aa$

G A, a, a

 F_1 **Aa**; aa

Ответ: вероятность рождения детей со сросшимися пальцами (Aa) -50 %.

 $3a\partial a 4$. Пятнистость у крупного рогатого скота обусловлена промежуточным наследованием. Скрестили черных коров с белыми. Определить, как пойдет расщепление в F_2 ?

Решение. Ген A определяет черную окраску шерсти; ген а – белую окраску шерсти

$$P \supseteq AA \times \circlearrowleft aa$$
 $G A \times a$
 $F_1 Aa$
 $P (F_1) \supseteq Aa \times \circlearrowleft Aa$
 $G A a \times A a$
 $F_2 AA; Aa; Aa; Aa; aa$

Ответ: в F_2 расщепление пойдет следующим образом: 25 % особей черной окраски, 50 % – пятнистых и 25 % особей белых.

 $3a\partial a va$ 5. У томатов доминантный ген **A** обусловливает нормальную высоту растений, а ген **a** – карликовость. Каковы генотипы родителей, если получено 50 % растений низких и 50 % растений нормальной высоты.

Решение. Для определения генотипов родителей необходимо провести моногибридное анализирующее скрещивание. В условии задачи сказано, что в потомстве имеет место расщепление 1:1. Следовательно, родительские особи имеют генотипы Аа и аа.

Ответ: генотипы родителей – Аа и аа.

Задача 6. Куры с белым оперением при скрещивании между собой дают белое потомство, а куры с черным оперением — черное. Потомство от скрещивания белых и черных особей — голубое. Какой процент потомства от скрещивания голубого петуха и курицы будет с голубым оперением?

Решение.

 Ген
 Признак

 А
 черное оперение

 а
 белое оперение

 Аа
 голубое оперение

Потомство, полученное от скрещивания белых и черных особей, имело голубое оперение, что свидетельствует о промежуточном характере наследования. При скрещивании петуха и курицы с голубым оперением (♀ Aa x ♂ Aa) получено расщепление: 25 % особей (генотип **AA**) с черным оперением, 50 % особей с голубым оперением (генотип **Aa**) и 25 % особей с белым оперением (генотип **aa**).

Ответ: 50 % особей (генотип Аа) будут иметь голубое оперение.

Задача 7. У человека ген b определяет врожденную глухонемоту. В норме слух и речь наследуются как доминантный признак. Здоровая женщина вступила в брак со здоровым мужчиной. У каждого из них один из родителей был глухонемой. Какова вероятность рождения у них глухонемого ребенка?

 Решение
 Признак

 b
 врожденная глухонемота

 B
 нормальный слух и речь

 P $\stackrel{\frown}{\hookrightarrow}$ Bb x $\stackrel{\frown}{\circlearrowleft}$ Bb

 G B, b, B, b

F₁ BB; Bb; Bb: bb

Ответ: вероятность рождения глухонемого ребенка (bb) -25 %.

Задача 8. В семье один из супругов страдает альбинизмом, а второй имеет нормальную пигментацию кожи. У них родились два ребенка: один здоров, а второй болен альбинизмом. Какова вероятность в % рождения второго ребенка с альбинизмом?

Решение

Ген Признак а альбинизм

А нормальная пигментация кожи

 $P \subsetneq Aa \times \emptyset aa$ $G \quad A, a, a$ $F_1 \quad Aa; aa$

Ответ: вероятность рождения второго ребенка с альбинизмом (генотип аа) такая же, как и первого -50~%

Задача 9. У человека ген b обусловливает врожденную глухонемоту. Наследственно глухонемой мужчина женился на женщине с нормальным слухом. Дети родились глухонемые и здоровые в одинаковом количественном соотношении, с генотипами Вb и bb. Определите генотипы родителей.

Решение

 Ген
 Признак

 b
 глухонемота

В нормальные слух и речь

Глухонемые дети могут иметь только генотип bb; дети с нормальным слухом могут быть и гомозиготными и гетерозиготными по генотипу BB или Bb. По условию задачи дети родились в одинаковом количественном соотношении, и здоровые и глухонемые, с генотипами Bb и bb. Это возможно только в том случае, если мать гетерозиготна (Bb). Данная схема — анализирующее скрещивание с расщеплением 1:1.

1)
$$P \subsetneq -b \times \circlearrowleft bb$$
 2) $P \subsetneq Bb \times \circlearrowleft bb$ $G \to b$ $G \to b$

Ответ: генотипы родителей – Вb и bb

Задача 10. Серповидноклеточная анемия обусловлена рецессивным геном s, который в гомозиготном состоянии ss вызывает гибель людей от анемии. Люди с генотипом SS не страдают анемией, но страдают малярией. Гетерозиготы Ss жизнеспособны, т. к. в меньшей степени, чем SS, страдают малярией и не болеют анемией. Какова доля жизнеспособного потомства у гетерозиготных родителей? Решение

Признак	Ген	Генотип
Анемия	S	SS
Страдают малярией	S	SS
В меньшей степени,		Ss
чем SS, страдают		
малярией		

 $P \supseteq Ss \times A Ss$

G S, s S, s

 F_1 SS, Ss, Ss, ss

Особи с генотипом ss погибают в раннем возрасте.

Ответ: доля жизнеспособного потомства у гетерозиготных родителей составляет 75 %.

Взаимодействие аллельных генов

пределах одной аллели Взаимодействие аллельных генов может неполного доминирования. или muny полного доминирование наблюдается, если доминантный ген полностью подавляет рецессивный ген. При этом гомо- и гетерозиготы не различимы фенотипически. Неполное доминирование проявляется в том случае, если доминантный ген не полностью подавляет рецессивный ген. При этом в первом поколении гибридов воспроизводятся признаки родителей наблюдается промежуточное наследование.

Например, при скрещивании черной (BB) и белой (bb) пород собак, все поколение (Bb) будет пятнистое (далматинская порода). Во втором поколении наблюдается расщепление, одинаковое по фенотипу и генотипу: 1 часть собак имеет черную окраску шерсти (BB), 2 части – пятнистую (Bb) и 1 часть – белую окраску шерсти (bb).

Кодоминирование — такое взаимодействие аллельных генов, когда оба аллельных гена равноценны и не подавляют проявление друг друга. Пример — I^B $^-$ IV группа крови. У людей IV группы крови в эритроцитах содержится антиген A и антиген B, их генотип — I^A I^B .

Четвертая группа крови у людей обусловлена одновременным присутствием в генотипе двух кодоминантных, т. е. не подавляющих проявление друг друга генов I^A и I^B ($I^A = I^B$). При этом ген I^A определяет синтез в эритроцитах антигена A, а ген I^B — синтез антигена B. Оба вместе кодоминантных гена детерминируют четвертую группу крови. Однако эти гены кодоминантны по отношению друг к другу, но доминантны по отношению к гену I^o . Таким образом, $I^A = I^B$, но $> I^o$.

Сверхдоминирование — большая выраженность признака у гетерозиготных особей, чем у гомозиготных, при которой проявляется большая жизненная сила и устойчивость организма.

Множественный аллелизм

В популяции может встречаться более двух аллельных генов. Такое явление называется множественный аллелизм. Например, группы крови человека определяются тремя аллельными генами: I^0 , I^A , I^B . У гомозигот они комбинируются следующим образом: $I^0 I^0$, $I^A I^A$, $I^B I^B$, а у гетерозигот — $I^A I^0$,

$$I^B I^{\bar{0}} I^A I^B$$
.

Примером множественного аллелизма также являются множественные аллели окраски шерсти у кроликов:

кролик-альбинос – аллель а;

гималайский кролик — аллель a_1 ;

кролик сплошной серой окраски — аллель a_2 ;

При этом, аллель сплошной серой окраски $-a_2 > a$ и a_1 ; аллель белой окраски $a < a_1$, a_2 ; аллель гималайской окраски $a_1 > a$, но $< a_2$.

Во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу 3:1.

Например, скрещивание гималайского и серого кроликов.

Во втором поколении получено расщепление: 3 части кроликов со сплошной серой окраской (их генотипы — $a_2 \, a_1$; $a_2 \, a_1$; $a_2 \, a_1$) и 1 часть гималайских кроликов (их генотип $a_1 \, a_1$).

Множественный аллелизм. Решение типовых задач

Задача 1. У детей группа крови А, у отца –0. Какая группа крови у матери?

Задача 2. Гетерозиготная женщина со второй группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину с третьей группой крови. Какие группы крови могут иметь дети?

Люди с различными группами крови могут иметь следующие генотипы:

Ответ: дети могут иметь I, II, III, IY группы крови.

Закономерности наследования при дигибридном скрещивании

Дигибридное скрещивание — скрещивание особей по двум парам альтернативных признаков (окраска и форма семян). При дигибридном скрещивании мы имеем дело с разными парами аллелей. Одна такая пара содержит гены окраски семян (желтые, зеленые), а вторая — формы семян (гладкие, морщинистые). Ген **A** определяет желтую окраску семян; ген **a** — зеленую окраску семян; ген **B** — определяет гладкую форму семян; b— морщинистую форму семян.

Дигибридное скрещивание включает два этапа.

Первый этап — скрещивание исходных родительских форм — гомозиготных доминантных и гомозиготных рецессивных особей, различающихся по двум парам аллелей.

$$F_1$$
 AaBb семенами)

В первом поколении получены все дигетерозиготные особи с генотипом AaBb.

Второй этап – скрещивание дигетерозиготных особей между собой.

$$P \supseteq AaBb \times AaBb$$

$$F_2 A - B - 9$$
; $A - b - 3$; $a - B - 3$; $aabb - 1$

Все 16 генотипов второго поколения гибридов можно представить в таблице (решетка Пеннета).

Гаметы

9	AB	Ab	aB	ab
AB	ABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	aABb	aAbb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Во втором поколении получено расщепление по фенотипу в следующем соотношении: 9 частей — растения с желтыми гладкими семенами; 3 части — растения с желтыми морщинистыми семенами, 3 части — растения с зелеными гладкими семенами и 1 часть — растения с зелеными морщинистыми семенами.

Закон независимого наследования генов – третий закон Г. Менделя

Независимое комбинирование хромосом при мейозе является основой третьего закона Менделя. Закон независимого наследования генов формулируется следующим образом: при дигибридном скрещивании аллельные гены наследуются независимо друг от друга и в ходе образования гамет комбинируются в различных сочетаниях (например, у гетерозиготы \mathbf{Aa} ген \mathbf{a} наследуется независимо от гена \mathbf{A} и может комбинироваться с генами \mathbf{B} , \mathbf{b}).

Независимое наследование генов можно доказать с помощью *дигибридного анализирующего скрещивания*.

$$P \supseteq AaBb \quad x \quad \circlearrowleft aabb$$
 $G AB, Ab, \quad ab$
 $aB, \quad ab$

F₁ AaBb; Aabb; aaBb; aabb

Согласно Γ . Менделю гены в хромосомах расположены независимо, по отдельности. Поэтому генотипы потомства F_1 можно записать в виде следующих цитологических формул:

В результате дигибридного анализирующего скрещивания получено расщепление в соотношении 1:1:1:1. Два фенотипических класса особей (50 %) повторяют фенотип и генотип родителей. Два других фенотипических класса (50 %) — новые особи, являющиеся комбинацией родительских признаков. Появление зеленых гладких и желтых морщинистых семян гороха во втором поколении от скрещивания растений с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами служит примером комбинативной изменчивости.

Основные причины появления особей с комбинацией родительских признаков: 1) кроссинговер — обмен идентичными участками гомологичных хромосом и содержащимися в них генами; 2) независимое наследование генов.

Из третьего закона Менделя следует, что при скрещивании форм, различающихся двумя парами генов (АВ и аb) образуется гибрид, АаВь, формирующий четыре типа гамет АВ, АЬ, аВ, аb в равных количествах (по 25 % каждого типа). В соответствии с этим в анализирующем скрещивании наблюдается расщепление 1:1:1:1, т. е. сочетания генов, свойственные родительским формам (АВ и аb), встречаются с такой же частотой, как и комбинации признаков у новых особей (Аb и аВ). В результате, в анализирующем скрещивании в потомстве количество каждого генотипа составит 25 %.

Г. Мендель является автором *генной теории наследственности*. Ее основные положения следующие: 1) от родителей к потомству передаются гены, которые определяют развитие признаков; 2) развитие каждого признака контролируется двумя аллельными генами, полученными от отцовской и материнской особей; 3) доминантный и рецессивный аллельные гены между собой не смешиваются, а

наследуются независимо друг от друга; 4) при образовании гамет в каждую из них попадает только один ген из аллельной пары, так как гены расположены в хромосомах по отдельности.

Современники Г. Менделя не смогли оценить важность сделанных им выводов, и только в 1900 г. эти закономерности были переоткрыты и правильно оценены немецким ботаником К. Корренсом, австрийским генетиком Э. Чермаком и голландским ботаником — Гуго Де Фризом.

Дигибридное скрещивание. Примеры решения типовых задач

Задача 1. У человека сложные формы близорукости доминируют над нормальным зрением, карий цвет глаз — над голубым. Кареглазый близорукий мужчина, мать которого имела голубые глаза и нормальное зрение, женился на голубоглазой женщине с нормальным зрением. Какова вероятность в % рождения ребенка с признаками матери?

P	еше	211	ıe
	cuic	nu	ıc

1 ешение	
Ген	Признак
A	развитие близорукости
a	нормальное зрение
В	карие глаза
b	голубые глаза
$P \stackrel{\bigcirc}{=} aabb \ x \stackrel{\frown}{\circ} AaBb$	
G ab, AB, Ab aB, ab	70
F ₁ AaBb; Aabb; aaBb;	aabb

Ответ: голубые глаза и нормальное зрение имеет ребенок с генотипом ааbb. Вероятность рождения ребенка с такими признаками составляет 25 %.

Задача 2. У человека рыжий цвет волос доминирует над русым, а веснушки – над их отсутствием. Гетерозиготный рыжеволосый без веснушек мужчина женился на русоволосой женщине с веснушками. Определить в % вероятность рождения ребенка рыжеволосого с веснушками.

Решение

Ген	Признак
A	рыжие волосы
a	русые волосы
В	наличие веснушек
b	отсутствие веснушек
$P \supseteq Aabl$	o x 👌 aaBB
G Ab, a	ıb, aB
F ₁ AaBh	aaBh

Рыжеволосый ребенок с веснушками имеет генотип AaBb. Вероятность рождения такого ребенка составляет 50 %.

Ответ: вероятность рождения рыжеволосого с веснушками ребенка составляет 50 %.

Задача 3. Гетерозиготная женщина, имеющая нормальную кисть и веснушки, вступила в брак с шестипалым гетерозиготным мужчиной, у которого нет веснушек. Какова вероятность рождения у них ребенка с нормальной кистью и без веснушек?

Решение

 Ген
 Признак

 A
 шестипалость (полидактилия),

 а
 нормальная кисть

 В
 наличие веснушек

 b
 отсутствие веснушек

 Р ♀ ааВь х ♂ Aabь

 G аВ, аь, Аь, аь

F₁ AaBb; Aabb; aaBb; **aabb**

Ответ: вероятность рождения ребенка с генотипом aabb (с нормальной кистью, без веснушек) составляет 25 %.

Задача 4. Гены, определяющие предрасположенность к катаракте и рыжие волосы, находятся в разных парах хромосом. Рыжеволосая с нормальным зрением женщина вышла замуж за светловолосого мужчину с катарактой. С какими фенотипами у них могут родиться дети, если мать мужчины имеет такой же фенотип, как и жена?

Решение

 Ген
 Признак

 A
 светлые волосы, рыжие волосы

 B
 развитие катаракты нормальное зрение

 P
 Q
 aabb
 x
 AaBb

 G
 ab, AB, Ab, aB, ab

 F₁
 AaBb; Aabb; aabb; aabb

Ответ: фенотипы детей – светловолосый с катарактой (AaBb); светловолосый без катаракты (Aabb); рыжеволосый с катарактой (aaBb); рыжеволосый без катаракты (aabb).

Задача 5. Какова вероятность в процентах рождения ребенка с сахарным диабетом, если оба родителя являются носителями рецессивного гена сахарного диабета. При этом у матери резус-фактор крови положительный, а у отца – отрицательный. Оба родителя являются гомозиготами по гену, определяющему

развитие резус-фактора. Кровь, с каким резус-фактором будет у детей этой семейной пары?

Решение

Ген Признак

 A
 нормальный углеводный обмен

 a
 развитие сахарного диабета

 Rh⁺
 резус-положительная кровь

 rh⁻
 резус-отрицательная кровь.

 $P \supseteq AaRh^+Rh^+ \times \land Aarh^-rh^ G ARh^+, aRh^+, Arh^-, arh^-$

F₁ AARh⁺rh⁻; AaRh⁺rh⁻; **aaRh**⁺rh⁻

Ответ: вероятность рождения ребенка с сахарным диабетом -25 %, у всех детей в этой семье будет положительный резус-фактор.

Задача 6. Нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, раннеспелость над позднеспелостью. Гены обоих признаков находятся в разных парах хромосом. Какой процент позднеспелых растений нормального роста можно ожидать от скрещивания гетерозиготных по обоим признакам растений?

Решение

Признак	Ген	Генотип
Нормальный рост	A	AA, Aa
Гигантизм	a	aa
Раннеспелость	В	BB, Bb
Позднеспелость	b	bb

 $P \hookrightarrow AaBb$ $x \circlearrowleft AaBb$ G AB, Ab, aB, ab aB, ab

Гаметы

3 9	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

 F_2 A - B - -9 частей; **A -b - -3 части**; а - B - -3 части; ааbb -1 часть Позднеспелые растения нормального роста имеют генотипы AAbb, Aabb, Aabb (выделены в решетке Пеннета) и составляют 3/16 (18,7%).

Ответ: 18,7 % позднеспелых растений нормального роста можно ожидать от скрещивания гетерозиготных по обоим признакам растений.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. При скрещивании растений земляники с красными (AA) и белыми плодами (aa) у гибридов получена розовая окраска плодов. Определите тип взаимодействия генов, укажите фенотипы и генотипы потомков от скрещивания растений с красными и розовыми плодами.
- 2. У флоксов белая окраска цветков (A) доминирует над кремовой (a), а плоский венчик (B) над воронковидным (в). Пизнаки наследуются независимо. Растение с белыми воронковидными цветками скрещено с растением, имеющим кремовые плоские цветки. Из 76 потомков 37 имеют белые плоские цветки и 39 белые воронковидные. Установите генотипы родителей: a) Aabb, aaBb; б) Aabb, aabb; в) AAbb, aaBb; г) AABb, aaBb.
- 3. У тыквы желтая окраска цветков (A) доминирует над белой (a), а эллипсовидные плоды (B) над округлыми (b). Указанные признаки наследуются независимо. Скрестили растение с белыми цветками и округлыми плодами с растением, имеющим белые цветки и эллипсовидные плоды. В потомстве 50 % растений оказались с белыми цветками и округлыми плодами и 50 %— с белыми цветками и эллипсовидными плодами. Определите генотипы родительских растений.

Сцепленное наследование генов. **Хромосомная теория наследственности Т. Моргана**

Согласно Г. Менделю гены наследуются независимо и располагаются в разных хромосомах. Дигетерозиготу AaBb в виде цитологической формулы можно представить следующим образом:

В ходе мейоза она формирует 4 типа гамет: AB, Ab, aB, ab.

В 1911–1912 гг. американский генетик Т. Морган доказал, что гены, расположенные в одной хромосоме, могут наследоваться сцеплено (вместе). Это обусловлено тем, что генов намного больше, чем хромосом. Совместное наследование генов, ограничивающее их свободное комбинирование, Т. Морган назвал сцеплением генов, или сцепленным наследованием. В случае, когда гены наследуются сцепленно, генотип дигетерозиготы AaBb с помощью цитологической формулы можно представить следующим образом:

В ходе мейоза, если имеет место полное сцепление генов, она формирует 2 типа гамет – АВ, аb. Такие гаметы называются некроссоверными.

Исследования Т. Моргана и его учеников показали, что в гомологичной паре хромосом регулярно происходит обмен генами. Процесс обмена идентичными участками гомологичных хромосом с находящимися в них генами называют перекрестом хромосом, или *кроссинговером*. Кроссинговер обеспечивает новые сочетания генов, расположенных в гомологичных хромосомах. Поэтому, благодаря явлению кроссинговера, помимо некроссоверных, формируются также *кроссоверные гаметы* — Ab, aB.

Закон Т. Моргана формулируется следующим образом: гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцеплено (вместе), причем сила сцепления зависит от расстояния между генами.

Основные положения хромосомной теории Т. Моргана:

- 1) гены локализованы в хромосомах, и различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Набор генов в каждой из негомологичных хромосом уникален;
 - 2) гены расположены в хромосоме в определенной линейной последовательности;
 - 3) гены образуют группы сцепления и могут наследоваться сцепленно. Число групп сцепления соответствует гаплоидному набору хромосом (у человека 23 группы сцепления);
 - 4) между гомологичными хромосомами возможен кроссинговер (перекрест) и обмен аллельными генами, причем перекрест происходит тогда, когда есть расстояние между генами;
- 5) расстояние между генами в хромосоме пропорционально частоте перекреста и выражается в процентах кроссинговера.

Процент кроссинговера между генами рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{a+b}{n}$$

а— число кроссоверных особей одного класса; b — число кроссоверных особей другого класса;

n — общее число особей; X — % кроссинговера между генами (расстояние между генами в % кроссинговера).

Расстояние между генами измеряется в специальных единицах – морганидаx. 1 морганида (1 M) = 1 % кроссинговера.

В генетических исследованиях использовали мушку-дрозофилу, имеющую кариотип, состоящий из 8 хромосом, обладающую плодовитостью, множеством альтернативных признаков. Т. Морган рассмотрел ситуацию, когда полное сцепление генов и нарушение сцепления генов (кроссинговер) происходят у особи одновременно. На первом этапе для скрещивания взяты

гомозиготные особи (Р \(\bigcap AABB \) x \(\sigma \) ааbb). В результате в первом поколении все особи оказались дигетерозиготными (AaBb).

При полном сцеплении генов наблюдается расщепление 1:1. Всего получено 83 % особей, которые унаследовали фенотип родителей, т. к сформировались из некроссоверных гамет. Среди них особи с серым телом, нормальными крыльями составили 41,5 % и особи с черным телом, зачаточными крыльями также составили 41,5 %.

Нарушение сцепления генов

$$\begin{array}{cccc}
A & B & & a & b \\
P & \rightleftharpoons & & x & \circlearrowleft & \rightleftharpoons \\
a & b & & a & b
\end{array}$$

аь – гаметы самца

(Кроссоверные гаметы самки)

$$F_1 \stackrel{A \ b}{==}; \stackrel{a \ B}{=}$$

При неполном сцеплении генов также наблюдается расщепление 1:1. Всего получено 17 % особей с рекомбинантными фенотипами, т. к. они сформировались из кроссоверных гамет. Особи с новым сочетанием признаков называются *рекомбинантами*. Среди рекомбинантов мухи с серым телом, зачаточными крыльями составили 8,5 %, а с черным телом, нормальными крыльями также составили 8,5 %.

Данные результаты свидетельствуют о наличии сцепления генов и кроссинговера между ними. При сцепленном наследовании генов, протекающем с кроссинговером, во втором поколении количество родительских потомков — 83 % (особей с родительскими фенотипами), а количество рекомбинантных потомков невелико и составляет 17 %. Следовательно, расстояние между генами равно

17 %, или 17 морганидам.

Следует отметить, что негомологичные хромосомы содержат разные группы сцепления, и не конъюгируют при мейозе.

Сцепленное наследование генов и кроссинговер. Примеры решения типовых задач

Задача 1. От скрещивания между гомозиготным серым длиннокрылым самцом дрозофилы и гомозиготной черной самкой с зачаточными крыльями в F_1 получено потомство с серым телом и длинными крыльями. Гены окраски тела и длины крыльев наследуются сцеплено и расстояние между ними равно 19 морганид (М). Какова вероятность в % появления черных мух с длинными крыльями при скрещивании самки дрозофилы из поколения F_1 с черным самцом, имеющим зачаточные крылья.

Решение

Ген Признак

А серая окраска тела

а черная окраска тела

В формирование длинных крыльев

b формирование зачаточных крыльев

В условии задачи указывается на то, что у особи одновременно происходит сцепление генов и кроссинговер.

$$P \supseteq AABB \times \emptyset$$
 aabb $G AB$, ab $F_1 AaBb$ $A B$ $A B$

$$P \stackrel{\frown}{=} x \stackrel{\frown}{=} x \stackrel{\frown}{=} x$$

G AB и ab – аb – гаметы мужской особи

(Некроссоверные гаметы самки)

G Ави аВ –

(Кроссоверные гаметы самки)

$$F_1 \stackrel{A \ B}{==}; \stackrel{a \ B}{==}; \stackrel{a \ B}{=}$$

$$a \ b \ a \ b \ a \ b \qquad a \ b$$

Расстояние между генами равно 19 M=19 % кроссинговера. Вероятность появления рекомбинантных особей (черных мух с длинными крыльями) составляет: 19 % : 2=9.5 %.

Ответ: вероятность появления черных мух с длинными крыльями -9.5%.

Задача 2. Расстояние между генами составляет 5,8 М. Определите в %, какие типы гамет образует особь А С

==?

a c

Решение

У данной особи одновременно происходит сцепление генов и кроссинговер.

Расстояние между генами 5,8 М = 5,8 % кроссинговера.

Некроссоверные гаметы – **AC** и **ac** – (100 % - 5.8 %) : 2 = 47.1 %

Кроссоверные гаметы – \mathbf{Ac} и $\mathbf{aC} - 5.8 \% : 2 = 2.9 \%$.

Ответ: кроссоверных гамет образовалось по 2,9 %, а некроссоверных – по 47.1 %.

 $3a\partial a va$ 3. Гены D и F расположены в одной группе сцепления. Между ними есть расстояние — 4,4 М. Определите % кроссоверных и некроссоверных гамет, которые образуются у особи с генотипом

D f

d f

Решение

Определяем % кроссоверных и некроссоверных гамет.

Кроссоверные гаметы **dF** и **Df** – 4,4 % : 2 = 2,2 %,

Некроссоверные гаметы **DF** и **df** – (100 % - 4.4 %) : 2 = 47.8 %.

Ответ: кроссоверных гамет образовалось по 2,2 %, а некроссоверных – по 47,8 %.

Задача 4. У томатов ген $\bf A$ определяет высокий рост стебля, а ген $\bf a$ – карликовость. Ген $\bf B$ детерминирует шаровидную форму плодов, а ген $\bf b$ – грушевидную их форму. Гены высоты стебля и формы плодов сцеплены и находятся на расстоянии 20 $\bf M$. Скрестили гетерозиготное по обоим признакам растение с карликовым растением, имеющем грушевидные плоды. Какие генотипы, и в каком процентном соотношении можно получить в результате данного скрещивания?

Решение

$$P \stackrel{\triangle}{=} x \stackrel{\triangle}{=} a b$$

Некроссоверные гаметы – AB и ab, а ,соответственно, и некроссоверные типы потомков образуются с частотой (100 % - 20 % = 80 %): 2 = 40 %.

Кроссоверные гаметы — Ab и aB, a, соответственно, и кроссоверные типы потомков образуются с частотой 20 %: 2 = 10 %

Ответ: генотипы AaBb и aabb составляют по 40 %; генотипы Aabb и ааBb — по 10 %.

Задача 5. Резус-положительность и аномальная форма эритроцитов определяются доминантными аутосомными генами, соответственно, **Rh**⁺ и **A**, расположенными на расстоянии 3-х морганид (М) друг от друга. Один из супругов гетерозиготен по обоим признакам. При этом резус-положительность он унаследовал от одного родителя, а аномальную форму эритроцитов – от другого. Второй супруг резус-отрицателен (**rh**⁻) и имеет нормальные эритроциты (**a**). Какова вероятность в процентах рождения в семье ребенка, имеющего положительный резус-фактор и эритроциты нормальной формы?

Решение. Поскольку один из супругов гетерозиготен по обоим признакам и резус-положительность он унаследовал от одного родителя, а аномальную форму эритроцитов от другого, следовательно, его генотип:

```
Rh^{+}a
rh A
  Rh<sup>+</sup> a
                   rh a
P ♀ —
             X
   rh⁻A
                   rh a
G Rh<sup>+</sup> a
                  rh<sup>-</sup>A
            И
(Некроссоверные гаметы)
                               rh а − гаметы мужской особи
                  Rh^+A
   (Кроссоверные гаметы)
  Rh<sup>+</sup>a rh<sup>-</sup>A rh<sup>-</sup>a Rh<sup>+</sup>A
rha rha rha rha
```

Согласно условию задачи расстояние между доминантными генами Rh^+ и A составляет 3 M, что соответствует 3 % кроссинговера. Следовательно, кроссоверные гаметы, rh^- а и Rh^+ A, а соответственно и кроссоверные типы потомков образуются с частотой 3 %: 2 = 1,5 %. Некроссоверные гаметы —

 Rh^+a и rh^-A а, соответственно, и некроссоверные типы потомков образуются с частотой – (100 % – 3 %): 2 = 48,5 % .

Ответ: вероятность рождения в семье ребенка, имеющего положительный резус-фактор и эритроциты нормальной формы (Rh⁺rh⁻aa) составляет 49 %.

Задача 6. Катаракта и полидактилия определяются доминантными аутосомными генами, соответственно A и B, расположенными на расстоянии 32-х морганид. Один из супругов гетерозиготен по обоим признакам, при этом катаракту он унаследовал от одного родителя, а полидактилию — от другого. Второй супруг имеет нормальный хрусталик и нормальную кисть. Какова вероятность в процентах рождения ребенка с нормальным хрусталиком и нормальной кистью?

Решение. Поскольку один из супругов гетерозиготен по обоим признакам, и катаракту унаследовал от одного родителя, а полидактилию от другого, то его генотип: А b

Согласно условию задачи, расстояние между доминантными генами A и B составляет 32 M, что соответствует 32 % кроссинговера. Следовательно, кроссоверные гаметы AB, ab, а соответственно и кроссоверные типы потомков образуются с частотой 32 % : 2 = 16 %, а некроссоверные гаметы — Ab, aB, а соответственно, и некроссоверные типы потомков встречаются с частотой (100 % — 32 %): 2 = 34 %.

Ответ: вероятность рождения в семье ребенка с нормальным хрусталиком и нормальной кистью (aabb) составляет 16 %.

Задача 7. Гладкая форма семян кукурузы доминирует над морщинистой, окрашенные семена доминируют над неокрашенными. Оба признака сцеплены.

При скрещивании кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растением, имеющим моршинистые неокрашенные семена, получено потомство: окрашенных гладких — 4152 особи, окрашенных морщинистых — 149, неокрашенных гладких — 152, неокрашенных морщинистых — 4163. Определите расстояние между генами. Расстояние между генами вычисляется по формуле:

$$X = \frac{a+b}{n}$$

а— число кроссоверных особей одного класса; b — число кроссоверных особей другого класса;

n- общее число особей; X-% кроссинговера между генами (расстояние между генами в % кроссинговера).

$$X = \frac{152 + 149}{8616} = 3,5 \% (3,5 M)$$

Ответ: расстояние между генами составило 3,5 М (морганиды).

Генетика пола. Теория хромосомного определения пола. Наследование, сцепленное с полом

Пол — совокупность морфологических, биохимических, генетических и физиологических признаков организма и наследуется как любой другой признак. Половые хромосомы — хромосомы, определяющие различие кариотипов у особей разных полов. Кариотипы мужского и женского организмов отличаются по половым хромосомам. Кариотип — диплоидный набор хромосом соматических клеток организма. Кариотип мужского организма включает 22 пары — 44 А (аутосомы) и две половые хромосомы (x, y) и составляет 46 хромосом (рис. 35).

Кариотип женского организма включает 22 пары -44 A (аутосомы) и две половые хромосомы (X, X) и составляет 46 хромосом. Аутосомы у обоих полов аналогичны. В мужском организме 23-я пара не схожа внешне, - одна хромосома меньше, чем другая. У женщин половые хромосомы одного размера.

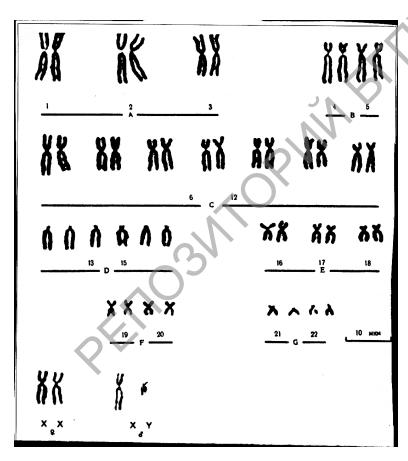


Рис. 35. Кариотип человека: 22 пары аутосом и половые хромосомы.

Хромосомы расположены в порядке уменьшения их длины и подразделены на 7 групп, обозначенных латинскими буквами A, B, C, D, E, F, G. Каждая пара хромосом имеет порядковый номер (от 1 до 22). Половые хромосомы X и У выделены отдельно (рис. 35).

Различают гомогаметный (женский) пол и гетерогаметный (мужской) пол.

 Γ омогаметный пол — это пол, имеющий в каждой соматической клетке, кроме аутосом, две одинаковые половые хромосомы.

 Γ етерогаметный пол — это пол, который содержит в каждой соматической клетке, кроме аутосом, две разные половые хромосомы.

У гомогаметного пола образуется один тип гамет, а у гетерогаметного два типа гамет.

Выделяют гетерогаметный пол X0 и XY. Если гетерогаметный пол имеет одну X-хромосому, то это $mun\ X0$, а если он имеет пару различающихся половых хромосом — X и Y, то это $mun\ XY$. Тип XY — у человека, млекопитающих, дрозофилы, а тип X0 у клопов, кузнечиков. У самок в результате мейоза образуются гаметы, содержащие только X-хромосому, а у самцов — одни гаметы с X-, а другие с Y-хромосомой. При нарушении мейоза возможно образование гамет без половых хромосом и гамет, содержащих X и Y хромосомы. Оплодотворение яйцеклетки сперматозоидом, несущим X-хромосому, приводит к образованию XX-зиготы, из которой развивается женская особь. Оплодотворение яйцеклетки сперматозоидом, несущим Y-хромосому, приводит к образованию XY-зиготы, из которой развивается мужская особь.

У птиц, бабочек, рептилий и амфибий гомогаметным является мужской пол.

Типы хромосомного определения пола

Выделяют следующие типы хромосомного определения пола: XY - y человека, дрозофилы; X0 - y клопов, кузнечиков; ZW - y птиц, бабочек, рептилий и амфибий; *по плоидности* – у пчел, насекомых, тлей.

Схема хромосомного определения пола у человека (тип ХУ)

$$P \subsetneq 44 \text{ A} + XX \quad X \quad \circlearrowleft 44 \text{ A} + XY$$
 $G \quad 22 \text{ A} + X \quad 22 \text{ A} + X$
 $22 \text{ A} + X \quad 22 \text{ A} + Y$
 $F_1 \quad 44 \text{ A} + XX; \quad 44 \text{ A} + XY; \quad 44 \text{ A} + XX; \quad 44 \text{ A} + XY$

Пол человека определяется в момент или после оплодотворения. Из зиготы 44~A+XX разовьется организм женского пола, а из зиготы 44~A+XY — организм мужского пола. Соотношение полов составляет 1:1.

Схема хромосомного определения пола у дрозофилы (тип ХҮ)

Схема хромосомного определения пола у клопов из рода Protenor (тип X0)

$$\begin{array}{lll} P & 12 \ A + XX & x & \circlearrowleft 12 \ A + X0 \\ G & 6 \ A + X; & 6 \ A + X; \\ & 6 \ A + X & 6 \ A + 0 \\ F_1 \ 12 \ A + XX; \ 12 \ A + X0; \ 12 \ A + XX; \ 12 \ A + X0 \end{array}$$

Схема хромосомного определения пола у птиц (тип ZW)

A) у кур:
$$P \supsetneq 76 \ A + ZW \ x \circlearrowleft 76 \ A + ZZ$$
 $G \quad 38 \ A + Z; \quad 38 \ A + Z;$
 $38 \ A + W \quad 38 \ A + Z$
 $F_1 \ 76 \ A + ZZ; \ 76 \ A + ZZ; \ 76 \ A + ZW; \ 76 \ A + ZW$
Соотношение полов у птиц составляет 1:1

Схема хромосомного определения пола у пчел (по плоидности)

У пчел самцы – гаплоидные (моноплоидные), а самки – диплоидные.

$$P \bigcirc 16 A + X \quad x \quad 232 A + XX$$

 $G \quad 16 A + X; \quad 16 A + X; \quad 16 A + X$
 $F_1 \quad 32 A + XX; 16 A + X$

Кариотип самки -32 A + XX, а кариотип самца -16 A + X. Соотношение полов -1:1. Особь с кариотипом 16 A + X развивается партеногенетически (без оплодотворения).

Наследование, сцепленное с полом

Выше было показано, если гены, ответственные за формирование признака, расположены в аутосомах, то наследование осуществляется независимо от того, кто из родителей (мать или отец) является носителем данного признака. Однако признаки могут определяться генами, лежащими в половых хромосомах. В этом случае наследование признака зависит от того, кто из родителей является носителем данного признака.

Ген, расположенный в **X**-хромосоме, является сцепленным с полом. Некоторые заболевания передаются по женской линии, через **X**-хромосому (гемофилия, дальтонизм и др.).

Гемофилия (несвертываемость крови) определяется рецессивным геном h, a нормальная свертываемость крови детерминируется доминантным геном H. Рассмотрим, какое потомство может появиться у женщины, вступающей в брак со здоровым по этому признаку мужчиной.

Схема наследования гемофилии

Вероятность рождения ребенка с гемофилией составляет 25 %. Одна из дочерей является гетерозиготным носителем гена h.

Схема наследования дальтонизма

Дальтонизм (нарушение цветного зрения) определяется рецессивным геном d, а нормальное зрение детерминируется доминантным геном D.

Вероятность рождения ребенка с дальтонизмом составляет 25 %. Одна из дочерей является гетерозиготным носителем гена d.

Наследование белоглазости у дрозофилы

Доминантный ген W определяет красноглазость у дрозофилы, а рецессивный ген w - белоглазость.

Скрестили гомозиготную белоглазую самку с красноглазым самцом:

Данная схема скрещивания показывает, что при сцепленном с полом наследовании, дочери наследуют признаки от отцов, а сыновья – от матерей.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Скрестили белоглазую самку дрозофилы и красноглазого самца. Аллель белоглазости (а) локализован в х-хромосоме. Определить среди самок % белоглазых особей в Г2

Ответ: В F₂ среди самок белоглазые особи с генотипом X ^аX ^а составили 50 %.

Задача 2. Гены окраски шерсти у кошек сцеплены с полом. Ген А определяет черную окраску шерсти у кошек, а ген В – рыжую окраску шерсти у котов. Определите в первом поколении % появления трехцветных кошек (X^AX^B) при скрещивании черной кошки и рыжего кота.

Ответ: вероятность появления трехцветных кошек с генотипом $\mathbf{X}^{\mathbf{A}}\mathbf{X}^{\mathbf{B}}$ составляет 50 % , т. к. аллельные гены $\mathbf{X}^{\mathbf{A}}$ и $\mathbf{X}^{\mathbf{B}}$ при совместном действии

обусловливают развитие трехцветной окраски у кошек.

Аутосомно-рецессивный, аутосомно-доминантный и сцепленный с полом типы наследования

Задача 1. Женщина-альбинос, гомозиготная, с нормальной свертываемостью крови, вышла замуж за гомозиготного мужчину с нормальной пигментацией кожи, больного гемофилией. Какие фенотипы будут у их детей?

Альбинизм определяется рецессивным аутосомным геном a, гемофилия – рецессивным геном – h, сцепленным с полом.

Решение

Условие задачи можно оформить в виде таблицы

Признак	Ген	Генотип
Альбинизм Нормальная	a A	aa AA
пигментация кожи Гемофилия Нормальная	X ^h X ^H	X h Y, X h X h X h X H X H X H X H X H X H X H
свертываемость крови		

Ответ: дочери — гетерозиготные носители рецессивных генов альбинизма и гемофилии, а сыновья носители рецессивного гена альбинизма.

Задача 2. У канареек зеленая окраска оперения доминирует над коричневой и определяется геном, расположенным в X-хромосоме, а короткий клюв доминирует над длинным и определяется геном, локализованным в аутосоме. При скрещивании самца зеленой окраски с коротким клювом и длинноклювой коричневой самки получено потомство с различным сочетанием всех фенотипических признаков. Какова вероятность в % появления среди самцов данного потомства особей с зеленым оперением и длинным клювом?

Решение

Условие залачи можно представить в виде таблицы:

Признак	Ген	Генотип
Короткий клюв	В	Bb
Длинный клюв	b	bb
Зеленая окраска оперения	X A	X A Y
Коричневая окраска оперения	X ^a	X ^a X ^a

У птиц мужской пол – гомогаметный. Для получения потомства с различным сочетанием фенотипических признаков следует использовать для скрещивания гетерозиготного самца.

$$P \circlearrowleft X^{A} X^{a} Bb \quad x \hookrightarrow X^{a} Y bb$$
 $G \quad X^{A} B, \quad X^{a} B, \quad X^{A} b, \quad X^{a} b \qquad \qquad X^{a} b, \quad Y b$
(гаметы самца)
(гаметы самки)
 $F_{1} \quad X^{A} \quad X^{a} \quad Bb; \quad X^{a} \quad X^{a} \quad Bb; \quad X^{A} \quad X^{a} \quad bb; \quad X^{a} \quad Y \quad Bb; \quad$

Ответ: Вероятность появления среди самцов особей с зеленым оперением и длинным клювом -25~%.

Задача 3. У человека альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. Отсутствие потовых желез проявляется как сцепленный с полом рецессивный признак. Женщина с нормальной пигментацией кожи, имеющая потовые железы, отец которой страдал альбинизмом и отсутствием потовых желез, выходит замуж за мужчину, у которого выявлены альбинизм и отсутствие потовых желез. Какова вероятность (%) рождения в этой семье ребенка, страдающего альбинизмом и отсутствием потовых желез?

Решение. Один признак — заболевание альбинизм является аутосомным, а другой — отсутствие потовых желез — сцепленным с полом. Так как отец женщины страдал альбинизмом и отсутствием потовых желез, она дигетерозиготна.

Признак	Ген	Генотип
Альбинизм Нормальная пигментация кожи Отсутствие потовых желез Наличие потовых желез	a A X ^b X ^B	aa AA, Aa X ^b Y, X ^b X ^b X ^B X ^B , X ^B Y, X ^B X ^b

Ответ: вероятность рождения ребенка, страдающего альбинизмом и отсутствием потовых желез, составляет 25 %.

Задача 4.

Женщина-альбинос (аутосомный рецессивный признак), гетерозиготная по гену дальтонизма, вышла замуж за мужчину-дальтоника (рецессивный Х-сцепленный признак), гетерозиготного по гену альбинизма. Какова вероятность рождения в этой семье детей с обоими заболеваниями?

Решение

Представим условие задачи в виде таблицы

Признак	Ген	Генотип	
Нормальная пигментация	A	Aa, AA	
Альбинизм Нормальное цветовосприятие	a X ^D	aa X ^D Y, X ^D X	
Дальтонизм	X d	$X^{d}Y, X^{d}X^{d}$	

P $aa X^D X^d x Aa X^d Y$

G: aX^D ; aX^d ; AX^d ; aX^d ; aY; aY

Ответ: дети с генотипами аа X^dX^d и аа X^dY будут альбиносами и дальтониками, т. е. 25 % детей будут иметь оба заболевания.

Задача 5

Гены гемофилии и дальтонизма локализованы в X-хромосоме на расстоянии 12 морганид. Женщина, отец которой страдал обоими заболеваниями, а мать таких генов не имела, вышла замуж за здорового мужчину. Определите вероятность рождения ребенка, страдающего одним из заболеваний.

Решение

Запишем условие задачи в виде таблицы

Признак	Ген	Генотип
Нормальная	A	Aa, AA
свертываемость крови		
Гемофилия	X^{h} X^{D}	$X^hX^h X^hY$
Нормальное	X^{D}	$X^{D}Y, X^{D}X^{-}$
цветовосприятие		
Дальтонизм	X ^d	$X^{d}Y, X^{d}X^{d}$

 $P X^{HD} X^{hd} X X^{HD} Y$

Поскольку расстояние между генами гемофилии и дальтонизма 12 морганид, то и кроссоверных гамет будет 12 % от общего количества (6 % – гаметы $X^{H d}$ и 6 % – гаметы $X^{h D}$). Следовательно, вероятность рождения ребенка с одним заболеванием составляет 6 %,

Ответ: вероятность рождения ребенка с одним заболеванием – 6 %.

Взаимодействие неаллельных генов

Неаллельные гены – гены, расположенные в разных парах гомологичных хромосом (A и b, b и C, A и C, A и B и др.).

Типы взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерия.

Комплементарность – такое взаимодействие неаллельных генов, когда два доминантных гена при совместном действии, обусловливают развитие нового фенотипического признака

Пример 1. Наследование пурпурной окраски цветков у душистого горошка Скрещивали растения горошка с белыми цветками, имеющими генотипы ааВВ и AAbb:

$$\begin{array}{cccc} P \ \stackrel{\frown}{\hookrightarrow} \ aaBB & x \ \stackrel{\frown}{\circlearrowleft} \ AAbb \\ G & aB & Ab \end{array}$$

F₁ AaBb

 $B\ F_1$ получены особи с пурпурными цветками. Пурпурная окраска цветков у особей в F_1 с генотипом AaBb обусловлена взаимодействием двух доминантных комплементарных генов – A и B.

Гаметы

3 4	AB	Ab	aВ	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Все 16 генотипов *второго поколения* гибридов представлены в таблице (решетка Пеннета). Наблюдается следующее расщепление: 9 частей — особи с пурпурными цветками (выделены в таблице), пурпурная окраска их цветков обусловлена взаимодействием двух доминантных комплементарных генов — \mathbf{A} и \mathbf{B} ; 7 частей — особи с белыми цветками. Таким образом, при комплементарном взаимодействии неаллельных генов в \mathbf{F}_2 наблюдается расщепление 9:7.

Пример 2. Наследование нормального слуха у детей, рожденных от глухих родителей.

G aB, At

 F_1 AaBb – (в F_1 дети, имеющие нормальный слух).

Появление детей с нормальным слухом обусловлено взаимодействием двух доминантных комплементарных генов – A и B.

$$P(F_1) \stackrel{\frown}{\hookrightarrow} AaBb$$
 x $\stackrel{\frown}{\circlearrowleft} AaBb$ G AB, Ab, aB, ab, AB, Ab, aB, ab

3 9	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Наблюдается следующее расщепление в F_2 : 9 частей — дети с нормальным слухом (выделены в таблице), наследование которого обусловлено взаимодействием двух доминантных комплементарных генов — \mathbf{A} и \mathbf{B} ; 7 частей — дети, страдающие глухотой.

Эпистаз – такое взаимодействие неаллельных генов, при котором ген из одной аллельной пары подавляет действие гена из другой аллельной пары.

Различают доминантный и рецессивный эпистаз.

Доминантный эпистаз

Скрещивали две породы белых кур с генотипами ССІІ и ссії.

Ген ${\bf C}$ определяет черную окраску оперенья, ген ${\bf c}$ – белую, ген ${\bf I}$ – ингибитор (супрессор) окраски, ${\bf i}$ – ген, не подавляющий окраску оперения

$$P \subsetneq CCII \ x \circlearrowleft ccii$$

 F_1 CcIi (особи с белой окраской оперения, т. к. ген **I** подавляет ген черной окраски **C**)

$$P(F_1) \stackrel{\frown}{\downarrow} CcIi \qquad x \qquad \stackrel{\frown}{\circlearrowleft} CcIi$$

3 9	CI	Ci	cI	ci
CI	CCII	CCIi	CcII	CcIi
Ci	CCIi	Ccii	CcIi	Ccii
cI	CcII	CcIi	ccII	ccIi
ci	CcIi	Ccii	ccIi	ccii

Генотипы особей *второго поколения* представлены в таблице (решетка Пеннета). Наблюдается следующее расщепление: **13 частей** — особи белого цвета, т. к. в их генотипе присутствует ген **I** (подавитель окраски) и **3 части** — особи с черной окраской оперенья (выделены в таблице), т. к. в их генотипе отсутствует ген-ингибитор **I**. Таким образом, при доминантном эпистазе наблюдается расщепление **13:3**.

Рецессивный эпистаз (криптомерия) проявляется, например, при наследовании серой окраски у мышей, причем рецессивный ген подавляет другие гены: a > B и aa > Bb; aa > bb.

При скрещивании черных и белых мышей в первом поколении получены серые мыши. ${\bf B}$ — ген распределения пигмента, ${\bf b}$ — ген черной окраски, ${\bf a}$ — ген, блокирующий образование пигмента.

$$P \overset{\frown}{\hookrightarrow} AAbb$$
 x $\overset{\frown}{\circlearrowleft}$ aaBB черные белые G Ab, aB F_1 AaBb (серые особи, поскольку $a > B$) $P(F_1) \overset{\frown}{\hookrightarrow} AaBb$ x $\overset{\frown}{\circlearrowleft} AaBb$

Гаметы

3 9	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	Aabb+	AaBb	Aabb+
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb+	aaBb	aabb

В F_2 при рецессивном эпистазе получено расщепление **9:3:4** (9/16— серые мыши A–B– (в решетке Пеннета выделены курсивом); 3/16— черные A– bb (выделены знаком «+»); 4/16 — белые (ааBB, ааBb, ааBb и ааbb).

При эпистазе возможно также расщепление 12:3:1.

Задача, подтверждающая возможность расщепления 12:3:1 при эпистазе

За окраску шерсти у свиней отвечают два аллельных гена (B, b). Генысупрессоры контролируют проявление определенного признака и оказывают эпистатическое действие на другие гены. Ген A – ген белой окраски, подавляющий ген B; ген а — ген, не оказывающий подавляющего действия. При скрещивании дигомозиготных черных и белых свиней все потомство имеет белую окраску. Среди гибридов второго поколения 24 поросенка были белыми, 6 — черными и 2 красными. Какой процент потомства, полученного от скрещивания самца из F₁ и дигетерозиготной самки, будет белым?

Решение

Расщепление 24:6:2 соответствует расщеплению 12:3:1, которое наблюдается при взаимодействии неаллельных генов по типу эпистаз. Ген B — ген черной окраски; ген b также является геном черной окраски; особи c генотипом aabb имеют красную окраску. Ген A подавляет ген B и b. Поэтому особи, имеющие генотипы AABB, AaBb, Aabb будут иметь белую окраску, a особи c генотипами aaBB, aaBb будут черными.

При скрещивании дигомозиготных белых и черных свиней получим:

 $P \supseteq AAbb$ x \circlearrowleft ааBB белые черные G Ab, аВ F_1 АаBb (белые особи) $P(F_1) \supseteq AaBb$ х \circlearrowleft АаBb

Гаметы

3 9	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	Aabb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	ааВВ черные	ааВь черные
ab	AaBb	Aabb	ааВь черные	ааbb красные

В F_2 получено расщепление: 12/16 свиней белой окраски, 3/16 — черной и 1/16 — красной окраски. Белые особи составляют 75 %.

Кумулятивная полимерия проявляется тогда, когда развитие признака обусловлено определенным числом доминантных генов (полигенов). Полимерное действие генов заключается в суммировании действий генов, определяющих одни и те же количественные признаки.

Полимерия связана с накоплением генов и имеет место при наследовании количественных признаков (количество меланина в коже, количество пигмента, обусловливающего окраску семян, цветков, длина стебля, рост тела в длину,

масса семян и т. д.). Чем больше доминантных генов, тем интенсивнее выражен признак.

Примером кумулятивной полимерии является наследование окраски зерна у пшеницы.

$$P \ \stackrel{\frown}{\hookrightarrow} \ A_1A_1\ A_2A_2 \ \ x \ \stackrel{\frown}{\circlearrowleft} \ a_1\ a_1\ a_2\ a_2$$
 красное зерно белое зерно

 $G A_1 A_2$, $a_1 a_2$

 F_1 A_1 а $_1$ A_2 а $_2$ красная окраска зерна — у всех растений первого поколения $P(F_1)$ \supsetneq A_1 а $_1$ A_2 а $_2$ х \circlearrowleft A_1 а $_1$ A_2 а $_2$

Гаметы

3	9	$A_1 A_2$	A ₁ a ₂	a ₁ A ₂	a ₁ a ₂
$A_1 A_2$		$A_1A_1\ A_2A_2$	$A_1A_1 A_2 a_2$	$A_1 a_1 A_2 A_2$	$A_1 a_1 A_2 a_2$
A ₁ a ₂		$A_1A_1 A_2 a_2$	A_1A_1 a $_2$ a $_2$	$A_1 a_1 A_2 a_2$	$A_1 a_1 a_2 a_2$
a ₁ A ₂		$A_1 a_1 A_2 A_2$	$A_1 a_1 A_2 a_2$	$a_1 a_1 A_2 A_2$	$a_1 a_1 A_2 a_2$
a ₁ a ₂		$A_1 a_1 A_2 a_2$	A ₁ a ₁ a ₂ a ₂	$a_1 a_1 A_2 a_2$	$a_1 a_1 a_2 a_2$

Родительские формы в F_2 дали расшепление 15:1 (15 частей — особи с окрашенным зерном и 1 часть — особи, неокрашенные). При накоплении доминантных генов их действие суммируется, т. е. наблюдается кумулятивный эффект, поэтому такое взаимодействие генов называют кумулятивной полимерией.

По типу кумулятивной полимерии наследуется цвет волос и цвет кожи. Цвет кожи определяют 3—4 пары полигенов. Генотип чернокожего человека — $A_1 \ A_1 \ A_2 \ A_2$, а белого — $a_1 \ a_1 \ a_2 \ a_2$. В браке негра и европеоида в первом поколении все дети будут мулаты ($A_1 \ a_1 \ A_2 \ a_2$). В браке двух мулатов ($A_1 \ a_1 \ A_2 \ a_2$) следует ожидать расщепление: 1/16 — негры; 1/16 — белые и остальная часть — мулаты (самостоятельно постройте решетку Пеннета).

Hекумулятивная полимерия — проявление признака не зависит от числа доминантных генов в генотипе. Полимерные гены в таком случае могут определять и качественные признаки. Примером может служить наследование оперенности ног (цевки) у кур, которая определяется разными доминантными аллелями — A_1 и A_2 . От скрещивания пород, имеющих оперенные и неоперенные ноги в F_1 получаются цыплята с оперенными ногами.

В F_2 особи с генотипами, в которых присутствует хотя бы один из доминантных аллелей — $A_1A_1\ A_2A_2$; $A_1\ a_1\ A_2\ a_2$; $A_1\ a_1\ a_2\ a_2$; $a_1\ a_1\ A_2A_2$; $a_1\ a_1\ A_2\ a_2$ имеют оперенные ноги, а особи с генотипом $a_1\ a_1\ a_2\ a_2$ — неоперенные.

Множественное (плейотропное) действие генов

Плейотропное действие гена характеризуется тем, что один ген определяет развитие не одного, а нескольких признаков. Известно плейотропное действие гена у кур, имеющих курчавое оперение. Такое оперение обламывается, и, вследствие чего нарушается в организме терморегуляция, возникают нарушения в пищеварительной, сердечно-сосудистой и эндокринной системах, снижается плодовитость.

Плейотропным действием гена обусловлены различные нарушения развития соединительной ткани (синдром Марфана). Человек, родившийся с синдромом Марфана, имеет следующие множественные нарушения: паучьи пальцы, дефект (подвывих) хрусталика глаза и миопию, неправильную форму грудной клетки (кифоз, сколиоз), мышечную гипотонию, недоразвитие подкожной клетчатки, высокий рост, заболевания сердца, аномалии сосудов (расширение аорты) и др. Умственное развитие, при этом, не нарушено.

Взаимодействие неаллельных генов. Примеры решения типовых задач

 $3a\partial a va$ 1. Окраска шерсти у кроликов определяется двумя парами генов, расположенными в разных хромосомах. При наличии доминантного гена ${\bf B}$ доминантный ген ${\bf A}$ другой пары обусловливает серую окраску шерсти, а рецессивный ген ${\bf a}$ — черную окраску. При отсутствии гена ${\bf B}$ окраска будет белая. Какой процент крольчат белого и черного цвета следует ожидать от скрещивания серых дигетерозиготных кроликов?

Pешение. Доминантные комплементарные гены ${\bf A}$ и ${\bf B}$ при совместном действии обусловливают серую окраску шерсти, а рецессивный ген ${\bf a}$ — черную окраску шерсти.

P ♀AaBb x ♂ AaBb

3 9	AB	Ab	aB	ab	
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb	
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb	
aB	AaBB	AaBb	aaBB+	aaBb+	
ab	AaBb	Aabb	aaBb+	aabb	

В F $_2$ получено расщепление 9:3:4. Серые крольчата составляют 9 частей особей из 16 (выделены курсивом в решетке Пеннета). Черные крольчата (в

решетке Пеннета со знаком "+") – 3 части особей из 16 с генотипами: aaBB, aaBb, aaBb. Белые крольчата – 4 части особей из 16 с генотипами: AAbb, Aabb, Aabb, что составляет 25 % от всего потомства.

Задача 2. У душистого горошка красная окраска цветков обусловлена сочетанием двух неаллельных генов — С и Р. При отсутствии одного из них или обоих пигмент не развивается. Скрестили дигетерозиготный красный горошек и белый с генотипом ССрр. Сколько растений в процентах будут иметь белые цветки?

Доминантные комплементарные гены ${\bf C}$ и ${\bf P}$ при совместном действии обусловливают красную окраску цветков, а рецессивный ген ${\bf c}$ – белую окраску цветков.

Решение

 $P \subsetneq CcPp$ х $\circlearrowleft CCpp$ G CP, Cp, cp, Cp $F_1 CCPp$; CCpp; CcPp; Ccpp красные белые красные белые

Ответ: белые цветки будут формироваться у 50 % растений.

Задача 3. У кур ген С определяет окраску оперения, а ген с — белое оперение. Ген I подавляет развитие окраски, а его рецессивный аллель і не оказывает подавляющего действия. Белый дигетерозиготный самец скрещен с белой самкой — ссіі. Укажите % белых особей, полученных в потомстве.

Решение.

Ген Признак

С окрашенное оперение

с белое оперение

I ген, подавляющий развитие окраски

і ген, не оказывающий подавляющего действия

Поскольку ген I > C , следовательно, имеет место доминантный эпистаз.

Особи, где в генотипе присутствует ген ингибитор, имеют белое оперение (CcIi, ccIi). Особи с генотипом ссіі также имеют белую окраску, поскольку ген **c** определяет развитие белого оперения, а ген і не оказывает подавляющего действия.

P \C cli x \C ccii G CI, Ci, cI, ci, ci F₁ Ccli; Ccii; ccli; ccii

Таким образом, количество белых особей составляет 75 %.

Ответ: в потомстве получено 75 % белых кур.

 $3a\partial a ua$ 4. При скрещивании черных кроликов (AAbb) с белыми (aaBB) в F $_1$ все гибриды оказались серыми, а во втором поколении появились следующие фенотипические классы: серые, черные и белые кролики. Выявите тип взаимодействия неаллельных генов и в F $_2$ генотипы белых кроликов.

Решение

 $P \subsetneq AAbb \times \emptyset aaBB$ G Ab, aB

F₁ AaBb

 $P \stackrel{\bigcirc}{+} AaBb x \stackrel{\frown}{\circlearrowleft} AaBb$

3 9	AB	Ab	aB	ab	
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb	
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb	
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb	
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb	

В F_2 . 9/16 крольчат оказываются серыми (A-B-), 3/16 — черными (A-bb) и 4/16 — белыми (aaB- и aabb). Такие результаты расщепления можно объяснить тем, что имеет место *рецессивный эпистаз* — aa > B- b u aa > bb. Белыми оказываются кролики c генотипами aaB- и aabb, т. к. ген a в гомозиготном состоянии блокирует образование пигмента и препятствует проявлению гена распределения пигмента — a в также гена a в так

Ответ: тип взаимодействия неаллельных генов — рецессивный эпистаз. Белую окраску имеют кролики с генотипами ааВ- и ааbb,

Задача 5. Глухота может быть обусловлена разными рецессивными генами d и е, лежащими в разных парах хромосом. Нормальные аллели этих генов – D и E. Глухой мужчина (генотип ddEE) вступил в брак с глухой женщиной (генотип DDee). Какой слух будут иметь дети в первом и втором поколениях?

Решение

 $P \supseteq ddEE \quad x \supset DDee - (генотипы глухих родителей)$

G dE, De

 F_1 DdEe – (в F_1 дети имеют нормальный слух).

Появление детей с нормальным слухом обусловлено взаимодействием двух доминантных комплементарных генов – А и В.

 $P(F_1) \supseteq DdEe \times \bigcap DdEe$

G DE, De, dE, de, DE, De, dE, de

Гаметы

3 9	DE	De	dE	de	
DE	DDEE	DDEe	DdEE	DdEe	
De	DDEe	DDee	DdEe	Ddee	
dE	DdEE	DdEe	ddEE	ddEe	
de	DdEe	Ddee	ddEe	ddee	

В F_2 наблюдается расщепление 9:7, причем 9/16 — дети с нормальным слухом (их генотипы выделены в решетке Пеннета) и 7/16 — дети, страдающие глухотой.

Ответ: в первом поколении дети будут иметь нормальный слух, а во втором – 7/16 потомства будут глухими.

Для решения генетических задач необходимо знать следующие расщепления:

- 1:1 расщепление *при анализирующем скрещивании* гетерозиготного организма;
- 1:1:1:1 расщепление *при анализирующем скрещивании* дигетерозиготного организма;
 - 3:1 расщепление по фенотипу при моногибридном скрещивании;
 - 1:2:1 расщепление по генотипу при моногибридном скрещивании;
 - 9:3:3:1 расщепление по фенотипу при дигибридном скрещивании;
 - 9:7 расщепление при комплементарном взаимодействии генов;
- 13:3 и 12:3:1 расщепления при эпистазе (эпистатическом взаимодействии генов);
 - 15:1 расщепление при полимерии.

Задачи с ответами

- 1. Для душистого горошка, имеющего генотип A-B-, характерны цветки пурпурной окраски. Растения с другими генотипами имеют белые цветки. Скрестили растения с генотипами AAbb и ааBB. Гены наследуются независимо. Какое расщепление по генотипу будет у гибридов второго поколения. Ответ: (9 частей пурпурных: 7 частей белых).
- 2. У человека отсутствие потовых желез является рецессивным признаком, сцепленным с X-хромосомой. Отец и сын страдают данным заболеванием, а мать здорова. Какова вероятность рождения дочери с таким же заболеванием. (Ответ: 25 %).
- 3. Для нормального слуха в генотипе человека должны присутствовать доминантные гены из разных аллельных пар D и E. Ген D отвечает за нормальное развитие улитки, а ген E за нормальое развитие слухового нерва. У рецессивных гомозигот dd будет

недоразвита улитка, а при генотипе ее – недоразвит слуховой нерв. Муж и жена глухие, а их все дети имеют нормальный слух. Определите генотипы членов этой семьи.

Ответ: генотипы родителе Ddee и ddEE-; генотипы детей – DdEe.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. У котов гены черной и рыжей окраски шерсти аллельные и локализованы в X-хромосоме. Ни один из них не доминирует, а при совместном действии у кошек ($X^A X^B$) они обусловливают развитие трехцветной окраски. Скрестили трехцветную кошку с черным котом. Определите процент рыжих котят в потомстве.
- 2. При скрещивании растений душистого горошка с белыми цветками, имеющих генотипы AAbb и ааBB, в первом поколении все растения имели пурпурные цветки. Во втором поколении с пурпурными цветками оказались 54 растения, а остальные были с белыми цветками. Определите количество растений (%) с белыми цветками.
- 3. При скрещивании двух платиновых дигомозиготных норок из разных пород все полученные гибриды оказались коричневой окраски. Сколько платиновых норок (%) появится во втором поколении, если рецессивные гены платиновости обеих пород норок расположены в разных хромосомах.
- 4. У бабочек гетерогаметным полом являются самки. Определите, какой процент длинноусых однотонно окрашенных особей среди самок можно ожидать от скрещивания дигетерозиготного длинноусого самца однотонной окраски с гетерозиготной длинноусой пятнистой самкой, если признак наличия пятен сцеплен с X-хромосомой.

Генетика популяций

Генетика популяций – раздел генетики, изучающий генетическую структуру популяции, генотипический состав, генофонд популяций. Это позволяет рассчитать частоту рецессивных генов, вызывающих заболевания, вероятность встречаемости их в гомо- и гетерозиготном состоянии, а также проследить за накоплением в популяции вредных и полезных мутаций. Генофонд – вся совокупность генов, встречающихся у особей данной популяции.

Генетическая структура популяции

Распространенность у особей популяции определенного аллеля обусловливает его частоту в данной популяции. Если в популяции происходит свободное скрещивание доминантной и рецессивной форм, отличающихся по одной паре аллелей, AA и аа, то в первом поколении (F_1) все особи будут гетерозиготными — Aa, а в последующих поколениях наблюдается расщепление. Генотипы и их соотношения можно представить следующим образом:

Генотипы F_1 : Aa \times Aa

Гаметы: А, а, А, а

В равновесной популяции гаметы, несущие аллель \mathbf{A} , а также аллель \mathbf{a} комбинируются поровну (см. решетку Пеннета):

₽ ♂	p A (0,5)	q a (0,5)
p A (0,5)	AA	Aa
q a (0,5)	Aa	aa

Во втором поколении (F₂) наблюдается следующее соотношение генотипов:

0.25 AA + 0.50 Aa + 0.25 aa = 1, или $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ (p — частота доминантного аллеля **A**; q — частота рецессивного аллеля **a**).

В 1908 году английский математик Г.Харди и немецкий врач В. Вайнберг установили закономерности, касающиеся генетической структуры популяций. Их исследования относятся к идеальной (равновесной) популяции. *Признаки идеальной* (равновесной) популяции:

- 1) большая численность особей;
- 2) панмиксия, т. е. свободные скрещивания;
- 3) отсутствие мутаций по данному признаку;
- 4) отсутствие миграций особей и дрейфа генов, поскольку популяция изолирована;
- 5) отсутствие естественного отбора.

Закон Харди-Вайнберга формулируется следующим образом: в идеальной (равновесной) популяции соотношение частот доминантных и рецессивных аллелей и генотипов – величина постоянная в ряду поколений.

Основные положения закона:

1) частота аллелей не меняется, рецессивная аллель из популяции не исчезает и сумма частот аллелей одного гена в данной популяции равна 1, т. е. p+q=1

Сумму р+q принято выражать в процентах: p+q=100%;

- 2) частота генотипов не меняется, и сумма частот генотипов в популяции равна 1 по данному гену, т. е. $p^2+2pq+q^2=1$, где
- p^2 частота гомозиготных особей по доминантному аллелю (соответствует генотипу AA);
 - 2 рq частота гетерозигот (соответствует генотипу 2Aa);
- q^2 частота гомозиготных особей по рецессивному аллелю (соответствует генотипу аа);
 - 3) Частота аллеля A (р) равна частоте аллеля a (q)

4) В идеальной популяции наблюдается равновесие, а именно: частота генотипов устанавливается в первом и сохраняется в последующих поколениях. (0,25:0,50:0,25), T. e. 0,25 AA + 0,50 Aa + 0,25 aa.

Наследование в популяции. Примеры решения типовых задач

Задача 1. Найти частоты аллелей генов в популяции, где сохраняется генетическое равновесие Харди-Вайнберга, если частота белых цветков (генотип аа) равна 16%

Сумма частот генотипов равна 1: $A^2+2Aa+a^2=1$

Сумма частот аллелей в популяции равна 1: А+а=1

Частота генотипа аа=0,16

Частота аллеля $a=\sqrt{0,16=0,4}$

Частота аллеля A=1-a=1-0,4=0,6

Частота генотипа АА=0,36=36%

Частота гетерозигот: $2Aa = (0.4 \times 0.6) \times 2 = 0.48 = 48\%$.

Задача 2. В популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, 64% людей способны свертывать язык трубочкой (доминантный ген R); 36% людей не умеют (рецессивный ген r). Определите частоту встречаемости лиц c генотипом RR (R^2).

Частота встречаемости лиц с генотипом RR составляет 0,64, а rr – 0,36. Частота $r=0.6 (\sqrt{0.36})$

Сумма частот аллелей R+r=1, поэтому R=1-r=1-0.6=0.4.

Частота встречаемости лиц с генотипом $RR(R^2)$ составляет 0,16 (0,4²), или 16 %.

Ответ: частота встречаемости лиц с генотипом RR (R2) в популяции составляет 16 %.

Задача 3. Фенилкетонурия встречается с частотой 1 на 10 000 детей. Определите частоту гетерозиготного генотипа (носителей заболевания) в популяции.

Решение. Фенилкетонурия – наследственное заболевание обмена, наследуемое по аутосомно-рецессивному типу, характеризующееся поражением ЦНС и развитием слабоумия. Фенилкетонурия встречается у детей с рецессивным гомозиготным генотипом. Частоту доминантного аллеля А обозначим через р, а частоту рецессивного аллеля **a** – через q. Частоты генотипов и аллелей вычисляются с помощью уравнения Харди-Вайнберга:

```
p^2 + 2 pq + q^2 = 1; p+ q= 1 p^{2-} частота генотипа AA
```

 q^2 – частота генотипа аа

 $\dot{q}^2 = 1$ на 10 000 детей, или 1: 10 000 = 0,0001. Отсюда $q = \sqrt{0,0001} = 0,01$.

 $\bar{P} = 1 - q = 1 - 0, 1 = 0, 99.$

Определяем частоту гетерозигот (носителей заболевания): $2 \text{ pq} = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0$, 0198, или 2%.

Ответ: частота носителей фенилкетонурии составляет в популяции 2 %.

Задача 4. Анофтальмия (отсутствие глазных яблок) наследуется как рецессивный признак. В одной из изолированных популяций эта аномалия проявилась с частотой 4 %. Определите долю (%) здоровых носителей рецессивных аллелей (генотип Аа), если в данной популяции сохраняется равновесие Харди-Вайнберга.

Решение. Частоту доминантного аллеля А, ответственного за нормальный размер глазных яблок, обозначим через р, рецессивного аллеля а, ответственного за анофтальмию – через q. Частоту гетерозиготных особей с генотипом Аа, имеющих уменьшенные размеры глазных яблок, – через 2 pq. По формулам p+q=1 и p^2+2 pq $+q^2$ = 1 рассчитаем частоты аллелей и генотипов. Определяем частоту встречаемости рецессивного аллеля: $a = \sqrt{q^2} = \sqrt{0.04} = 0.2$. Определяем частоту доминантного аллеля: A = 1 - q = 1 - 0.2 = 0.8. Определяем частоту встречаемости гетерозигот (генотип Aa): 2pq = 2x 0.8x 0.2 = 0.32.

Ответ: доля здоровых носителей рецессивных аллелей в популяции составила 32 %.

Задача 5. В популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, частота доминантного аллеля А (нормальной формы хрусталик глаза) равна 0,8 и рецессивного а (аномальной формы хрусталик глаза) – 0,2. Определите частоту встречаемости людей (%) с нарушением хрусталика глаза (генотип *aa*). *Решение*. Частоты генотипов и аллелей вычисляются по уравнению Харди-

Вайнберга: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, где p — частота аллеля A, q — частота аллеля a.

В данной популяции частота аллеля A = 0.8, а частота аллеля a - 0.2. Подставив эти числовые значения в уравнение Харди-Вайнберга, получаем: $0, 8^2 + 2x 0.8 \times 0.2 + 0.2^2 = 1$, или 0,64+0,32+0,04 = 1. Из уравнения следует, что частота встречаемости людей с аномальной формой хрусталика (генотип аа) составляет 0,04, или 4 %.

Ответ: частота встречаемости людей с генотипом *аа* в популяции составляет 4 %.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Изменчивость – свойство организмов приобретать новые и утрачивать старые признаки и свойства в ходе отногенеза под влиянием факторов среды.

Типы изменчивости

модификационную Выделяют изменчивости два Модификационная изменчивость генотипическую. фенотипа под действием факторов внешней среды, происходящее без изменения генотипа.

Генотипическая изменчивость – это изменения в генотипе организма, поколений, поскольку сохраняются ряду Генотипическая изменчивость связана с изменением генотипа и поэтому является наследственной.

Генотипическая изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную.

Комбинативная изменчивость — появление новых комбинаций генов в генотипе, которых не было у родителей. В основе комбинативной изменчивости лежит образование *рекомбинаций*. Например, появление жеребенка чалой окраски среди гнедых лошадей; рождение голубоглазого ребенка у кареглазых родителей; наличие перепонок между пальцами у голубей с оперенными ногами.

В основе комбинативной изменчивости лежат три процесса:

- 1) независимое расхождение гомологичных хромосом в первом делении мейоза;
- 2) кроссиноговер взаимный обмен участками гомологичных хромосом, благодаря которому возникают новые группы сцепления генов и рекомбинации аллелей генов;
 - 3) случайное слияние гамет при оплодотворении. Рекомбинантные хромосомы, оказавшись в зиготе, способствуют

Рекомбинантные хромосомы, оказавшись в зиготе, способствуют появлению новых признаков, не характерных для родителей. Однако возникшие новые комбинации генов исчезают при передаче признаков из поколения в поколение.

Мутационная изменчивость – изменчивость, обусловленная не перекомбинацией генов, а нарушением их структуры.

Мутации были открыты голландским ботаником Гуго де Фризом в 1901 г., который занимался изучением наследственности энотеры Ламарка. Наблюдая за этим растением, ученый обнаружил стойкие фенотипические изменения, которые назвал мутациями.

Мутации — внезапно возникающие, единичные, устойчивые, наследуемые изменения генотипа данного организма, возникающие под влиянием факторов внешней и внутренней среды. Процесс образования мутаций называется мутасенезом. Установлено, что треть мутаций происходит при делении клетки.

Основные положения мутационной теории Гуго де Фриза:

- 1) мутации это качественные, а не количественные изменения признаков;
 - 2) мутации внезапно возникающие изменения генов;
- 3) мутации индивидуальные изменения признаков, т. е. они характерны для отдельных особей в популяции;
 - 4) мутации стойкие и необратимые изменения генотипа;
- 5) мутации ненаправленные изменения генотипа, т. е. мутировать может любой ген;
- 6) мутации неадекватные изменения признаков, т. е. они не всегда зависят от силы воздействия факторов среды.

Классификация мутаций

Мутации классифицируют по месту положения в клетках, по полезности, по причинам их вызывающим, по изменению генетического материала.

1. По локализации в клетках мутации делятся на генеративные и соматические.

Генеративные мутации встречаются в половых клетках и проявляются в том же поколении, которое развивается из этих половых клеток.

Соматические мутации характерны для соматических клеток. Такие К изменению части приводят только развивающейся из измененных клеток. Например, белая прядь волос, белоглазость у дрозофилы (т. е. в нижней части глаза пигмент развит), темное пятно на сером шерстном каракульской овцы. У животных и человека соматические мутации не передаются последующим поколениям (не наследуются), т. к. из соматических клеток новый организм не развивается. Однако у растений подобные изменения сохраняются и распространяются в результате вегетативного размножения (черенкование, отводки, прививки и др.). Пример соматической мутации у растений бесхлорофилльные листья.

- 2. По полезности мутации подразделяют на три группы: вредные, нейтральные и полезные.
- 3. **По причинам, вызвавшим мутации, выделяют спонтанные** *и индуцированные мутации*. Они возникают под влиянием *мутации* факторов, вызывающих мутации.

Спонтанные мутации возникают самопроизвольно в ходе биологических процессов, протекающих в клетках, в естественных условиях, под влиянием мутагенов, но без участия человека. Спонтанные мутации могут возникать в результате действия на клетку следующих мутагенов: химических — вредных химических соединений (нитратов, нитритов, нитрозаминов, пестицидов, продуктов переработки нефти, органических растворителей и др.;

физических — ионизирующего, или ультрафиолетового излучения, радиоактивных элементов); *биологических* (некоторых вирусов, вредных продуктов обмена веществ и др.).

Причиной спонтанных мутаций могут быть также ошибки репликации и др.

Индуцированные мутации, возникают при направленном воздействии человеком на данный организм мутагенов.

Мутагенез — это процесс искусственного получения мутаций с помощью физических или химических мутагенов. Различают следующие виды индуцированного мутагенеза: физический, химический

и радиационный, которые имеют практическое применение в селекции Первые результаты по растений и экспериментальной генетике. радиационному мутагенезу были получены в 1925 г. Г.А. Надсоном, Г.С. Филипповым при облучении дрожжевых грибов ионизирующим излучением (радием) и в 1927 г. Г. Меллером при облучении мух лучами. Большой дрозофил рентгеновскими вклад химического мутагенеза внес советский генетик И.А. Раппопорт. В 1946 г. он обнаружил мутагенный эффект этиленимина и формалина. Мутагенное действие иприта исследовала английская ученая Ш. Ауэрбах.

4. По изменению генетического материала выделяют мутации генные, хромосомные и геномные.

Генные (точковые) мутации возникают в результате изменения последовательности нуклеотидных пар в молекуле ДНК в пределах одного гена, или нуклеотидов в молекуле РНК. Они появляются в пределах генов с частотой 10^{-5} – 10^{-7} на 1 гамету, могут быть внутригенными.

Причины генных мутаций:

- -нарушения репликации ДНК;
- -нарушения рекомбинации;
- -нарушения репарации;
- -воздействие мутагенов факторов, вызывающих мутацию, например, ионизирующих излучений, рентгеновского излучения, химических веществ и др.

Возможны 4 типа перестроек нуклеотидов в молекуле ДНК:

- выпадение нуклеотида, пары, или нескольких пар нуклеотидов;
- вставка нового нуклеотида;
- замена старого нуклеотида на новый нуклеотид, или замена пары нуклеотидов;
 - изменение положения нуклеотида внутри гена.

Примеры генных (точковых мутаций)

•Выпадение нуклеотида в молекуле ДНК

AT¥-ТЦГ-ГЦГ-ЦЦГ – выпадающий нуклеотид зачеркнут

АТТ-ЦГГ-ЦГЦ-ЦГ...

• Вставка нуклеотида А в фрагмент молекулы ДНК

АТТ-ТЦГ-Г ЦГ- ЦЦГ

АТТ-ТЦГ-ГАЦ-ГЦЦ-Г...

• Замена нуклеотида Г на Ц в молекуле ДНК

 $ATT-TЦГ-ГЦГ-ЦЦГ-ЦЦ<math>\Gamma/U$

АТТ-ТЦГ-ГЦГ-ЦЦЦ (ДНК) - цепь ДНК после замены нуклеотида УАА-АГЦ-ЦГЦ-ГГГ (и-РНК)

Классификация генных мутаций

Выделяют следующие группы генных мутаций:

- 1) миссенс-мутации наиболее распространенная группа генных мутаций, возникающая при замене нуклеотида внутри гена, что в ходе трансляции приводит к замещению аминокислоты в белке;
- 2) нонсенс-мутации появление внутри гена кодонов-терминаторов, или терминальных кодонов (УАА, УГА УАГ), в результате чего процесс трансляции (синтеза белка) прекращается на месте появления терминального кодона. Чем ближе будет мутация к 5'-концу ДНК (к началу транскрипции), тем короче будет белковая молекула;
- 3) *мутации сдвига рамки чтения* возникают при появлении внутри гена вставок, приводящих к изменению генетической информации и изменению полипептидной цепи, содержащей ошибочные аминокислоты;
- 4) *инсерции* (вставки), некратные трем нуклеотидам, вызывающие сдвиг рамки считывания, приводящие, как и нонсенс-мутации, к преждевременному окончанию синтеза белка, или к образованию бессмысленного, измененного белка;
- 5) мутации замены оснований могут быть двух типов: транзиции и трансверсии. Транзиции замена одного пурина на другой или одного пиримидина на другой. Выделены 4 типа транзиций: $A \rightarrow \Gamma$; $\Gamma \rightarrow A$; $\Gamma \rightarrow U$; $U \rightarrow T$. Трансверсии замена пурина на пиримидин и наоборот. Известны 8 типов трансверсий: $A \rightarrow T$; $T \rightarrow A$; $\Gamma \rightarrow U$; $U \rightarrow \Gamma$; $A \rightarrow U$; $U \rightarrow A$; $\Gamma \rightarrow T$; $T \rightarrow \Gamma$;
- 6) *сплайсинговые мутации*, сопровождающиеся вырезанием экзона, или интрона и образованием бессмысленного измененного белка.

Примеры фенотипического проявления генных мутаций

Фенотипическое проявление генных мутаций разнообразно. Известны заболевания, когда изменение лишь одного нуклеотида оказывает сильное влияние на фенотип.

- 1. Серповидно-клеточная анемия заболевание, при котором происходит миссенс-мутация, а именно: замена в шестом кодирующем триплете ДНК тимина на аденин (триплет ЦТЦ заменяется на триплет ЦАЦ). Затем, соответственно, происходит замена нуклеотида аденина (А) на урацил (У) в молекуле и-РНК. Далее в ходе трансляции в полипептидной цепи происходит замена глутаминовой синтезируется мутантный гемоглобин, кислоты на валин. результате причиной появления серповидных быстро разрушающихся являющийся эритроцитов. При этом развивается острая анемия, которая может привести к смерти людей, гомозиготных по мутантному аллелю.
- 2. Альбинизм дефект гена, который контролирует синтез фермента тирозиназы. В результате отсутствия фермента тирозиназы блокируется превращение аминокислоты тирозина в меланин. Поэтому отсутствует пигментация кожи, волос, радужки.

3. Фенилкетонурия — нарушение метаболизма аминокислоты фенилаланина. Заболевание обусловлено мутацией гена, ответственного за синтез фермента фенилаланингидроксилазы, который обеспечивает превращение поступающего в организм с пищей фенилаланина в тирозин. Нарушение этого метаболического процесса приводит к резкому повышению содержания фенилаланина в крови, который оказывает токсическое воздействие на мозг, вызывая слабоумие.

Большая часть генных мутаций фенотипически не проявляется у особей в гетерозиготном состоянии, не причиняя вреда для организма, но может проявиться в будущих поколениях при переходе в гомозиготное состояние.

Репарация — исправление повреждений ДНК (генных мутаций) с помощью особых ферментов. Репарация осуществляется поэтапно при участии нескольких ферментов:

- молекулы *фермента рестрикционной эндонуклеазы (рестриктазы)* обследуют молекулу ДНК, опознают повреждение, а затем эндонуклеаза разрезает поврежденный участок ДНК;
- *фермент рестрикционная экзонуклеаза* значительно расширяет образовавшуюся брешь, отсекая сотни нуклеотидов;
- -фермент полимераза устраняет ее в соответствии с порядком нуклеотидов во второй (неповрежденной) нити ДНК. Явление репарации имеет большое значение для сохранения неизменнности генетической информации.

Хромосомные мутации — это структурные изменения хромосом. Хромосомные мутации подразделяются на *внутрихромосомные* и *межхромосомные* (таблица 4).

Таблица 4 – Типы хромосомных мутаций

Условные обозначения генов	Изменения структуры
на хромосоме	хромосомы
<u>АБВГДЕ</u>	Нормальный порядок генов
<u>АБВВГДЕ</u> <u>АБДЕ</u>	Дупликация – удвоение участка Делеция – потеря участка в
<u>АБВГ</u>	центре хромосомы Дефишенси – нехватка
<u>АБГВДЕ</u>	концевого участка хромосомы Инверсия – поворот участка
<u>АБВМК</u>	хромосомы на 180° Транслокация – перемещение
	участка (ГДЕ) на другую, негомологичную хромосому

Внутрихромосомные мутации – мутации, возникающие в пределах одной хромосомы.

Примеры внутрихромосомных мутаций

1) делеция – выпадение центрального участка хромосомы.

Примеры. Делеция короткого плеча 5-ой хромосомы — синдром «кошачьего крика». Для ребенка с этим синдромом характерно лунообразное лицо, микроцефалия (аномально уменьшенная голова), умственное и физическое недоразвитие. При данном синдроме у новорожденного отмечается специфический плач, напоминающий скорее кошачий крик, чем плач младенца, что обусловлено патологией гортани и голосовых связок.

При хроническом миелоидном лейкозе наблюдается делеция длинного плеча 21-й хромосомы. Делеция возникает в одной из кроветворных клеток как соматическая мутация и способствует развитию заболевания.

- 4) *дефишенси* выпадение концевого участка хромосомы, который не включается в митоз, так как лишен центромеры и не может правильно ориентироваться относительно веретена деления;
- 5) *дупликация* двух- и многократное повторение генов, локализованных в определенном участке хромосомы. Пример спонтанная мутация Ваг, вызываемая доминантным геном В, приводящая к развитию фенотипа «полосковидные глаза» у дрозофилы.
- 6) инверсия поворот участка хромосомы на 180 градусов и расположение генов в обратной последовательности. Механизм образования инверсий: возникают два разрыва хромосомы либо на разных расстояниях от центромеры, либо на одинаковых, и происходит поворот сегмента хромосомы на 180 градусов. Порядок расположения генов при этом в перевернутом сегменте изменятся. При инверсии меняется эффект положения гена и фенотип.

Синдром Вольфа-Хиршхорна у новорожденных может быть обусловлен инверсиями, а также делециями, дупликациями. Болезнь характеризуется многочисленными врожденными пороками развития, микроцефалией, умственным и психическим недоразвитием.

Примером инверсии могут служить различия хромосомных наборов в семействе кошачьих. Диплоидный набор хромосом в клетках у представителей данного семейства составляет 2n=36. Однако каждый вид отличается наличием инверсии в определенных хромосомах, и соответственно, характеризуется обусловленными этим морфологическими и физиологическими признаками.

Межхромосомные мутации

Межсхромосомные перестройки (транслокации) структурные перестройки, происходят гомологичными которые между негомологичными хромосомами. При участок ЭТОМ хромосомы перемещается на другое место гомологичной или негомологичной хромосомы.

Различают следующие виды транслокаций: взаимные (реципрокные) — взаимный обмен участками негомологичных хромосом; нереципрокные (транспозиции) — участок хромосомы включается в другую хромосому без

взаимного обмена. Примером межхромосомных перестроек являются транслокационные формы болезни Дауна. Число хромосом в данном варианте болезни нормальное – 46, так как дополнительная хромосома 21 может быть транслоцирована на аутосому 14 (13, 15, 22).

В особый тип выделяют Робертсоновские транслокации, или слияния, которые приводят к изменению числа хромосом. Они образуются при слиянии двух акроцентрических хромосом в области центромеры, в результате чего образуется одна метацентрическая хромосома. Этот тип транслокаций исследовал У.Р. Робертсон.

Геномные мутации — изменение числа хромосом в клетке. В результате геномных мутаций образуются организмы с отличным от нормального типа количеством хромосом и обладающие новыми признаками. Поэтому геномные мутации используются в селекции для выведения новых сортов.

Различают полиплоидию и анеуплоидию.

Полиплоидный ряд	3n	4n	5n	6n	7n	8n	9n	10n
Число хромосом (n=7)	21	28	35	42	49	56	63	70

Число наборов негомологичных хромосом в кариотипе отличается от двух (3n, 4n и т. д.). Это происходит в результате нарушений в ходе митоза: хромосомы в клетке удваиваются, но последующего деления клетки не наблюдается, поскольку не функционирует ахроматический аппарат клетки. Такие мутации приводят чаще всего к гибели зародыша человека и животных еще на ранних этапах развития. Триплоидия обнаруживается в 4 %, а тетраплоидия в 1 % всех погибших эмбрионов. Для триплоидов тетраплоидов И многочисленные пороки развития, слабоумие, гермафродитизм. В литературе описаны случаи триплоидии у детей, максимальная продолжительность их жизни составила не более 7 дней. В селекции животных полиплоидия не используется, т. к. эта мутация вызывает их гибель.

Полиплоиды у растений встречаются часто в естественных популяциях. Кроме того, их получают искусственным путем (воздействием химических веществ, например, колхицина, и физических факторов — рентгеновских и ультрафиолетовых лучей). Полиплоиды встречаются у злаков, картофеля, свеклы, гречихи, смородины, томатов, земляники и т. д. Полиплоидия ведет к увеличению доз генов. Поэтому растения-полиплоиды отличаются более высоким ростом, крупными семенами, плодами.

Анеуплоидия

Анеуплоидия (гетероплоидия) — это изменение числа хромосом в кариотипе некратное гаплоидному. Обычно при анеуплоидии наблюдается изменение числа одной пары хромосом. При этом в хромосомном наборе либо отсутствует одна или более хромосом, либо присутствует одна или более дополнительных хромосом. В результате гетероплоидии возникают особи с аномальным числом хромосом.

Tрисомик — анеуплоид (организм), в хромосомном наборе которого содержится одна лишняя хромосома. Общее число хромосом 2n+1.

Tempacomuk — анеуплоид, в хромосомном наборе которого содержатся две лишние хромосомы. Общее число хромосом 2n+2.

 Π ентасомик — анеуплоид, в хромосомном наборе которого содержатся три лишние хромосомы. Общее число хромосом 2n+3.

Mоносомик — анеуплоид, в хромосомном наборе которого отсутствует одна из хромосом. Общее число хромосом 2n-1.

Hуллисомик — анеуплоид, в кариотипе которого отсутствует пара гомологичных хромосом. Общее число хромосом 2n-2.

Если гаметы, содержащие лишнюю хромосому, сочетаются с нормальной гаметой, то в результате формируется трисомик. Если гамета, содержащая две лишние хромосомы, сочетается с нормальной гаметой, то в результате формируется тетрасомик. Если же одна гамета потеряла хромосому, а вторая содержит нормальное число хромосом, то при слиянии гамет формируется организм-моносомик. Если же одна гамета потеряла две хромосомы, а вторая содержит нормальное число хромосом, то при слиянии гамет формируется организм-нулисомик.

Причина анеуплоидии — *нерасхождение хромосом в процессе мейоза*. *Нерасхождение хромосом* — процесс, в результате которого обе гомологичные хромосомы, или сестринские хроматиды перемещаются к одному из полюсов деления, образуя анеуплоидные половые клетки.

Впервые анеуплоиды были выявлены К. Бриджесом у дрозофилы: 6A + XXY, 6A + XYY.

Анеуплоидия у растений

Диплоидный набор хромосом в клетках картофеля составляет 48 (2n=48). В клетках картофеля возможны следующие виды геномных мутаций: 1) 49 (2n+1) — mpucomus; 2) 47 (2n-1) — monocomus; 3) 46 (2n-2) — monocomus; 4) 4n=192 (monunnoudus).

Анеуплоидия у человека

Анеуплоидия встречается и у человека. Впервые анеуплоидию у человека обнаружили в 1959 г. Дж. Леже и Р. Турпин. Это была трисомия по 21 хромосоме у больных с синдромом Дауна.

Примеры анеуплоидии у человека:

1) синдром Дауна – 47 хромосом – трисомия по 21-й аутосоме. Кариотип – 2n+1 (47 хромосом);

- 2) синдром трисомия-X (XXX). Кариотип 44A+XXX (47 хромосом, т.е. 2n+1);
- 3) синдром Шерешевского-Тернера (X0). Кариотип 44A + X0 (45 хромосом, т.е. 2n–1);
- 4) синдром Кляйн-Фельтера (ХХУ). Кариотип 44A + ХХУ (47 хромосом, т.е. 2n+1), или ХХХУ (48 хромосом, т. е. 2n+2), или ХХУУ (48 хромосом, т. е. 2n +2).

Механизм анеуплоидии у человека:

P $\stackrel{\bigcirc}{\hookrightarrow}$ 44A+XX x $\stackrel{\bigcirc}{\circlearrowleft}$ 44A+XY G 22A+XX, 22A+Y 22A+Y

аномальные гаметы нормальные гаметы

F 44A+XXX; 44A+XXY; 44A+X0; 44A+Y0

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова

Мутации, возникающие в естественных условиях без воздействия на организм различных факторов, называются спонтанными. Главной особенностью проявления спонтанных мутаций является то, что генетически близкие виды и роды характеризуются наличием похожих форм изменчивости. Закономерность о наличии гомологических рядов в наследственной изменчивости установил выдающийся генетик и селекционер, академик Н.И. Вавилов (1920 г). Он выявил, что гомологические ряды имеются не только на видовом и родовом уровнях у растений, но и могут также встречаться у млекопитающих и у человека.

Сущность закона заключается в том, что генетически близкие роды и виды характеризуются гомологическими (сходными) рядами в наследственной основе генотипической изменчивости. В схожей изменчивости аналогичный генотип у близкородственных форм (т. е. набор генов, их положение в гомологичных локусах). Поэтому, зная формы изменчивости, например, ряд мутаций у видов в пределах одного рода, можно предположить наличие таких же мутаций у других видов данного рода или семейства. Сходные мутации у генетически родственных видов Н.И. Вавилов назвал гомологическими рядами в наследственной изменчивости. Примеры:

- 1) представители семейства злаков имеют сходный генотип. В пределах родов данного семейства (у пшеницы, ржи, овса и др.) наблюдаются сходные мутации. К ним можно отнести следующие: голозернистость, безостость, полегаемость, различная консистенция и окраска зерна и т.д. Особенно часто встречаются безостые формы пшеницы, ржи, овса, риса;
- 2) у человека и млекопитающих встречаются сходные мутации: короткопалость (овцы, человек), альбинизм (крысы, собаки, человек),

сахарный диабет (крысы, человек), катаракта (собаки, лошади, человек), глухота (собаки, кошки, человек) и др.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости универсален. Медицинская генетика использует этот закон для изучения болезней у животных и разработки способов их лечения применительно к человеку. Установлено, что онкогенные вирусы передаются через половые клетки, встраиваясь в их геном. При этом у потомков возникают созаболевания, сходные с родительскими. Изучена последовательность нуклеотидов в ДНК у многих близкородственных видов, и степень сходства составляет более 90 %. Это означает, что однотипные мутации можно ожидать у родственных видов.

Закон имеет широкое применение в селекции растений. Зная характер наследственных изменений у одних сортов, можно предвидеть сходные изменения у родственных им сортов, воздействуя на них мутагенами или с помощью генной терапии. Так можно вызвать у них полезные изменения.

Модификационная изменчивость (по Ч. Дарвину — определенная изменчивость) — *это изменения фенотипа* под действием факторов внешней среды, которые не наследуются, и генотип остается неизменным.

Изменения фенотипа под влиянием факторов внешней среды у генетически идентичных особей, называются модификациями. Модификации иначе называют изменениями степени выраженности признака. Появление модификаций связано с тем, что факторы среды (температура, свет, влага и др.) воздействуют на активность ферментов и в определенных пределах изменяют течение биохимических реакций. Модификационная изменчивость носит приспособителоьный характер, в отличие от мутационной изменчивости.

Примеры модификаций:

- 1) стрелолист имеет 3 типа листьев, различающиеся по форме, в зависимости от действия экологического фактора: стреловидные, располагающиеся над водой, овальные на поверхности воды, линейные погружены в воду;
- 2) у гималайского кролика на месте сбритой белой шерсти при помещении его в новые условия (температура 2 С) отрастает черная шерсть;
- 3) при использовании определенных видов кормов масса тела и удойность коров значительно увеличиваются;
- 4) листья ландыша на глинистых почвах широкие, темно-зеленые, а на бедных песчаных узкие и бледной окраски;
- 5) растения одуванчика, переселенные высоко в горы, или в области с холодным климатом, не достигают нормальных размеров, и вырастают карликовыми.

6) при избыточном содержании в почве калия рост растений усиливается, а если в почве много железа, то на белых лепестках появляется буроватый оттенок.

Свойства модификаций:

- 1) модификации могут возникать у целой группы особей, т.к. это групповые изменения степени выраженности признаков;
- 2) изменения носят адекватный характер, т.е. соответствуют виду и продолжительности воздействия определенного фактора среды обитания (температура, свет, влажность почвы и т.д.);
- 3) модификации образуют вариационный ряд, поэтому их относят к количественным изменениям признаков;
- 4) модификации имеют обратимый характер в пределах одного поколения, т. е. со сменой внешних условий у особей меняется степень выраженности признаков. Например, у коров с изменением кормления может измениться удой молока, у человека под влиянием ультрафиолетовых лучей появляется загар, веснушки и т. д.;
 - 5) модификации не наследуются;
- 6) модификации носят адаптивный (приспособительный) характер, т. е. в ответ на изменение условий среды у особей проявляются фенотипические изменения, способствующие их выживанию. Например, домашние крысы адаптируются к ядам; у зайцев меняется сезонная окраска;
 - 7) группируются вокруг среднего значения.

Под влиянием внешней среды, в большей степени, изменяются длина и форма листьев, рост, масса и др.

Однако под влиянием среды признаки могут изменяться в определенных пределах. *Норма реакции* — это верхняя и нижняя границы, в которых может изменяться признак. Эти пределы, в которых может изменяться фенотип, определяются генотипом. *Пример 1*: надой молока от одной коровы составляет 4000—5000 л/год. Это свидетельствует о том, что в таких пределах наблюдается изменчивость данного признака, и норма реакции составляет 4000—5000 л/год. *Пример 2*: если высота стебля высокорослого сорта овса варьирует от 110 до 130 см, то норма реакции данного признака равна 110—130 см.

Разные признаки обладают разной нормой реакции — широкой и узкой. Широкая норма реакции — длина листьев, масса тела, удойность коров и др. Узкая норма реакции — жирность молока, окраска семян, цветков, плодов и т. д. Количественные признаки обладают широкой нормой реакции, а качественные — узкой нормой реакции.

Статистический анализ модификационной изменчивости на примере числа колосков в колосе пшеницы

Поскольку модификация — это количественное изменение признака, то можно произвести статистический анализ модификационной изменчивости и вывести среднюю величину модификационной изменчивости, или вариационного

ряда. Вариационный ряд изменчивости признака (т. е. количества колосков в колосьях) – расположение в ряд колосьев по возрастанию количества колосков. Вариационный ряд состоит из отдельных вариант (вариаций). Если подсчитать число отдельных вариант в вариационном ряду, то можно увидеть, что частота их встречаемости неодинакова. Варианты (вариации) – это число колосков в колосьях пшеницы (единичное выражение признака). Чаще всего встречаются средние показатели вариационного ряда (число колосков варьирует от 14 до 20). Например, в 100 колосьях нужно определить частоту встречаемости разных вариант. По результатам подсчетов видно, что чаще всего встречаются колосья со средним числом колосков (16–18):

Число колосков	14	15	16	17	18	19	20
в колосе (
варианты –V)							
Число колосьев,	2	7	22	32	24	8	5
(частота							
встречаемости -							
P)							

В верхнем ряду показаны варианты – от наименьшей величины к большей. Нижний ряд – это частота встречаемости каждой варианты.

Распределение вариант в вариационном ряду можно показать наглядно с помощью графика. Графическое выражение изменчивости признака называется вариационной кривой, которая отражает пределы вариации и частоту встречаемости конкретных вариаций признака (рис. 36).

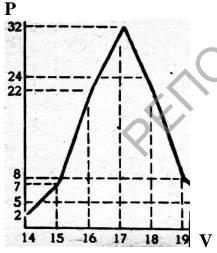


Рис. 36. Вариационная кривая числа колосков в колосе пшеницы

Для того, чтобы определить среднюю величину модификационной изменчивости колосьев пшеницы, необходимо учесть следующие параметры:

P — число колосьев с определенным количеством колосков (частота встречаемости признака);

n – общее число вариант ряда;

V – число колосков в колосе (варианты, образующие вариационный ряд);

M — средняя величина модификационной изменчивости, или среднее арифметическое вариационного ряда колосьев пшеницы определяется по формуле:

$$\sum (Vx \ P)$$
 M=——— (средняя величина модификационной изменчивости) n

$$M = \frac{2x14 + 7x15 + 22x16 + 32x17 + 24x18 + 8x19 + 5x20}{100} = 17, 1.$$

Средняя величина модификационной изменчивости имеет практическое применение при решении проблемы повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и животных.

Генные, хромосомные и геномные мутации. Примеры решения типовых задач

Задача 1. Определите порядок аминокислот в участке молекулы белка, если известно, что он кодируется следующей последовательностью нуклеотидов и-РНК: $AAA - A\Gamma Y - \mathbf{I}\mathbf{I}\mathbf{U}A - Y\mathbf{U}A - \mathbf{U}YY - AAY - \Gamma\mathbf{U}Y$. Как изменится полипептид при вставке перед седьмым нуклеотидом, цитозином ($\mathbf{I}\mathbf{I}$), двух нуклеотидов – гуанина (Γ) и урацила (Υ).

Pешение. Порядок аминокислот определяется по таблице генетического кода: $AAA - A\Gamma Y - \coprod \coprod A - \coprod Y \coprod A - \coprod Y = \coprod Y =$

При вставке перед седьмым нуклеотидом (Ц) двух нуклеотидов Γ и У полипептид изменится следующим образом:

$$AAA - A\Gamma Y - \Gamma Y \coprod - \coprod AY - \coprod A \coprod - YYA - AY\Gamma - \coprod Y$$
 Лиз Сер Вал Гис Гис Лей Мет.

В соответствии с изменением нуклеотидного состава изменится и аминокислотный состав полипептидной цепи, что является генной мутацией.

Ответ: в результате генной мутации полиптид изменился и имеет следующий состав аминокислот: Лиз–Сер–Вал–Гис–Гис–Лей–Мет.

Задача 2. Хромосома имеет последовательность генов ABCDEFGH. Определите их последовательность при делеции и при дупликации по фрагменту DEF.

Решение. Если хромосома имеет последовательность генов <u>ABCDEFGH</u>, то при *делеции* по фрагменту DEF последовательность генов в хромосоме будет следующая: ABCGH, а при дупликации – <u>ABCDEFDEFGH</u>.

Ответ: последовательность генов при делеции — <u>ABCGH</u>, а при дупликации — ABC**DEFDEF**GH

Задачи с ответами

1. Диплоидный набор хромосом в клетках равен 18. В результате индуцированного мутагенеза получены четыре мутантные формы. Установите соответствие между кариотипом этих форм и разновидностью геномной мутации, в результате которой они образовались. *Кариотип мутантной формы*: A)16; Б)17; В)19; Г)72. *Мутации*: 1) трисомия; 2) моносомия; 3) нуллисомия; 4) полиплоидия.

Ответ: АЗ Б2 В1Г4.

2. Диплоидный набор хромосом в клетках тюльпана равен 24. В результате индуцированного мутагенеза получены четыре мутантные формы. Установите соответствие между кариотипом этих форм и разновидностью геномной мутации, в результате которой они образовались. *Кариотип мутантной формы*: А) 22; Б) 23; В) 25; Г) 96. *Мутации*: 1) трисомия; 2) моносомия; 3) нуллисомия; 4) полиплоидия. Ответ: А3Б2В1Г4.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. Диплоидный набор хромосом в клетках фасоли равен 22. В результате индуцированного мутагенеза получены четыре мутантные формы. Установите соответствие между кариотипом этих форм и разновидностью геномной мутации, в результате которой они образовались. *Кариотип мутантной формы*: А) 20; Б) 21; В) 23; Г) 88. *Мутации*: 1) трисомия; 2) моносомия; 3) нуллисомия; 4) полиплоидия.
- 2. Определите типы хромосомных мутаций: a) QRSTU; б) QRSTSTU; в) QRSU; г) QRSU; д) QRSML.
- 3. Определите порядок аминокислот в участке молекулы белка, если известно, что он кодируется следующими триплетами ДНК: ТГАТГЦГТТАТГЦГ. Как изменится полипептид, если из молекулы ДНК будут удалены 9-й и 12-й нуклеотиды.
- 4. Участок молекулы ДНК, кодирующий полипептид, в норме имеет следующую последовательность нуклеотидов: ААА-ААЦ-ЦАТ-АГА-ГАГ В процессе репликации цепочки ДНК на этом участке произошла инверсия. Какие нуклеотиды в ней участвовали, если и-РНК, синтезированная на данном участке молекулы ДНК, имеет последовательность нуклеотидов: УУУ-УАУ-ГГУ-УЦУ-ЦУЦ?

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

Селекция — наука о методах создания сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками. В ее основе лежит правильный выбор материала для селекции, исходных особей, их генетическое разнообразие, гибридизация этих особей.

Академик Н.И. Вавилов выделил 7 центров многообразия и происхождения культурных растений, которые являются материалом для селекции.

Центры происхождения культурных растений по Н.И. Вавилову:

Южно-азиатский (Индия, Индокитай, Индонезия) – родина риса, манго, баклажан, цитрусовых и др.

Восточно-азиатский (Центральный Китай, Япония, Корея) – просо, соя, гречиха, лук, яблоня, груша, чай и др.

Югозападно-азиатский – (Средняя Азия, Закавказье) — рожь, бобы, горох, морковь и др.

Средиземноморский – маслины, капуста, свекла, овес, укроп, петрушка, тмин и др.

Эфиопский – сорго, твердая пшеница, ячмень, бананы, лен и др.

Центральноамериканский — (*Мексика и острова Мексиканского залива*) — кукуруза, фасоль, какао, тыква, перец, томат, подсолнечник и др.

Южноамериканский – картофель, табак, арахис, ананас, каучук и др.

Методы селекции

Классические

- 1) искусственный отбор сохранение необходимых человеку организмов и устранение организмов, не отвечающих целям селекции. Искусственный отбор подразделяют на массовый и индивидуальный. Массовый отбор выделение группы особей. Применяется в ряду поколений. Индивидуальный отбор выделение отдельных особей. Применяется для животных и самоопыляющихся растений
- 2) *гибридизация* процесс получение новых генетических комбинаций у потомства для получения новых сочетаний ценных родительских признаков. Гибридизация делится на следующие виды:
 - а) инбридинг
 - б) межлинейная гибридизация
 - в) отдаленная гибридизация

Инбридинг — близкородственное скрещивание сельскохозяйственных животных, или принудительное самоопыление у перекрестноопыляющихся растений. Применяется в селекции как скрещивание особей одного поколения, родителей и потомков.

Инбридинг у растений — близкородственная гибридизация, которая применяется для получения чистых линий. Например, самоопыление у растений служит для выделения чистых линий:

ААхАА; или аах аа

Инбридинг у животных – близкородственное скрещивание между братьями, сестрами, родителями и потомством.

Депрессия — ухудшение признаков потомства при инбридинге. Животные и растения при инбридинге несут в гетерозиготном состоянии вредные рецессивные мутации, поэтому при инбридинге, вызывающем появление гомозигот, часто происходит понижение жизнеспособности, урожайности, устойчивости к заболеваниям и т.д.

Межлинейная гибридизация — скрещивание 2 чистых линий и получение явления гетерозиса: AA x аа

G A, a F_1 Aa

 Γ етерозис — мощное развитие гибридов, полученных при скрещивании чистых линий, одна из которых гомозиготна по доминантным генам, а вторая — по рецессивным генам. Гетерозис в селекции растений и животных заключается в следующем. При скрещивании пород животных, сортов растений, а также чистых линий между собой гибриды F_1 по ряду признаков и свойств нередко превосходят исходные родительские особи.

Межлинейные гибриды первого поколения оценивают по результату гетерозиса. При этом отбирают линии, имеющие лучшие комбинации, а затем их размножают для получения гибридных семян. Широко используются в практической селекции двойные межлинейные гибриды. Их получают путем скрещивания двух простых гибридов, которые проявляют гетерозис. Хорошие результаты дает скрещивание линий, происходящих из различных сортов.

Пример. Один простой гибрид получен от скрещивания чистых линий двух сортов A x B, а другой — от скрещивания чистых линий других сортов — С x D. Двойной гибрид можно представить, как: (A x B) x (C x D). Для него характерен гетерозис. Такие двойные межлинейные гибриды получены у кукурузы, свеклы, томатов и др. Аналогичным путем получают двойные межлинейные гибриды и у животных. В настоящее время в птицеводстве и свиноводстве широко используются получение чистых линий, происходящих из одной или разных пород. Показателем гетерозиса является то, что полученный межлинейный гибрид превосходит исходные чистые линии, а также сорта или породы, от которых произошли эти чистые линии.

Различают *три типа гетерозиса*: 1) *репродукционный* – гибриды отличаются от родительских форм большей плодовитостью; 2) *соматический* – у гибридов больше масса тела, чем у родителей; 3) *адаптационный* – гибриды лучше приспособлены к условиям внешней среды, чем родительские формы.

Схематически гетерозис можно представить в следующем виде. Имеются две чистые линии — ааВВ и AAbb. При скрещивании этих чистых линий ааВВ х AAbb у гибрида объединяются доминантные аллели обоих генов (AaBb). Все гибриды в F_1 (100 %) проявляют по доминантным генам гетерозис. В F_2 число особей с двумя доминантными генами в гетерозиготном состоянии (AaBb) будет составлять только лишь 4/16 (25%). В последующих поколениях число гетерозигот еще больше сократиться, а число гомозигот увеличится. Поэтому, в последующих поколениях гетерозис затухает.

Отваленная (межвидовая) гибридизация — скрещивание форм, относящихся к разным видам и родам. При отдаленной гибридизации имеют место комбинации генов и хромосом разных видов, и комбинации даже целых геномов (при получении аллополиплоидов). Отдаленная гибридизация позволяет совмещать у

гибридов свойства далеких в систематическом и биологическом отношениях видов. Отдаленная гибридизация протекает с трудом. Ее применяют для получения необычных комбинаций генов. При скрещивании пшеницы и ржи В.Е. Писарев получил гибрид тритикале, а

Н.В. Цицин (1940 г.) получил пшенично-пырейный гибрид на основе отдаленной гибридизации.

При скрещивании лошади и осла (\bigcirc лошадь х \bigcirc осел) получен высокогетерозисный гибрид – мул (выносливое и сильное животное).

Аутбридинг – неродственное скрещивание между породами, или между сортами. При аутбридинге *скрещиваются особи одного вида, не состоящие в непосредственном родстве*, или скрещиваются неродственные формы одного вида, не имеющие общих предков. Аутбридинг имеет место у животных и у растений. Аутбридинг у животных делится на следующие виды:

- а) внутрипородное скрещивание скрещиваются чужие особи, самец и самка, из разных семей;
- б) межпородное скрещивание скрещивание между породами, например, при скрещивании разных пород у собак (колли с овчаркой).

Аутбридинг у растений делится на:

- а) внутрисортовое скрещивание;
- б) межсортовое скрещивание;
- в) отдаленная гибридизация.

На основе аутбридинга получают гетерозисные организмы.

Основные методы селекционной работы И.В. Мичурина

Отваленная гибридизация — скрещивание представителей разных видов, или родов с целью получения сортов с желательными качествами. Например, для выведения межродового гибрида — церападуса пыльца дикого вида, черемухи японской, наносилась на рыльца пестиков культурного вида, вишни идеал (вишня идеал х черемуха японская = церападус). Благодаря гибридизации географически отдаленных диких и культурных форм, получены лежкие, с хорошими вкусовыми качествами сорта, например, культурный межродовой гибрид — яблоня Бере зимняя Мичурина (груша дикая уссурийская х Бере рояль = Бере зимняя Мичурина).

Метод ментора — управление доминированием с помощью прививки, использования подвоя и привоя, передающего свои качества новому сорту. Подвоем служит культурное растение, а привоем — черенок, или глазок дикого растения. Черенок, или глазок прививается на подвой — растение-воспитатель, обладающее полезными качествами. Например, для выведения сорта яблони Бельфлер-китайка использовались географически отдаленные формы: культурная яблоня Бельфлер желтый, родиной которой является восток Северной Америки и дикий вид — Китайка уссурийская, родиной которой является Дальний Восток. Бельфлер желтый (подвой) х Китайка уссурийская (привой) = Бельфлер-китайка — лежкий, позднеспелый сорт.

Полиплоидия – увеличение числа хромосом в клетке, кратное гаплоидному набору. При полиплоидии возникают триплоидные (3n), тетраплоидные (4n) и т. д. клетки. Использование колхицина позволило получить значительное количество полиплоидов. При этом могут возникать клетки, в которых каждая хромосома представлена трижды (3n – триплоиды), четырежды (4n - тетраплоиды), пять раз (5n – пентаплоиды), 6 раз (6n – гексаплоиды) и т. д. Полиплоидия сопровождается увеличением размера растения, его органов, величины и веса семян, их биохимического состава и т.д. При полиплоидии наблюдаются отклонения от диплодиного числа хромосом в соматических клетках и от гаплоидного - в половых. Полиплоидизация изменяет физиологические процессы, обусловливает повышенное содержание ценных химических веществ в растениях. Полиплоиды устойчивы к заболеваниям.

Выделяют два типа полиплоидии: автополиплоидию и аллополиплоидию.

Автополиплоидия — кратное увеличение числа наборов хромосом одного вида. Например, автополиплоидный ряд пшеницы:

n	2 n	4 n	6 n	8 n
7	14	28	42	56

2 п=14 (однозернистая пшеница)

4 n=28 (твердая пшеница)

6 n=42 (мягкая пшеница)

8 n= 56 (октаплоидная пшеница).

Автополиплоидный ряд — группа родственных организмов, у которых наборы хромосом составляют ряд с возрастающим числом хромосом, кратным гаплоидному.

Высокоурожайные сорта пшеницы выведены селекционером П.П. Лукъяненко (Безостая-1) и селекционером В.Т. Ремесло (Мироновская-808). Эти сорта относят к мягкой полиплоидной пшенице (6n=42). Их колосья и зерна очень крупные, стебли прочные. Среди ягодных культур очень высокий урожай и крупные плоды дает полиплоидная крупноплодная земляника (8n=56).

Аллополиплоидия — это удвоение числа хромосом у бесплодного диплоидного гибрида, В результате получают гибриды — аллотетраплоиды (амфидиплоиды). Аллополиплоидия имеет большое практическое значение.

Г.Д. Карпеченко в 1924 г. получил межвидовой плодовитый гибрид рафанобрассика (капредька). Его получение осуществлялось в два этапа.

1 этап – до обработки колхицином

$$P \supsetneq$$
 капуста х \circlearrowleft редька $2n{=}18$ $2n{=}18$ $G n{=}9$ $n{=}9$ F $_1$ $2n{=}18$

На первом этапе в F_1 получен стерильный капустно-редечный гибрид. Нежизнеспособность его гамет обусловлена отсутствием пар гомологичных хромосом, нарушением конъюгации хромосом, поскольку хромосомы редьки не имеют гомологов среди хромосом капусты.

- 2 этап после обработки бесплодного гибрида колхицином и искусственного удвоения хромосом
- Г.Д. Карпеченко обработал стерильный капустно-редечный гибрид колхицином, препаратом, который вызвал полиплоидизацию удвоение хромосом, вследствие их нерасхождения при образовании гамет.
- В результате полиплоидизации сформировались *диплоидные* (нередуцированные) гаметы (G: 2n=18 и 2n=18). При слиянии (соединении) таких диплоидных гамет (2n=18 и 2n=18) в F_2 получен амфидиплоид 4n=36, представляющий собой межвидовой плодовитый гибрид рафанобрассика, у которого сформировались пары гомологичных хромосом и жизнеспособные гаметы.

Применение метода отдаленной гибридизации позволило получить межвидовые гибриды пшеницы и ржи, названные *тритикале*, обладающие высокой урожайностью и зимостойкостью. Например, при скрещивании гексаплоидной пшеницы (6 n =42) с диплоидной рожью (2n =14) и с дальнейшим удвоением числа хромосом был создан гибрид тритикале. В генотипе гексаплоидной пшеницы – 42 хромосомы (n=7, 6n=42). Гаметы

В генотипе гексаплоидной пшеницы – 42 хромосомы (n=7, 6n=42). Гаметы гексаплоидной пшеница содержат по 21 хромосоме (42:2=21), а гаметы ржи – по 7 хромосом (2n =14, n=7). После слияния гамет пшеницы(n=21) и ржи (n=7) получен стерильный гибрид, в генотипе которого количество хромосом составило 28 (21+7). После удвоения хромосом получен плодовитый гибрид, полиплоид тритикале, количество хромосом, в генотипе которого составило, 56.

Генетические основы селекции. Примеры решения типовых задач

Задача 1. Гибрид тритикале был получен путем скрещивания тетраплоидной пшеницы (4n) с диплоидной рожью (2n). Определите количество хромосом в генотипе тритикале, если у пшеницы 2n=14 и у ржи 2n=14.

Решение. В генотипе тетраплоидной пшеницы имеется 28 хромосом (n=7, 4n=28). В ее гаметах содержится по 14 хромосом (28:2=14), а гаметы ржи имеют по 7 хромосом. После слияния гамет пшеницы (n=14) и ржи (n=7) получен стерильный гибрид, в генотипе которого 21 (14+7) хромосома. Количество хромосом в генотипе тритикале формируется после искусственного удвоения генома и равно 42 (21х2).

Ответ: количество хромосом в генотипе тритикале равно 42.

Задача 2. Определите количество хромосом в клетках аллополиплоида, полученного от скрещивания двух видов табака (2n=48) и (2n=24).

Решение. В генотипе одного вида табака содержится 48 хромосом (2n=48). В его гаметах содержится по 24 хромосомы (48:2=24). В генотипе второго вида табака содержится 24 хромосомы, а гаметы его имеют по 12 хромосом (24:2=12). После слияния гамет двух видов получен стерильный гибрид, в генотипе

которого содержится 36 (24+12) хромосом. В результате полиплоидизации количество хромосом в клетках аллополиплоида составило 36х2=72.

Ответ: количество хромосом в клетках аллополиплоида равно 72.

Задача 3. При скрещивании терна (2n=32) с алычой (2n=16) получен межвидовой плодовитый гибрид – домашняя слива. Составьте схему получения культурной сливы и определите количество хромосом в генотипе гибрида.

Амфидиплоид культурной сливы получен путем объединения диплоидного набора хромосом от терна (2n=32) и диплоидного набора хромосом от алычи (2n=16). Необходимо удвоение числа хромосом в обоих наборах для образования жизнеспособных гамет. В результате мейоза сформировались диплоидные гаметы 2n=32 и 2n=16, после слияния которых, получена культурная форма.

Решение

Схема получения культурной сливы:

```
P \supsetneq алыча х \circlearrowleft терн 2n=16 2n=32 — набор хромосом до полиплоидизации 4n=32 4n=64 — набор хромосом после полиплоидизации 2n=16 2n=32
```

Количество хромосом в генотипе гибрида: 16+32= 48.

Ответ: количество хромосом в генотипе гибрида равно 48.

Задача 4. В результате многократного скрещивания 42-хромосомной (6n) пшеницы с многолетним сорняком — 14-хромосомным (2n) пыреем селекционеры получали стерильные гибриды. Генетик-селекционер Н.В. Цицин в результате отдаленной гибридизации создал многолетний высокоурожайный (до 70 ц/га), устойчивый к полеганию — пшенично-пырейный гибрид. Объясните стерильность первых гибридов, которые получены после слияния гамет пшеницы и пырея. Объясните также плодовитость пшенично-пырейного гибрида после удвоения хромосом первых гибридов. Сколько пшеничных и пырейных хромосом содержали его гаметы.

Решение. В генотипе гексаплоидной пшеницы содержится 42 хромосомы (6n=42, n=7). Ее гаметы содержат по 21 хромосоме (42:2=21), а гаметы пырея — по 7 хромосом. После слияния гамет пшеницы и пырея получен стерильный гибрид, в генотипе которого количество хромосом составило 28 (21+7). Стерильность обусловлена нарушениями в ходе мейоза, вследствие отсутствия гомологичных хромосом. В результате удвоения хромосом получен плодовитый пшенично-пырейный гибрид, количество хромосом, в генотипе которого, составило 56 (28х2). Гаметы содержали 42 хромосомы пшеничных и 14 хромосом пырейных.

Ответ: гаметы пшенично-пырейного гибрида содержали 42 пшеничных хромосомы и 14 пырейных хромосом.

Новейшие направления генетики и селекции: биотехнология, генетическая инжененрия и клеточная инженерия

Биотехнология — использование человеком живых организмов, культивируемых клеток и биологических процессов в производстве важных продуктов (гормонов, ферментов, аминокислот, лекарственных и белкововитаминных препаратов и др.). В биотехнологических процессах использовались человеком с давних времен бактерии (для получения кисло-молочных продуктов) и дрожжи (в виноделии, пивоварении, хлебопечении).

Современная биотехнология включает следующие направления:

- использование биологических методов для борьбы с загрязнением окружающей среды (биологическая очистка сточных вод, загрязнений почв с использованием некоторых протистов) и для защиты растений от вредителей и болезней;
- производство на основе микробиологического синтеза, т. е. с помощью микроорганизмов, ценных биологически активных веществ (ферментов, витаминов, гомональных препаратов и др.),
- -производство аминокислот, используемых в качестве кормовых добавок, белков;
- производство на основе методов генетической и клеточной инженерии лекарственных препаратов: антибиотиков, синтетических вакцин, специфических антител, инсулина, соматотропина, интерферона, генферона и др.;
- создание новых сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов;
- получение большого количества ценных растений на питательных средах (метод микроклонального размножения).

Объектами биотехнологии являются микроорганизмы (вирусы, бактерии, протисты, дрожжи и др.), изолированные клетки растений, животных, органеллы, растения и животные.

С помощью биотехнологии, использующей достижения химии нуклеиновых кислот, генетики микроорганизмов, молекулярной биологии и генной инженерии, решен ряд медицинских, сельскохозяйственных, экологических проблем.

Генетическая (генная) инженерия

Генетическая (генная) инженерия – конструирование искусственным путем генетических структур и наследственно измененных организмов. Генетическая инженерия – раздел (прикладная ветвь) молекулярной генетики, связанный с целенаправленным созданием новых молекул ДНК, способных размножаться в клетке-хозяине. При этом происходит искусственное, целенаправленное изменение генотипа организма (микроорганизма) и формирование новых признаков и свойств. Генная инженерия занимается рашифровкой структуры генов, их синтезом и клонированием, вставкой выделенных из клеток живых организмов генов в клетки растений и животных с целью направленного изменения их генетических особенностей.

Хорошо разработанными методами генной инженерии являются трансгенез, микробиологический синтез и др.

Трансгенез – перенос генов от одного вида организмов в другой. Трансгенез осуществляется путем разрезания и сшивания участков ДНК при участии ферментов – рестриктаз и лигаз.

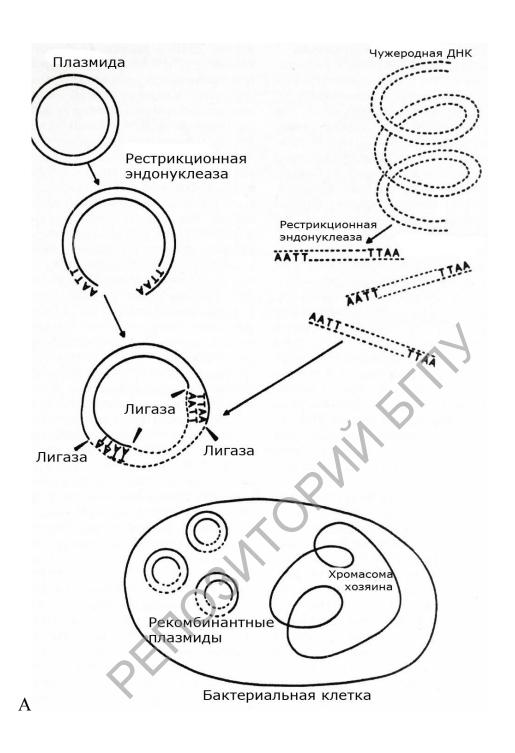
Этапы трансгенеза:

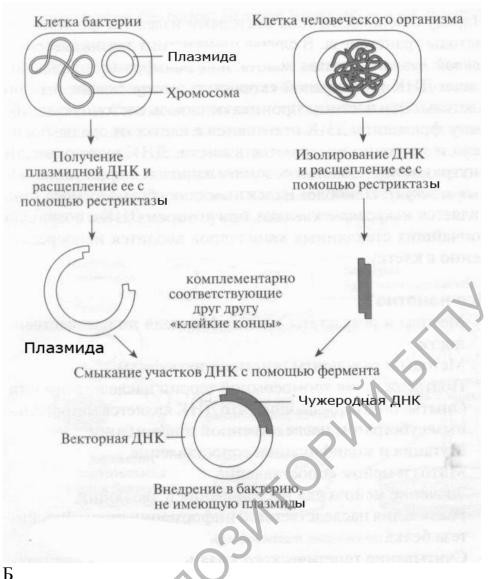
- а) выделение генов (фрагментов ДНК) из клеток бактерий, растений или животных с помощью фермента *рестриктазы*;
- б) соединение (сшивание) генов (фрагментов ДНК) с плазмидой с помощью фермента лигазы;
- в) введение гибридной плазмидной ДНК, содержащей нужный ген в клетку хозяина;
- г) копирование (клонирование) этого гена в клетке хозяина и обеспечение его работы по схеме: «Код ДНК транскрипция трансляция белок»

Инструментами генной инженерии являются открытые в 1974 г ферменты – рестриктазы (рестрикционные эндонуклеазы). Рестриктазы узнают участки (сайты) ДНК, вносят разрезы в цепях ДНК. На концах каждого фрагмента образуются одноцепочечные хвосты, называемые «липкими концами», поскольку они могут, как бы слипаться между собой вследствие комплементарности.

Рестриктазы узнают в двухцепочечной ДНК определенную, только свою последовательность нуклеотидов ДНК. Затем рестриктаза прикрепляется к распознаваемому участку нуклеотидов и разрезает его в месте прикрепления. Чаще рестриктазы распознают в молекуле ДНК участки длиной в 4–6 пар нуклеотидов и разрезают обе цепи ДНК посередине этих участков или обычно со смещением. *Примеры рестриктаз*: рестриктаза **Eco RI**, которая узнает фрагмент ДНК из шести нуклеотидов ГААТТЦ (место разреза между нуклеотидами Г и А обеих цепей ДНК); рестриктаза **Hind III** распознает участок ААГЦТТ (место разреза между нуклеотидами А и А обеих цепей ДНК); рестриктаза **Bam I** распознает участок ГГАТЦЦ (место разреза между нуклеотидами Г и Г обеих цепей ДНК); рестриктаза **Hae III** распознает участок ГГЦЦ (место разреза между нуклеотидами Г и Ц обеих цепей ДНК); рестриктаза **Hpa II** распознает участок ЦЦГГ(место разреза между нуклеотидами Ц и Ц обеих цепей ДНК).

Далее для конструирования генетически измененного организма необходимо ввести нужный ген в клетку этого организма. Введение чужеродных генов в организм осуществляется с помощью *плазмидного вектора*. Вектором является *плазмида — маленькая кольцевая молекула ДНК*, которую извлекают из цитоплазмы бактериальной клетки. *Плазмиды —* факторы наследственности, расположенные вне хромосом, представляющие собой *внехромосомную ДНК*.





Puc. 37.

A — Схема введения чужеродной ДНК в бактериальную плазмиду с использованием ферментов (рестрикционной эндонуклеазы и лигазы).

B — Схема переноса гена человека, ответственного за синтез гормона инсулина и образование векторной ДНК.

Свойства плазмиды: 1) обладает способностью к автономной репликации; 2) содержит гены, кодирующие антибиотики; 3) способны встраиваться в хромосому клетки-реципиента; 4) распознает участки ДНК, которые могут разрезать ферменты - рестриктазы; 5) рестриктаза может разрезать плазмиду и переводить ее в линейное состояние. Эти свойства плазмиды исследователи используют для получения рекомбинантных (гибридных) ДНК.

Последовательность введения ДНК в плазмиду (плазмидный вектор) с помощью фермента рестриктазы (рис. 37 A):

- 1) рестрикция разрезание молекулы ДНК рестриктазой, образование фрагментов ДНК и выделение необходимого гена;
- 2) включение выделенного гена в плазмиду, т. е. получение рекомбинантной (гибридной) ДНК путем введения фрагмента чужеродной ДНК в плазмиду;
- 3) лигирование сшивание ферментом лигазой плазмидного (векторного) и чужеродного фрагментов ДНК; при этом концы векторной и чужеродной ДНК (т. н. «клейкие концы») комплементарны друг другу;
- 4) *тазмиды* в геном другой клетки (клетки-реципиента), в частности, бактериальной клетки.

Следует отметить, что плазмиды проникают лишь в часть обработанных бактерий. Трансформированные бактерии вместе с плазмидами приобретают устойчивость к определенному антибиотику, что позволяет их отделить от нетрансформированных, погибающих на среде, содержащей антибиотик. Каждая из трансформированных бактерий, помещенная на питательную среду, размножается и образует колонию из многих тысяч потомков – клон.

5) скрининг – отбор среди трансформированных бактерий тех, которые содержат плазмиды с нужным геном.

Трансгенные животные и растения

Клонированные гены с помощью микроинъекции вводят в яйцеклетку млекопитающих или протопласты растений (изолированная клетка, лишенная клеточной стенки) и далее из них выращивают животных, или растения, в геноме которых действуют чужеродные гены. Растения и животные, геном которых изменен путем генноинженерных операций, получили название трансгенных организов (трансгенных растений и животных), поскольку в нем содержатся чужеродные гены. Получены трансгенные мыши, кролики, свиньи, овцы. В их работают гены бактерий, млекопитающих, человека. Получены трансгенные растения (кукуруза, перец, томаты, пшеница, рожь, бобовые, картофель и др.), содержащие гены неродственных видов. Трансгенные растения устойчивы к гербицидам, насекомым, неблагоприятным погным условиям и др. решается проблема изменения Постепенно наследственности многих сельскохозяйственных растений.

Генетическая карта хромосом. Генная терапия

Генетической картой хромосом называют схему взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления. Такие карты составляются для каждой пары гомологичных хромосом. На генетической карте указан порядок расположения генов в хромосоме и расстояния между ними (процент кроссинговера между определенными генами). Так создание новых штаммов микроорганизмов, способных синтезировать гормоны, белки, лекарственные препараты основывается на знании генетических карт микроорганизмов. Генетические карты человека необходимы для медицинской генетики. Знания о локализации гена в определенной хромосоме используются при диагностике

ряда наследственных заболеваний, а также в генной терапии для исправления структуры и функции генов.

Генная терапия — замена дефектных генов на неповрежденные, или исправление их структуры.

Для борьбы с наследственными, онкологическими и возрастными заболеваниями разрабатываются методы генной терапии, безопасные для клеток человека. С использованием методов генной терапии можно заменять в организме дефектные гены, в которых произошли точковые мутации, на неповрежденные. В наше время ученые осваивают методы биобезопасности человека: внедрение нужных генов в клетки организма человека. Это позволит избавиться от многих наследственных заболеваний.

Микробиологический синтез

Методы генной инженерии позволили осуществить *микробиологический синтез* (рис. 37 Б). С помощью методов генной инжененрии микробиологи смогли получить штаммы бактерий, благодаря которым успешно осуществляется микробиологический синтез. Для этого производится отбор необходимых бактериальных клеток, не содержащих плазмид. Выделяются молекулы ДНК с заданной последовательностью нуклеотидов, определяющих развитие нужного признака. Плазмида с встроенным участком ДНК (геном) вводится в бактериальную клетку, в которой встроенный участок ДНК начинает работать (идут процессы репликации, транскрипции, трансляции), и в бактериальной клетке синтезируется нужный белок (интерферон, генферон, иммуноглобулин, инсулин, соматотропин и др.). В промышленных количествах получены гормоны (инсулин, соматотропин), многие аминокислоты, антибиотики, вакцины и др. Такие бактерии размножают в промышленных масшабах и производят необходимый белок.

С помощью генетических методов получен штамм микроорганизма Pseudomonas denitrificans, который производит в десятки раз больше витамина С, витаминов группы В, чем исходная форма; новый штамм бактерии микрококкус глутамикус выделяет в сотни раз больше аминокислоты лизина, чем исходная (дикая) культура лизинобразующей бактерии.

Клеточная инженерия

Клеточная инженерия — культивирование отдельных клеток или тканей на специальных искусственных средах, разработка методов создания клеток нового типа путем их гибридизации, замены хромосом и выращивание из них гибридов.

1. Метод культуры тканей

Метод заключается в культивировании изолированных клеток или кусочков искусственной питательной соответствующих среде микроклиматических условиях. В результате культивирования растительные кусочки регенерируют растение. клетки или ткани В целое Путем

микроклонального размножения отдельных клеток, или кусочков тканей (чаще верхушечной меристемы стебля или корня) можно получить множество полезных растений. Микроклиматические условия и питательные среды для регенерации декоративных, культурных, лекарственных растений подбираются экспериментально. Культура тканей также используется для получения диплоидных растений после обработки исходных гаплоидных форм колхицином.

2. Соматическая гибридизация

Соматическая гибридизация включает получение гибридных клеток, а из них – новых форм; искусственное оплодотворение яйцеклеток.

Получение новых гибридных растений путем слияния протопластов (ядро и цитоплазма) различных клеток в культуре тканей. Для слияния протопластов с помощью ферментов разрушают стенку растительной клетки и получают изолированный протопласт. При культивировании таких протопластов разных видов растений осуществляется их слияние и образование форм с новыми полезными признаками. Искусственное оплодотворение яйцеклеток осуществляют посредством метода экстракорпорального оплодотворения (ЭКО), позволяющего произвести оплодотворение яйцеклеток в пробирке с последующей имплантацией эмбриона на ранней стадии развития, и преодолеть некоторые формы бесплодия у человека.

3. *Хромосомная инженерия* — замена отдельных хромосом в клетках растений или добавление новых. У диплоидов имеются пары гомологичных хромосом, и такие организмы называются дисомики. Если в одной какой-либо паре оставить одну хромосому, то формируется моносомик. Если добавить в какую-либо пару третью гомологичную хромосому, то формируется трисомик и т. д. Возможна замена отдельных хромосом одного вида на хромосомы другого вида. Полученные формы называются замещенными.

Генетическая инженерия. Решение типовых задач

Задача 1. Имеется последовательность из 27 нуклеотидных пар двухцепочечной ДНК:

- 5' –ЦТГААТТАГГАТЦЦАГГЦААТАГТ ГТГ– 3'
- $3^{,-}$ ГАЦТТААТЦЦТАГГТЦЦГТТА ТЦАЦАЦ $5^{,-}$

Каким способом и на сколько частей можно разрезать эту ДНК?

Решение

В данной ДНК имеется один участок распознавания ГГАТЦЦ для рестриктазы Ват I. Поэтому ДНК может быть разрезана в одном месте с образованием двух фрагментов.

Задача 2. Ниже приведены две последовательности одноцепочных молекул ДНК. Какую из них в двухцепочечной форме могут разрезать известные вам рестриктазы?

- 5[°] ТАГГЦТААГЦТТАЦЦГАТ– 3[°]
- $3^{,-}$ ЦГААТАТТТЦЦГГАТГАА $5^{,-}$

Решение

Фрагменты ДНК могут быть разрезаны рестриктазами Hind III и Hpa II соотвественно.

Задача 3. Опишите последовательные этапы получения гибридной ДНК из представленных ниже фрагментов.

- **5**'-ТАЦТАТЦЦГ ГАГТАГГАТ**ГАТЦ**ЦТ-3'
- 3'-АТГАТА ГГЦЦТЦАТЦЦТАЦТАГГА-5'
- 5'-ЦГГАТЦЦТАГАТТЦЦАТА-3'
- 3'-ГЦЦТАГ**ГАТЦ**ТААГГТАТ-5'

Решение

Рестриктаза $Bam\ I$ может разрезать фрагменты с образованием липких концов ГАТЦ. Затем при смещении фрагментов, липкие концы скрепятся между собой за счет водородных связей. Далее ДHK-лигаза произведет окончательную их сшивку в единую гибридную молекулу (скрепит их в одну молекулу).

Задача для самостоятельного решения

Задача 1. Сайт узнавания рестриктазой Есо R I

- 5'- ГААТТЦ-3'
- 3'- ЦТТААГ-5'.

Разрежет ли эта рестриктаза участок цепи ДНК:

- 5'-ЦТАГААТТЦЦГА-3'
- 3'-ГАТЦТТААГГЦТ-5'?

ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

Генетика человека изучает особенности наследственности и изменчивости у человека и в его популяциях; фенотипическое проявление нормальных и патологических признаков; развитие заболеваний в зависимости от генетической предрасположенности и условий жизни. Главная задача генетики человека — выявление, изучение, профилактика и лечение наследственных болезней.

Методы генетики человека

- Генеалогический (родословных) метод составления родословных. Предложен в 1883 г. Ф. Гальтоном. Он позволяет исследовать наличие заболеваний у предков человека в течение нескольких поколений и установить тип наследования признаков (сцепленный с полом, аутосомноаутосомно-доминантный Используется рецессивный, И др.). наследственных медико-генетического диагностики болезней И консультирования.
- 2. Близнецовый метод предложен в 1876 г. Ф. Гальтоном для изучения закономерностей наследования признаков у близнецов. Метод основан на сравнении наследуемых признаков у разных групп близнецов. Близнецовый метод включает следующие этапы: 1) отбор для исследования

близнецов; 2) диагностика монозиготности или дизиготности близнецов. Монозиготные — однояйцевые близнецы (ОБ), дизиготные — разнояйцевые близнецы (РБ); 3) исследование конкордантности (сходства) у монозиготных и дискордантности (несходства) у дизиготных близнецов по многим признакам, в т. ч. и по группам крови; 4) сравнительная оценка роли наследственности и среды в формировании признаков.

Пара ОБ имеет одинаковый генотип, а РБ – разный. Сравнение ОБ с одинаковой средой (социальные условия, физические факторы) и с разной средой дает возможность судить о влиянии среды на их организм. Сравнение ОБ и РБ с одинаковой средой позволяет выявить роль наследственности в развитии признаков. Такое изучение проводится на большой группе близнецов.

- 3. Цитогенетический исследование набора хромосом с использованием микроскопии, которое позволяет обнаружить нарушения набора хромосом или дефекты отдельных хромосом. Этапы метода: 1) культивирование клеток (лимфоцитов) на искусственных питательных средах; 2) добавление в питательную среду фитогемагглютинина для стимуляции митозов; 3) остановка деления клеток на стадии метафазы добавлением колхицина; 4) окрашивание и микроскопическое исследование хромосом. Метод позволяет обнаружить геномные и хромосомные мутации.
- 4. Биохимический метод позволяет диагностировать наследственно обусловленное нарушение обмена веществ (сахарный диабет, фенилкетонурия, галактоземия и др.) и выявить гетерозиготного носителя заболевания обмена веществ.
- 5. Популяционно-статистический метод это метод изучения частоты наследственных заболеваний в популяциях человека.
- 6. Онтогенетический метод это метод изучения наследственных заболеваний в ходе онтогенеза человека.
- 7. Генетического картирования метод составления генетических карт определенного организма.
- 8. Дерматоглифический метод, позволяющий анализировать рельеф кожи на пальцах, ладонях, подошвах. Служит для экспрессдиагностики некоторых наследственных заболеваний.
- 9. ДНК-диагностики метод, позволяющий выделить и анализировать гены, устанавливать в них последовательность нуклеотидов (секвенировать), создавать большое количество их копий, транскрибировать и транслировать гены. В настоящее время широко применяется метод ДНК-диагностики многих наследственных заболеваний человека.

КЛАССИЧЕСКИЕ ТИПЫ НАСЛЕДОВАНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Наследственность человека подчиняется тем же биологическим закономерностям, что и наследственность всез других организмов, т.е. многие признаки человека наследуются по законам Менделя. У человека имеются менделирующие признаки, т. е. наследуемые по законам, установленным Г. Менделем (в таком случае признак определяется парой аллельных генов). Г. Мендель разработал основной метод генетики – гибридологический (скрещивание особей одного вида, обладающих альтернативными признаками). Этот метод не может использоваться в генетике человека.

Аутосомно-рецессивное и аутосомно-доминантное наследование менделирующих признаков

Аутосомно-рецессивные менделирующие признаки у человека определяются генами, локализованными в аутосомах. Они могут проявиться у потомства в браке двух гетерозигот, двух рецессивных гомозигот или гетерозиготы и рецессивной гомозиготы. В потомстве от брака между фенотипически нормальными гетерозиготами Аа х Аа, генотипы АА, Аа и аа будут распределены в соотношении 1:2:1, и вероятность того, что ребенок окажется больным составит 25 %. По аутосомно-рецессивному типу наследуются: фактор крови резусотрицательный, мягкие прямые волосы, курносый нос, светлые глаза, тонкая кожа, многие болезни обмена веществ (фенилкетонурия, галактоземия и др.).

Аутосомно-доминантные менделирующие признаки у человека определяются генами, также локализованными в аутосомах. Они могут проявиться у потомства в браке двух гетерозигот, гетерозиготы и рецессивной гомозиготы, двух доминантных гомозигот. Например, брахидактилия определяется геном, находящимся в аутосомах, и является доминантным заболеванием. У больных укорочены конечности, фаланги пальцев рук и ног недоразвиты, для них характерен низкий рост. Брахидактилия передается от одного из родителей примерно половине детей, независимо от пола. Заболевание отсутствует среди потомства родителей, не являющихся носителями данного гена. Поскольку признак не может существовать в скрытом виде, он является доминантным.

По аутосомно-доминантному типу также наследуются другие патологические признаки: полидактилия (на конечности имеется от 6 до 9 пальцев), синдактилия (сращение фаланг пальцев) арахнодактилия (сильно удлиненные «паучьи» пальцы, — один из симптомов синдрома Марфана), сложный близорукий астигматизм и др. В потомстве от брака между гетерозиготами Аа х Аа, генотипы АА, Аа и аа будут распределены в соотношении 1:2:1, и вероятность того, что ребенок окажется больным составит 50 %, четверть из них будут гомозиготными по мутантному доминантному аллелю. По аутосомно-доминантному типу наследуются следующие признаки: темный цвет глаз, вьющиеся волосы, переносица с горбинкой и др.

Наследование сцепленное с полом

Х и У хромосомы гомологичны, так как содержат общие гомологичные участки, где локализованы аллельные гены. Однако эти хромосомы отличаются

по морфологии, и помимо общих участков они несут большой набор различающихся генов. В X-хромосоме лежат гены, которых нет в Y-хромосоме, а многие гены Y-хромосомы отсутствуют в X-хромосоме. У мужчин в половых хромосомах некоторые гены не имеют второго аллеля в гомологичной хромосоме. В этом случае признак определяется не парой аллельных генов, как менделирующий признак, а только одним аллелем. Такое состояние гена называется гемизиготным. Признаки, развитие которых обусловлено одним аллелем, расположенным в одной из половых хромосом, называются признаками, сцепленными с полом.

Признаки, сцепленные с X-хромосомой, могут быть рецессивными и доминантными. К рецессивным относятся: гемофилия, дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цвета), атрофия зрительного нерва и миопатия Дюшена. К доминантным относятся: рахит, не поддающийся лечению, темная эмаль зубов.

Помимо X-сцепленных у мужчин имеются Y-сцепленные признаки, которые называются голандрическими. Гены, определяющие эти признаки, локализованы в таких районах Y-хромосомы, которых нет в X-хромосоме. Голандрические признаки определяются только одним аллелем. Поскольку их гены находятся только в Y-хромосоме, то они имеют место только у мужчин и передаются от отца к сыну, или ко всем сыновьям. К голандрическим признакам относятся: волосатость ушей, перепонки между пальцами ног, ихтиоз (глубокая исчерченность кожи).

Неполное доминирование связано с промежуточным проявлением признака у гетерозиготы. Например, большой нос определяется аллелями AA, маленький—аллелями aa, а нос среднего размера — Aa.

Кодоминирование — взаимодействие аллельных генов, при котором в гетерозиготном состоянии работают вместе два доминантных гена одновременно, и каждый аллель детерминирует свой признак. Группы крови человека определяются тремя аллелями A, B, 0. Аллели A и B являются доминантными, а аллель 0 — рецессивным. Люди с четвертой группой крови сочетают в генотипе два доминантных аллеля AB, причем оба они функционируют. Поэтому четвертая группа крови — пример кодоминирования.

Полимерия — обусловленность признака несколькими парами неаллельных генов, обладающих одинаковым действием. Пример. В браке двух мулатов AaAaxAaAa вероятно рождение детей с разным цветом кожи: негры — AAAA (1/16); светлокожие негры — AAAa (4/16); мулаты — AaAa (6/16); светлокожие мулаты — Aaaa (4/16; белые— aaaa (1/16).

Комплементарность — взаимодействие доминантных неаллельных генов, в результате которого появляется признак, отсутствующий у обоих родителей. *Пример*. Наследование нормального слуха у детей, рожденных от глухих родителей.

Р ♀ aaBB х ♂ AAbb — (генотипы глухих родителей)

 F_1 AaBb – (в F_1 дети, имеющие нормальный слух).

Появление детей с нормальным слухом обусловлено взаимодействием двух доминантных неаллельных генов – А и В.

У человека также изучены: эпистатичнское действие генов, сцепление генов.

НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Наследственные болезни — это болезни, обусловленные наследуемыми изменениями в структуре генетического материала данного организма. По данным мировой статистики 5 % новорожденных отягощены наследственными болезнями. Особенности проявления наследственных болезней: семейный характер, хроническое и рецидивирующее течение, наличие специфических симптомов.

Наследственные болезни делятся на три группы: 1 – Хромосомные; 2 – Генные; 3 – Болезни с наследственной предрасположенностью (мультифакториальные).

1. ХРОМОСОМНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Использование цитогенетического метода позволило выделить большую группу хромосомных заболеваний человека, обусловленных изменением числа и структуры хромосом (хромосомными аберрациями). В эту группу входят: 1- Болезни, связанные с изменением числа половых хромосом; 2- Болезни, связанные с изменением числа аутосом.

Хромосомные заболевания, связанные с изменением числа половых хромосом

а) нарушения в системе половых хромосом у женской особи. Формирование аномальных гамет при нарушении в мейозе

Наследственные заболевания, возникающие в результате генетических нарушений в системе половых хромосом у женской особи

3 9	22A + X	22A + Y
22A+ XX	44A + XXX	44A+ XXY
22A + 0	44A + X 0	44A + Y 0

В норме пол человека определяется сочетанием или XX - хромосом — женский, или XУ - хромосом — мужской. При наличии лишних половых хромосом, или при отсутствии хотя бы одной из них, возникают серьезные наследственные заболевания.

44А + XXX (47 хромосом) — синдром трисомия-X. Встречается у женщин и обусловлена наличием в кариотипе дополнительных X-хромосом. Основные особенности синдрома: психическое недоразвитие (невротические расстройства, аутагрессия), незначительное снижение интеллекта, эндокринный дисбаланс и др. Частота встречаемости трисомии 1 на 1000 родившихся девочек. Реже могут наблюдаться и более сложные полисомии — X-тетрасомия (XXXX), пентасомия, при которых повышается степень умственной отсталости и понижается плодовитость.

При хромосомам полисомиях ПО половым встречаются различные комбинации Х и У-хромосом: ХХУ- трисомия; ХХХУ- тетрасомия; ХХУУ тетрасомия; ХХХХУ – пентасомия. Такие изменения кариотипа объединены под общим названием синдром Кляйнфельтера. Синдром Кляйнфельтера –44А + ХХУ (47 хромосом). У человека, пораженного этой болезнью, присутствуют 3 половые хромосомы. Данное нарушение встречается только у мужчин, при этом они стерильны, высокого роста, у них узкие плечи, а таз широкий, удлиненные конечности, мышечная система и волосяной покров тела развиты слабо, агрессивны и со слабыми умственными способностями. Этот синдром встречается у одного новорожденного мальчика на 1500.

44А + X0 (45 хромосом) — синдром Шерешевского-Тернера. При этом заболевании у женщин присутствует одна X-хромосома и отсутствует вторая половая хромосома. Нарушение приводит к характерным физическим особенностям: низкорослость, короткая шея с крыловидными складками, умственная отсталость, половой инфантилизм с аменореей, бесплодие, широкие кисти с короткими пальцами, укороченные пальцы стоп, деформация локтевых и коленных суставов, недоразвитие эмоционально-волевой сферы. Частота встречаемости синдрома 1:3000 новорожденных девочек.

44А + У0 – зиготы, которые не развиваются или погибают

б) Нарушения в системе половых хромосом у мужской особи – синдром 47, XУУ (дубль-У, или дисомии по У-хромосоме)

Синдром-47, XУУ обусловлен нарушением в мейозе по половым хромосомам у мужской особи. В профазе перед первым делением половые хромосомы удваиваются (|X|X | Y|Y), а в анафазе-1 мейоза может произойти нерасхождение хромосом. При этом у одной особи возможно нерасхождение как У-хромосом, так и X-хромосом. В этом случае формируются аномальные гаметы.

P: $\sqrt{44A + XY} \times \sqrt{44A + XX}$ G: 22A + YY, 22A + XX 22A + XX

аномальные гаметы нормальные гаметы

Генетические нарушения в системе половых хромосом у мужской особи

My Mercon Geoon		
₹ 7	22A + YY	22A + XX
22A + X	44A+XYY	44A +XXX
22A + X	44A+ XYY	44A +XXX

При слиянии с нормальными яйцеклетками формируются организмы с кариотипами: 44A+XУУ и 44A+XXX. Встречается с частотой 1:1000 новорожденных мальчиков. Мужчины с кариотипом 44A + XУУ встречаются весьма редко, с частотой 0,15 %. Они характеризуются высоким ростом, импульсивностью и агрессивностью, у большинства из них наблюдаются нарушения эмоционально-волевой сферы, но они не отличаются от нормы по умственному и физическому развитию. Возможно лишь небольшое снижение интеллекта. В местах заключения мужчин с генотипом XУУ значительно больше, чем мужчин с нормальным генотипом.

Хромосомные заболевания, связанные с изменением числа аутосом Нарушения в системе аутосом в ходе мейоза

При нерасхождении хромосом в мейозе может происходить трисомия по 21ой аутосоме (синдром Дауна), трисомия по 14, 17, 18 хромосомам и др. Такие нарушения в ходе мейоза обусловливают серьезные заболевания.

Трисомия по 21-ой аутосоме (синдром Дауна) вызвана наличием дополнительной хромосомы в 21-ой паре аутосом, вследствие ее нерасхождения в мейозе. В результате у человека в клетках формируется 47 хромосом. Установлено, что в 80 % случаев происходят нарушения по 21-ой паре хромосом в первом делении мейоза.

Формирование гамет у женщины при нарушении в мейозе:

 $P \supseteq 44A + XX$

G 22A + X 23A + X 21A+X

нормальные гаметы аномальные гаметы

Наследственные заболевания, возникающие в результате генетических нарушений в системе аутосом у женской особи

9	22A + X	22A + Y
23A + X	45A+XX	45A + XY
21A + X	43A+ XX	43A + XY

Дополнительная хромосома чаще передается от женского организма. Использование цитогенетического метода исследования показало, что 80 % всех случаев трисомия -21 имеет материнское происхождение и в 20 % — отцовское. Риск рождения больного ребенка повышается с возрастом матери, вероятность рождения больных детей возрастает у женщин старше 36 лет и составляет 1/700. Признаки синдрома Дауна: интеллектуальная недостаточность, широкий, скошенный сзади череп, маленький нос, узкие глазные щели, наличие эпиканта, поперечной складки на ладонях, увеличенный язык, часто пороки сердца и др.

Обычно трисомия по 21-й паре хромосом составляет окло 95 % от общего числа больных. Примерно 4% больных имеют транслокационную форму и около 2% – мозаики.

Транслокационная форма болезни Дауна

При транслокационной форме болезни в кариотипе наблюдается 46 хромосом, а лишняя 21-я хромосома транслоцирована чаще на хромосому 14 (транслокация 14/21), или на аутосомы 13, 15, 22.

Синдром Эдварса — трисомия по 18-ой хромосоме. Частота среди новорожденных в среднем равна 1: 6000. Мутация является причиной замедленного роста ребенка и умственной отсталости. Для этого заболевания характерны: черепно-лицевые аномалии, неправильное строение кистей и стоп, дефекты сердечно-сосудистой, мочевой систем и др. В связи с тяжелыми пороками развития 90 % детей с синдромом Эдварса погибают до года.

Синдром Патау — трисомия по 13-й хромосоме. Частота среди новорожденных в среднем равна 1: 6000. Характерны различные врожденные аномалии лица и головного мозга, сердца и других внутренних органов, полисиндактилия стоп и др. В связи с тяжелыми пороками развития 95 % детей с синдромом Патау погибают до года.

Мозаичные формы хромосомных болезней

Мозаики — особи, у которых разные клетки несут различное число хромосом. К возникновению мозаиков приводит неправильное расхождение хромосом в митозе.

Рассмотрим механизм возникновения мозаицизма XУ; XXУ из зиготы XУ. При митотическом делении клетки с генотипом XУ образуется линия нормальных клеток с генотипом XУ. Однако при нерасхождении хромосом в митозе образуется линия анеуплоидных клеток – XXУ и У0 (погибают).

Примеры мозаицизма. У многих женщин с признаками синдрома Шерешевского-Тернера кариотип некоторых клеток – 45, X, а остальных 47, XXX. Такой тип мозаицизма связан с нерасхождением X-хромосомы в первом митотичемком делении зиготы.

Известны случаи мозаицизма, когда в организме клетки содержат три кариотипа: 46, XX; 47, XXX; 45, X. Они могли образоваться в результате нерасхождения хромосом в анафазе клеточного деления. Нередко индивидуумы, несущие признаки обоих полов, являются мозаиками. В их клетках половые хромосомы содержатся в разных комбинациях: 46, XX; 46, XУ. Причиной такого мозаицизма являются ошибки в митозе при первом делении зиготы.

Половая дифференциация у человека. Половые гормоны, их роль в дифференциации пола

Дифференциация пола — процесс становления половых признаков в онтогенезе, развития половых различий. Зачаточные гонады (половые железы) имеют двойственную природу. Они состоят из внешнего слоя — кортекса, из которого в процессе дифференциации развиваются женские гаметы и из внутреннего слоя — медуллы, из которого развиваются мужские гаметы.

В ходе дифференциации пола идет развитие одного из слоев гонады и подавление другого. У мужского пола быстрее развивается внутренний слой гонады — медулла, который подавляет развитие внешнего слоя — кортекса. В результате гонады превращаются в семенники. У женского пола развивается кортекс и подавляется развитие медуллярного слоя. В результате гонады превращаются в яичники.

Процесс дифференциации пола у человека и животных обусловлен гормонами, которые выделяются не только эндокринными железами, но и кортикальным и медуллярным слоями гонад. У особей мужского пола преобладает гормон медулларин, у женского — кортикальный гормон. Уровень секреции этих гормонов контролируется генами. Если преобладают гены, определяющие мужской пол, то повышается активность мужских (медуллярных) гормонов. В противном случае повышается активность женских (кортикальных) гормонов.

Заболевания (синдромы), обусловленные внутрихромосомными перестройками

Это группа заболеваний, обусловленных внутрихромосомной патологией (делениями хромосом). В нее входят синдром «кошачьего крика», синдром Вольфа-Хиршхорна.

Синдром «кошачьего крика» обусловлен делецией короткого плеча 5-й хромосомы. Признаком заболевания является недоразвитие гортани и голосовых связок, что обусловливает необычный плач у детей, напоминающий мяуканье, или плач кошки. С возрастом «кошачий крик» исчезает, но появляются умственное и физическое недоразвитие, микроцефалия, косоглазие, врожденные пороки сердца, патология костномышечной системы, синдактилия стоп и др. Частота встречаемости 1: 50000 новорожденных.

Синдром Вольфа-Хиршхорна. Цитологической основой данного синдрома является делеция короткого плеча 4-й хромосомы. Большинство делеций возникает в результате транслокаций у родителей. Помимо делеций, патология может быть обусловлена инверсиями, дупликациями, изохромосомией (повторением генетического материала в обоих плечах хромосомы), возникновением кольцевых хромосом. Характерны многочисленные пороки развития. Частота синдрома 1:100000 рождений.

2. ГЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ — заболевания, вызванные изменением структуры гена (его дефектом). По количеству затронутых мутацией генов генные заболевания подразделяются на *полигенные и моногенные*.

Полигенные обусловлены сложным взаимодействием группы генов с факторами среды. К ним относятся: язвенная болезнь, бронхиальная астма, атеросклероз, артериальная гипертензия, ревматизм и др.

Моногенные обусловлены дефектом одного гена. Для наследственных моногенных болезней характерны три типа наследования: аутосомнорецессивный, аутосомно-доминантный и X-сцепленный.

МОНОГЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ АУТОСОМНО-РЕЦЕССИВНОГО ТИПА НАСЛЕДОВАНИЯ

Данная группа заболеваний обусловлена дефектом рецессивного гена. При аутосомно-репессивном типе наследования рецессивный мутантный ген проявляет свое действие только в гомозиготном состоянии. В гетерозиготном состоянии он может существовать во многих поколениях, не проявляясь фенотипически.

Особенности наследования заболеваний аутосомно-рецессивного типа следующие:

- -заболевание встречается в родословной редко и не в каждом поколении;
- -вероятность заболевания у девочек и мальчиков одинакова;
- -признак может проявиться у детей, родители которых были здоровы, но являлись гетерозиготными носителями мутантного гена (рис. 38 A).
- -вероятность рождения больного ребенка у здоровых гетерозиготных родителей 25 %;
 - -частота таких болезней повышается при близкородственных браках.

При таких заболеваниях нарушается сложная цепь превращения вещества в организме: ген – фермент – биохимическая реакция – признак.

Фенотипически такие биохимические мутации проявляются наследственными заболеваниями в виде нарушения аминокислотного обмена, а также обмена углеводов, липидов.

Наследственные болезни, связанные с нарушением обмена аминокислот

Группа наследственных болезней, обусловленных нарушением аминокислотного обмена, наследуется *по аутосомно-рецессивному типу*. Причина заболеваний — недостаточность того или иного фермента, ответственного за синтез аминокислоты. К наследственным болезням с нарушенным аминокислотным обменом относятся альбинизм, фенилкетонурия и др.

Альбинизм — заболевание, обксловленное отсутствием синтеза фермента тирозиназы. Выявлен дефект гена, локализованного на длинном плече 11-й хромосомы. Этот ген кодирует фермент тирозиназу, но в результате его отсутствия блокируется превращение аминокислоты тирозина в меланин. Поэтому у больных альбинизмом кожа, волосы и радужная оболочка глаз лишены пигмента. Для них характерны светобоязнь, слабое зрение. Альбинизм встречается с частотой 1:40000.

Фенилкетонурия — заболевание, обусловленное нарушением превращения аминокислоты фенилаланина в тирозин, вследствие резкого снижения активности фермента фенилаланингидроксилазы.

Выявлен дефект гена, локализованного на длинном плече 12-й хромосомы. Этот ген кодирует данный фермент. Фенилаланин, не превращаясь в тирозин, накапливается в крови. Далее фенилаланин превращается в фенилпировиноградную кислоту, которая обладает нейротоксическим действием, поражает ЦНС и вызывает прогрессирующее слабоумие. Частота встречаемости 1:10000.

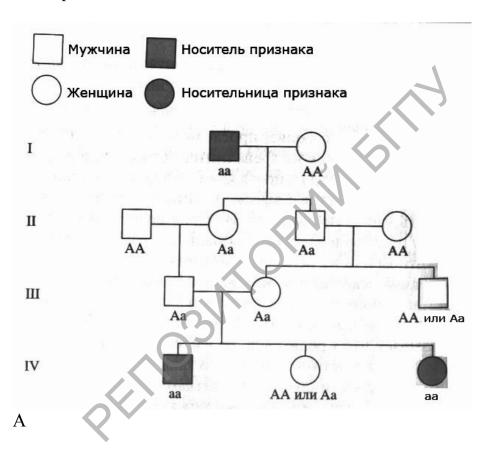
Наследственные заболевания, связанные с нарушением обмена углеводов

Сахарный диабет — заболевание, обусловленное дефектом гена, который отвечает за образование инсулина. В результате нарушается процесс превращения глюкозы в гликоген, что приводит к повышению уровня глюкозы в крови.

Галактоземия — нарушение обмена галактозы, обусловленное дефектом гена, кодирующего фермент галактоза-1-фосфат-уридил-трансфераза. При избытке галактозы в организме она в норме превращается в глюкозу с помощью фермента галактоза-1-фосфат-уридил-трансфераза. При отсутствии этого фермента происходит накопление в крови галактозы-1-фосфата, — вещества, поражающего печень, мозг, глаза. У больных развивается интоксикация, катаракта, цирроз печени, умственная отсталость. Болезнь встречается с частотой 1:16000 новорожденных.

Наследственные заболевания, связанные с нарушением обмена липидов

Тея-Сакса (амавротическая Болезнь идиотия) характеризуется отложением в клетках мозга, печени, селезенки липидов, в результате фермента гексозаминидазы А. В результате снижения активности происходит разрушение аксонов нервных клеток. Ребенок малоподвижный, у него наблюдаются атрофия зрительных нервов, слепота, задержка психического развития, снижение интеллекта, обездвиженность. Рецессивный ген, вызывающий заболевание, локализован на длинном плече 15-й хромосомы.



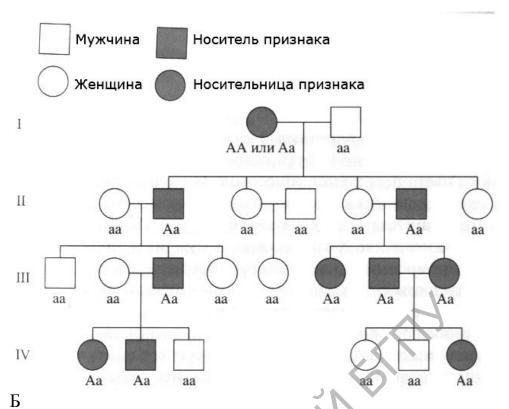


Рис. 38. Типы наследования признаков

А – Родословная семьи с альбинизмом (аутосомно-рецессивный тип наследования)

Б – Родословная семьи с короткопалостью (аутосомно-доминантный тип наследования)

Мукополисахаридозы — наследственные заболевания соединительной ткани. Тип их наследования аутосомно-рецессивный. Для них характерно нарушение метаболизма из-за недостаточности ферментов лизосом. Патологические продукты обмена откладываются в соединительной ткани, печени, селезенке, нервных клетках. При мукополисахаридозах поражаются опорно-двигательный аппарат, внутренние органы, глаза, нервная система, замедлен рост, нарушено психическое развитие.

МОНОГЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ АУТОСОМНО-ДОМИНАНТНОГО ТИПА НАСЛЕДОВАНИЯ

Моногенные заболевания аутосомно-доминантного типа наследования обусловлены дефектом доминантного гена, локализованного в аутосоме: полидактилия (шестипалость); короткопалость (брахидактилия) — рис. 38 Б; карликовость (ахондроплазия); эпилепсия; глаукома; доминантная олигофрения, синдром Марфана и др. Заболевания аутосомно-доминантного типа наследования характеризуются тем, что доминантный мутантный ген связан с аутосомой и проявляется как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состояниях.

Особенности наследования заболеваний аутосомно-доминантного типа следующие:

- -заболеваеия передаются от больных родителей к детям в каждом поколении (рис. 38 Б);
- -больной ребенок рождается у больных родителей с вероятностью 100 %, если они гомозиготны и с частотой 75 %, если они гетерозиготны;
 - -болеют в равной степени оба пола;
 - -отец и мать одинаково передают мутантный ген дочерям и сыновьям.

Синдром Марфана относится к числу наследственных болезней соединительной ткани. Наследуется по аутосомно-доминантному типу. Причина болезни — мутация в гене, ответственном за синтез белка соединительнотканных волокон. Блокирование его синтеза приводит к растяжимости соединительной ткани. Поэтому больные с синдромом Марфана отличаются высоким ростом, длинными «паучьими» пальцами, плоскостопием, деформацией грудной клетки. Помимо этого характерны врожденные пороки сердца, расширение аорты с развитием аневризмы. Частота синдрома Марфана в популяции равна 1:15 000.

МОНОГЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ СЦЕПЛЕННОГО С ПОЛОМ ТИПА НАСЛЕДОВАНИЯ

Данная группа заболеваний обусловлена дефектными генами, сцепленными с X-хромосомой и встречается чаще всего у мужчин. Мать чаще является носительницей дефектного гена. Примером таких заболеваний являются гемофилия, дальтонизм, описанные выше, специфические формы рахита и др.

Сцепленный с Х-хромосомой доминантный тип наследования:

- -больные встречаются в каждом поколении;
- -болеют в основном женщины. Примером Х-сцепленного доминантного типа наследования являются специфические формы рахита.

Сцепленный с Х-хромосомой рецессивный тип наследования:

- -больные встречаются не в каждом поколении;
- -болеют в основном мужчины.

Примером X-сцепленного рецессивного типа наследования являются гемофилия, дальтонизм, заболевание нервно-мышечной системы — *синдром Дюшена*, основным симптомом которого являются дистрофические изменения мышечной системы и адинамия.

Голандрический (сцепленный с Ү-хромосомой) тип наследования

- -больные встречаются в каждом поколении;
- -болеют только мужчины. Примером Y-сцепленного типа наследования является гипертрихоз.

3. БОЛЕЗНИ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ (МУЛЬТИФАКТОРИАЛЬНЫЕ)

Группа мультифакториальных болезней подразделяется на врожденные аномалии и обычные мультифакториальные болезни.

Врожденные аномалии — структурные дефекты, выявляемые при рождении ребенка. Врожденные аномалии могут быть обусловлены наследственными и ненаследственными факторами. К ненаследственным факторам относятся тератогенные внешние воздействия и врожденные инфекции. Врожденные аномалии являются результатом дисморфогенеза (нарушения органогенеза). Могут иметь одиночное и множественное проявление. В основе одиночных врожденных аномалий лежит одна морфогенетическая ошибка, а в основе множественных врожденных аномалий лежат две морфогенетические ошибки и более.

Обычные мультифакториальные болезни, в отдичие от генных заболеваний, обусловлены, как генотипом, так и внешними факторами, воздействующими на организм. Их частота встречаемости повышается после 50 лет. К наиболее распространенным мультифакториальным болезням относятся: ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, язвенная болезнь, сахарный диабет, бронхиальная астма, аллергия, эпилепсия, ревматизм, врожденные пороки сердца и др. Эта группа болезней связана с действием одного или многих генов (моногенной или полигенной природы). Составление генетических карт создает возможность для выявления генетической предрасположенности человека к мультифакториальным заболеваниям. Степень проявления симптомов этих заболеваний зависит от возраста, пола, интенсивности труда, воздействия неблагоприятных внешних и внутренних факторов и др. Высока частота этих заболеваний в популяции: сахарным диабетом болеют 5 %, аллергией — более 10 %, артериальной гипертензией — более 30 %.

Генетический груз популяции

Примерно у 70 % людей в течение жизни проявляются те или иные наследственные аномалии, негативно влияющие на здоровье. Поэтому можно заключить, что популяции человека в значительной степени отягощены различными мутациями, которые проявляются доминантно, или в виде рецессивных гомозигот. Впервые генетический груз был выявлен в природных популяциях дрозофилы выдающимися генетиками С.С. Четвериковым (1929) и Н.П. Дубининым (1934). Было установлено, что дрозофилы в своем генотипе часто несут рецессивные летальные мутации. Эти исследования положили начало учению о генетическом грузе популяций. Вскоре стало ясно, что генетический груз может быть выявлен в любой популяции человека.

Генетический груз подразделяют на три типа: 1) сегрегационный груз – появление слабо приспособленных гомозиготных форм при подавляющем большинстве в популяции гетерозигот; 2) мутационный груз – появление и накопление в популяции рецессивных мутаций, которые снижают приспособленность мутантных особей; 3) груз дрейфа – случайное увеличение

концентрации рецессивного аллеля в изолированной популяции, повышение в ней доли рецессивных гомозигот.

Обычно концентрация рецессивного аллеля в популяции низкая и составляет 0,02-0,03 и менее. Появление фенотипических отклонений, связанных с

Увеличение концентраций отдельных мутаций сдерживается отбором.

рецессивной гомозиготностью, происходит с частотой 1 особь на 1000-2500 и более. Нередко каждая особь в популяции несет одну или несколько мутаций в гетерозиготном состоянии. Частота аутосомных рецессивных мутаций в популяциях человека составляет 0,75 %, причем более 70 % из них – генные мутации. Частота аутосомных доминантных мутаций в популяциях человека составляет примерно 1,5 %.

Различные ТИПЫ болезней (аутосомные рецессивные, аутосомные доминантные и сцепленные с X-хромосомой) выявляются в популяциях у 2,4 % людей.

Большую часть генетических изменений в популяциях человека (66 %) составляют врожденные пороки развития и мультифакториальные болезни. Их наследование не подчиняется законам Менделя. Изменения генов, обусловливающие мультифакториальные болезни, составляют значительную часть генетического груза популяций человека.

Диагностика и профилактика наследственных болезней

Основным путем предупреждения рождения ребенка с наследственным заболеванием является медико-генетическое консультирование. Его основные задачи: 1. Установление диагноза наследственного заболевания с помощью цитогенетического, биохимического, иммуногенетического, генеалогического методов. 2. Пренатальная (дородовая) диагностика. 3- Оценка риска рождения больного ребенка.

Показания для медико-генетического консультирования: 1. Наличие в семье точно установленного наследственного заболевания. 2 – Наличие в семье заболевания сцепленного с полом. 3 - Гетерозиготность обоих родителей по одной паре аллелей при аутосомно-рецессивном заболевании. 4 – Наличие структурных перестроек хромосом (транслокаций, инверсий) у одного из родителей. 5 – Рождение первого ребенка с врожденными пороками развития, умственной и физической отсталостью, слепотой, глухотой и др.

6 – Близкородственные браки. 7 – Неблагоприятное течение предыдущей и последующей беременностей. 8 – Работа на вредном для здоровья производстве, проживание в зоне с повышенным радиационным фоном. 9 – Несовместимость семейной пары по резус-фактору крови. 10 – Возраст женщины старше 35 лет, а мужчины -40 лет.

Современые пренатальной методы диагностики, используемые предупреждения наследственных заболеваний: ультразвуковое исследование (УЗИ); биопсия хориона и плаценты; амниоцентез и др.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) — метод, используемый для выявления врожденных пороков развития. С помощью этого метода можно исследовать строение плода, выявить поражение головного мозга, пороки развития костей скелета и внутренних органов (сердца, почек и др.), задержку роста эмбриона и плода. Данный метод позволяет предупредить рождение детей с пороками развития.

Биопсия хориона и плаценты проводится на ранних сроках беременности (9—12 нед). Особим шприцом с помощью гибкого катетера берут ворсинки ткани. Затем их подвергают лабораторной диагностике с помощью цитологических, биохимических и др. методов.

Амниоцентез — прокол плодного пузыря для взятия 10 мл околопложной жидкости с находящимися в ней клетками амниона и плода, которые подвергаются цитологическому и биохимическому исследованиям. С помощью этого метода диагностируют хромосомные болезни обмена веществ, сцепленные с полом.

В случае рождения больного ребенка иногда возможно его медикаментозное, диетическое, гормональное лечение (успешно применяются при лечении фенилкетонурии, сахарного диабета и др.).

Геном человека

Международная программа «Геном человека» включает множество направлений. Среди них рассмотрим наиболее актуальные.

Анализ последовательности нуклеотидов в геноме человека

Суммарная длина нуклеотидной последовательности генома человека соответствует 3 миллиардам. В такой нуклеотидной последовательности содержится до 100 тыс. генов. В настоящее время известна структура около 10 тыс. генов.

Картирование генов

Каждый ген приписывается к определенной хромосоме в строго определенное место – локус. Устанавливается расстояние между генами, составляется генетическая карта хромосом человека. Картированы около 10 тыс. генов. Благодаря существованию маркерных последовательностей, геном человека разбит на отдельные фрагменты, и каждый фрагмент может быть размножен Генетические клонирования организма. методами вне карты человека необходимы в медицине. Знания о локализации гена используются при наследственных заболеваний, исправлении диагностике ряда структуры, расположения и функции генов.

Структурный и функциональный анализ генов

Методами клонирования и картирования была изучена структура многих генов, в том числе и онкогенов, генов-супрессоров, генов гибели клеток. В геноме дрожжей обнаружены гены, сходные по структуре с генами человека, отвечающими за развитие некоторых онкологических заболеваний. Оказалось,

что у дрожжей эти же гены отвечают за репарацию ДНК, т. е. кодируют ферменты репарации ДНК. В этой связи разработана методика клонирования крупных фрагментов генома в специальных векторах, способных размножаться в клетках вместе со встроенными в них фрагментами. В качестве вектора используют дрожжевые хромосомы. Использование таких векторов позволяет клонировать фрагменты ДНК длиной до 10 000000 пар оснований. Это позволяет быстро выделить нужный фрагмент генома и использовать его для структурного или функционального анализа.

Использование генной терапии для лечения патологий, связанных с изменением наследственной информации

Генная терапия — направление генетики, появившееся на стыке биологии и медицины. Генная терапия основана на введении в соматические клетки больного искусственных генетических конструкций (новой генетической информации, корректирующей генетические дефекты). Лечебный эффект достигается в результате работы введенного гена, или за счет подавления функции дефектного гена. Для создания генетических конструкций, в основном, используют вирусы. При этом из генома вирусов вырезается часть генов, ответственных за формирование инфекционных вирусных частиц, другие гены, несущие наследственную информацию, остаются. Дополнительно вводятся в геном вируса клонированные гены, вызывающие лечебный эффект.

Генно-инженерные подходы к лечению некоторых онкологических заболеваний

У больного с помощью биопсии выделяют из организма клетки (чаще эпителиальной или соединительной ткани) и культивируют их в клеточной культуре. В эти клетки вводится искусственный вектор, созданный на основе ретровируса, содержащий гены, которые вызывают лечебный эффект. Такие вирус-содержащие клетки размножают в клеточной культуре и вводят в организм, например, подкожно. Клетки приживаются, и течение болезни облегчается.

Хромосомные нарушения у человека. Примеры решения типовых задач

А) Нарушения в системе половых хромосом у женской особи

Задача 1. Под влиянием неблагоприятных факторов в процессе мейоза у человека может нарушаться расхождение половых хромосом. Определите: а) какие аномальные по набору хромосом женские гаметы образуются при нарушении расхождения половых хромосом в ходе мейоза; б) какие аномальные зиготы (с нарушенным диплоидным набором хромосом) образуются при оплодотворении таких яйцеклеток нормальными сперматозоидами; в) какие наследственные заболевания возникают в результате таких генетических нарушений?

Формирование аномальных гамет при нарушении в мейозе по половым хромосомам у женской особи

$$\begin{array}{cccc} P & \supsetneq 44A + XX & x & \circlearrowleft 44A + XY \\ G & 22A + XX & 22A + X \end{array}$$

Наследственные заболевания, возникающие в результате генетических нарушений в системе половых хромосом у женской особи

		ı v
₹ 2	22A + X	22A + Y
22A+ XX	44A + XXX	44A+ XXY
22A + 0	44A + X 0	44A + Y 0

Решение: **а)** аномальные женские гаметы, образовавшиеся при нарушении расхождения половых хромосом -22 A+XX (с двумя половыми хромосомами) и 22 A + 0 (без половых хромосом); **б)** из аномальных яйцеклеток 22 A+XX и 22 A + 0 при оплодотворении нормальными сперматозоидами— 22 A+X и 22 A+Y могут сформироваться зиготы —

44 A+XXX; 44 A+ XXY; 44 A+ X0; 44 A + У0; **в**) в результате генетических нарушений (анеуплоидии) возникают следующие хромосомные заболевания:

- 1) синдром Шерешевского-Тернера (X0). Кариотип 44A + X0 (45 хромосом, т. е. 2n-1);
- 2) синдром Кляйн-Фельтера (XXУ). Кариотип 44A + XXУ (47 хромосом, т.е. 2n+1);
 - 3) 44А+У0 зигота нежизнеспособна.
 - **Б)** Нарушения в системе аутосом у женской особи

Задача 2. В процессе мейоза может случиться нарушение расхождения не только половых, но и одной пары аутосом. Определите: **a)** какие аномальные гаметы (по набору хромосом) могут образоваться в результате неправильного расхождения одной из пар аутосом при овогенезе?; **б)** при сочетании, каких гамет могут родиться дети с синдромом Дауна?

Нарушения в системе аутосом у женской особи

паруш		ie ay rocom y
2	22A + X	22A + Y
23A + X	45A+XX	45A + XY
21A + X	43A+ XX	43A + XV

Решение: **a)** при нарушении овогенеза могут сформироваться следующие аномальные гаметы -21 A+X и 23 A+X; **6)** дети с синдромом Дауна могут родиться при слиянии нормальных сперматозоидов -22+X или 22A+Y и аномальной яйцеклетки -23+X.

Задача 3. Определите: **a)** какие аномальные гаметы (по набору хромосом) могут образоваться в результате неправильного расхождения одной из пар аутосом при сперматогенезе?; **б)** при сочетании, каких гамет могут родиться дети с синдромом Дауна?

Нарушения в системе аутосом у мужской особи

1	I '	<i>y 1.1 y 21.</i> 0. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10. 10.
Δ'	21A + X	23A + Y
♀		
·		
		. ()
221 77	40 4 . 3737	451 . 3737
22A + X	43A+XX	45A + XY
	O_{-}	
	10	
22 4 1 37	42 4 1 3737	45 A + 3737
22A + X	43A+ XX	45A + XY

Решение: а) при нарушении сперматогенеза могут сформироваться следующие аномальные гаметы -21 A+X и 23 A+Y; **6**) дети с синдромом Дауна могут родиться при слиянии нормальных яйцеклеток -22 A+X и аномального сперматозоида-23 A+Y.

В) Нарушения в системе половых хромосом у мужской особи

Задача 4. Определите: а) какие аномальные гаметы (по набору хромосом) могут образоваться в ходе мейоза в системе половых хромосом у мужской особи?; б) при сочетании, каких гамет могут родиться дети с синдромом дубль-У?

Генетические нарушения в системе половых хромосом у мужской особи

9	22A + YY	22A + XX
22A + X	44A+XYY	44A +XXX
22A + X	44A+ XYY	44A +XXX

Решение: **a)** при нарушении сперматогенеза могут сформироваться следующие аномальные гаметы -22 A+УУ и 22 A+XX; **6)** дети с синдромом дубль-У могут родиться при слиянии аномального сперматозоида -22A+УУ и нормальной яйцеклетки -22+X.

Задачи с ответами

1. У человека доминантный ген C необходим для нормального развития органа слуха, а ген P — для развития слухового нерва. Рецессивные гены c и p обусловливают глухоту, при которой повреждены орган слуха и слуховой нерв. Определите вероятность рождения глухого ребенка у родителей c нормальным слухом: CcPP х CcPp, если известно, что нормальный слух разовьется при взаимодействии двух доминантных неаллельных генов. (Ответ:

25 %).

- 2. Слепота может быть обусловлена рецессивным геном **a** и рецессивным геном **b**, находящимися в разных хромосомах. Какова вероятность в % рождения слепого ребенка в семье, если обе его бабушки страдают одним видом слепоты, оба дедушки другим, а родители ребенка не страдают слепотой? Все бабушки и дедушки дигомозиготны по этому признаку. (Ответ: 44 %).
- 3. Кистозный фиброз поджелудочной железы поражает людей с рецессивным гомозиготным генотипом и встречается с частотой 1 на 2000. Определите частоту гетерозиготных носителей гена этого заболевания в популяции. (Ответ: 5 %).
- 4. У человека рецессивный ген гемофилии сцеплен с полом. Определите вероятность рождения ребенка-гемофилика в случае, когда мать носительница гена, а отец здоров. (Ответ: 25 %).

5. Доминантный ген A, ответственный за развитие рахита, локализован в X-хромосоме. Определите вероятность рождения здоровых и больных мальчиков и девочек (%) от брака мужчины, у которого нет рахита (генотип X^a Y) и женщины, страдающей этим заболеванием и являющейся носительницей рецессивного гена (генотип X^A X^a). (Ответ: 50 % девочек, так же, как и 50 % мальчиков будут здоровы; вторая половина детей этой семьи будет больна рахитом).

Задачи для самостоятельного решения

Моногибридное скрещивание

1. Фенилкетонурия наследуется как аутосомно-рецессивный признак. Какими могут быть дети в семье, где родители гетерозиготны по этому признаку?

Дигибридное скрещивание

1. У человека глухонемота наследуется как аутосомный рецессивный признак, а подагра — как доминантный признак. Оба гена лежат в разных парах хромосом. Определить вероятность рождения глухонемого ребенка с предрасположенностью к подагре у глухонемой матери, не страдающей подагрой, гетерозиготной по гену подагры и дигетерозиготного отца с нормальным слухом и речью, болеющего подагрой.

Взаимодействие неаллельных генов

1. Глухота может быть обусловлена разными рецессивными генами d и е, лежащими в разных парах хромосом. Нормальные аллели этих генов — D и E. Глухой мужчина ddEE вступил в брак с глухой женщиной DDee. Какова вероятность рождения глухого ребенка у супругов, страдающих одним и тем же видом наследственной глухоты?

Наследование признаков сцепленных с полом

- 2. У человека альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. Отсутствие потовых желез проявляется как сцепленный с полом рецессивный признак. У супружеской пары, нормальной по этим признакам, родился сын с обеими указанными аномалиями. Определите генотипы отца и матери.
 - Сцепленное наследование и кроссинговер
- 3. Рецессивные аутосомные гены а и b у человека обусловливают предрасположенность к диабету и склонность к гипертонической болезни. По некоторым родословным сделано предположение, что эти гены сцеплены. Расстояние между ними равно 10 морганидам. Какие типы гамет даст женщина с генотипом

Наследование в популяции

1. Пигментный ретинит (поражение сетчатки глаз) наследуется как аутосомный рецессивный признак. В одной из популяций человека оно проявлялось с частотой 1 %. Определите долю здоровых носителей заболевания (%), если в этой популяции сохраняется равновесие Харди-Вайнберга.

РАЗДЕЛ 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ СО СРЕДОЙ Экология как наука

Экология — наука, изучающая закономерности взаимоотношений организмов друг с другом и с окружающей средой (с живой и неживой природой). Термин «Экология» предложен Э. Геккелем в 1886 г.

Предметом ее изучения являются различные уровни организации живой материи – популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный.

Задачи экологии:

- -исследование закономерностей взаимоотношений различных групп организмов между собой и факторами внешней среды;
 - изучение особенностей развития, размножения и выживания особей;
- изучение структуры и динамики популяций, сообществ растений и животных во взаимодействии с факторами окружающей среды;
- изучение закономерностей организации биогеоценозов, их структуры и функционирования круговорота веществ и трансформации энергии в цепях питания;
 - изучение растительных сообществ, агроценозов, экосистем и т. д.

Методы исследования в экологии:

- 1) наблюдения;
- 2) экспериментального изучения;
- 3) математического и компьютерного моделирования экосистем;
- 4) экологического мониторинга.

Экологию делят на *общую (биоэкологию)*, изучающую взаимоотношения между организмами, организмом и средой и *частную* (*специальную*), изучающую экологические аспекты конкретных таксономических групп (экология млекопитающих, экология птиц, экология человека и др.).

В зависимости от типа изучаемой биологической системы выделяют следующие разделы экологии: *аутэкологию*, изучающую взаимоотношение организма с внешней средой, действие различных факторов среды (техногенного загрязнения, ионизирующих излучений и др.) на отдельные организмы и *синэкологию*, изучающую ассоциации популяций разных видов растений, животных, микроорганизмов, образующих биоценозы.

Экологические факторы

Экологические факторы — внешние факторы, оказывающие прямое или косвенное влияние на численность животных и растений и их распространение.

Они подразделяются на 3 группы: абиотические. Биотические в антропогенные.

Абиотические факторы — это все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы. К ним относятся факторы внешней среды: климатические (температура, влажность, освещенность, или световой режим, атмосферные осадки и др.); эдафические (кислотность, влажность почвы, механический ее состав и др.); гидрографические (температура, прозрачность, текучесть воды и др.); химические (газовый состав атмосферы, солевой состав воды); пирогенные (пожары, возникающие в естественных условиях).

Температура

Виды существуют при температуре от -50 до +70 °C. Оптимальной температурой для жизнедеятельности является 15-20 °C.

По отношению к температуре окружающей среды растения делят на 2 группы: эвритермные и стенотермные. Эвритермные – растения, имеющие широкую экологическую амплитуду по отношению к температуре и способные существовать при больших колебаниях температуры. Пример эвритермного вида – мятлик однолетний (вид, широко распространенный от тундры до субтропиков).

Стенотермные — те растения, которые приспособлены к относительно постоянным температурным условиям и не переносят сильных колебаний температур. Стенотермными являются тропические растения (банан, пальмы и др.).

По отношению к температуре окружающей среды животные также подразделяются на 2 группы: пойкилотермные и гомойотермные. *Пойкилотермные* — животные с непостоянной температурой тела (амфибии, рептилии и др.), гомойтермные — животные с постоянной температурой тела (птицы, млекопитающие). Способность животных поддерживать постоянную температуру тела независимо от температуры окружающей среды — гомойтермия.

Организмы способны адаптироваться к определенному диапазону действия факторов среды. Примером может служить морфологическая адаптация растений, обитающих в холодном климатическом поясе: *карликовость* древесных растений (карликовая береза), обитающих в тундре; *стелющиеся формы* на побережье, где господствуют сильные ветры (кедровый стланик, можжевельники др.); *подушечные формы* в горах (акантолимон). Некоторые организмы (амфибии, рептилии и др.) низкие температуры переносят в состоянии глубокого покоя – *анабиоза*.

Выделяют также экологические группы растений по отношению к влажности, освещенности, кислотности почвы.

Влажность

По отношению к влаге растения делятся на следующие экологические группы: ксерофиты, мезофиты, гигрофиты, гидрофиты, гидатофиты и криофиты.

Ксерофиты – растения сухих местообитаний. Ксерофиты в зависимости от способа перенесения неблагоприятных факторов подразделяются на следующие группы:

- а) эуксерофиты хорошо переносят длительное обезвоживание и перегрев. Имеют неглубоко расположенную корневую системы, плотные нередко опушенные листья (ковыль);
- б) гемиксерофиты устойчивы к засухе, т. к. имеют мощную корневую систему, достигающую грунтовых вод и не переносят обезвоживания (верблюжья колючка);
- в) суккуленты растения, устойчивые к засухе, благодаря сильному развитию водозапасающей паренхимы в стебле, листьях (кактусы, юкка, агава, алоэ, очиток, молодило и др.).

Мезофиты — растения лугов, лесов, полей, произрастающие в местах с достаточным, но не избыточным количеством воды в почве, т. е. в условиях нормальной влажности (василек, ромашка). Среди мезофитов выделяют особую группу — эфемеров (однолетние растения) и эфемеровов (многолетние растения), вегетация которых длится всего несколько недель. Они обычно обитают в засушливых зонах и для вегетации используют период с достаточной влагообеспеченностью.

Гигрофиты — наземные растения, произрастающие в условиях высокой влажности почвы и воздуха. У них слабо развита корневая система, поэтому даже незначительный недостаток воды в период вегетации вызывает их гибель (аир, вахта, калужница болотная, белокрыльник, пушица, рогоз, рис, камыш, тростник).

Гидрофиты – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними частями. У них хорошо развиты корни, механические и проводящие ткани (кубышка, кувшинка).

Гидатофиты – сугубо водные растения, целиком или большей частью погруженные в воду, часто с отсутствующей или слабо развитой корневой системой (ряска).

Криофиты – растения, приспособленные к сухим, холодным местам обитания в высокогорьях (аканталимон).

Coom

Различают видимый и ультрафиолетовый свет. Видимый свет - основной источник энергии для автотрофов. Благодаря видимому свету, идет процесс фотосинтеза, образуются растениях органические вешества. Ультрафиолетовый необходим растениям, свет также НО небольших количествах. В больших дозах он губителен, т. к. вызывает мутации. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 0,3 мкм губительны для живых поверхности Земли организмов. До доходит лишь небольшая ультрафиолетовых лучей с такой длиной волны. Они обладают высокой активностью.

В зависимости от требовательности растений к интенсивности освещения выделяют 3 экологические группы растений: гелиофиты, сциофиты и агелиофиты.

Светолюбивые растения (гелиофиты) — те, которые нуждаются в высокоинтенсивной освещенности. У них процесс фотосинтеза преобладает над процессом дыхания только при высокой интенсивности освещения. Для некоторых из них характерен замедленный рост побегов, в результате чего формируются низкорослые растения (низкая активность меристем), а в горах — подушковидные формы. Листья толстые, плотные. Мезофилл листа дифференцирован на столбчатый и губчатый. К гелиофитам относятся растения открытых, хорошо освещенных местообитаний — степные и луговые травы, сорняки и др.

Тенелюбивые, или теневые растения (сциофиты) — те, для которых приемлемы области слабой освещенности и у которых процесс фотосинтеза преобладает над процессом дыхания даже при слабой освещенности. Эти растения используют слабый солнечный свет, характеризуются тонкими листьями, мезофилл листа слабо, или вообще не дифференцирован на столбчатый и губчатый. К ним относятся растения нижних затененных ярусов широколиственных лесов (кислица обыкновенная, копытень европейский, сныть обыкновенная, ветреница дубравная, зеленые мхи, плауны и др.).

Теневыносливые — растения, которые по своим признакам занимают промежуточное положение, хорошо адаптируются к слабому свету и переносят затемнение (ель, пихта, граб, бук, бузина, лещина, брусника и др.).

Агелеофиты – растения, не нуждающиеся в свете. Это растения-паразиты (петров крест и др.).

Эдафические факторы

Эдафические факторы, или почвенные факторы – совокупность физических и химических свойств почвы, влияющих на живые организмы.

Кислотность почвы. По отношению к кислотности почвы выделяют следующие группы растений:

- 1) $auu\partial o \phi uлы$ растения, произрастающие в условиях кислых почв (рН 3,4 6,7). К ним относятся: мох сфагнум, голубика, клюква, пушица, богульник, вереск;
- 2) нейтрофилы растения нейтральных почв (рН 6,7–7,00): свекла, чина луговая, тимофеевка луговая, ежа сборная, люцерна серповидная, клевер горный, душица, чабрец);
- 3) 6азифилы растения щелочных почв (pH 7,0 и выше). К ним относят некоторых представителей бобовых (клевер луговой), злаков (костер безостый);
- 4) *индифферентные* виды растний, произрастающие в широких пределах кислотности почвы: сосна обыкновенная, дуб черешчатый, овсяница овечья, полевица собачья и др.

Плодородие почвы. По отношению к плодородию почвы выделяют следующие экологические группы растений: олиготрофы — растения бедных почв (сосна); мезотрофы — растения с умеренным потреблением питательных веществ (лесные растения умеренных широт); эвтрофы— растеия, которым требуется большое количество питательных веществ (дуб, лещина и др.)

Биотические факторы – различные типы прямого или косвенного влияния одних организмов на жизнедеятельность других (питание, размножение, защита, расселение и др.) и на неживую среду (т. к. играют роль в почвообразовании). Прямое влияние – это непосредственное влияние одних организмов на других, а косвенное – это влияние через изменение комплекса абиотических факторов. Биотические факторы подразделяются на следующие виды: зоогенные, фитогенные, микробогенные. Зоогенные факторы – это воздействие животных друг на друга и на окружающую среду. Одни животные являются фитофагами, т. е. поедают растения (лоси, олени, косули, зайцы и др.), а другие оказывают воздействие на других животных, что проявляется в виде паразитизма, хищничества, конкуренции и др. Фитогенные факторы – влияние растений друг на друга и окружающую среду. Микробогенные – воздействие микроорганизмов на другие живые организмы и на среду обитания.

Антропогенные факторы — это различные формы деятельности человека, которые приводят к изменению природы как среды обитания всех живых организмов и непосредственно сказываются на их жизнедеятельности. Главный антропогенный фактор — загрязнение окружающей среды, которое приводит к снижению разнообразия видов. Среди других антропогенных факторов следует отметить вырубку лесов, осущение болот, строительство дорог и др. Вырубка или уничтожение лесов приводит к нарушениям круговорота веществ в биогеоценозе и биосфере.

Законы воздействие экологических факторов на живые организмы

В 19 в. немецкий ученый Ю.Либих установил, что урожайность культур определяется микроэлементами (бор, цинк), присутствующими в почве в малых количествах. Это явление Ю. Либих назвал *законом минимума*. Фактор, находящийся в недостатке, был назван *лимитирующим*. Позже выяснилось, что лимитирующим может быть не только фактор, находящийся в недостатке, но и фактор, находящийся в избытке.

В 1909 г. Ф. Блэкманом был сформулирован *закон лимитирующих факторов*: фактор, находящийся в недостатке или избытке, отрицательно влияет на организмы даже при оптимальном сочетании других факторов. *Лимитирующий фактор* — фактор, ограничивающий развитие, распространение, существование видов, или сообществ. Значение его выходит за пределы выносливости видов. Распространение северных и южных видов растений зависит от лимитирующих факторов. Для северных видов лимитирующим фактором является влажность, а для южных — температура.

Лимитирующим фактором распространения растений и животных в условиях пустыни является недостаток влаги и пищи.

По отношению к *лимитирующему фактору* выделяют две группы организмов: эврибионты и стенобионты.

Эврибионты – организмы, способные существовать при широких изменениях факторов окружающей среды. Это, например, животные и растения, обитающие в Эврибионтность климата. обеспечивает континентального распространение вида, его широкий ареал. Поэтому некоторые эврибионты являются космополитами – широко распространенными видами, ареалы которых, расположены в По некоторым экологическим пределах большинства континентов. (плодородие и влажность почвы) к эврибионтам относятся многие травянистые растения: осока, овсяница, щучка. По влажности почвы эврибионтами являются многие древесные растения: ясень, клен, береза, сосна.

Стенобионты — организмы, способные существовать в условиях постоянства какого-либо фактора среды (или группы факторов). Стенобионтность ограничивает возможности расселения и обусловливает локальное распространение его и узкий ареал. Примеры стенобионтов по отношению к влажности почвы: ольха, калужница, белокрыльник, кувшинка, тростник — растения заболоченных территорий. Некоторые стенобионты также могут быть широко распространенными видами — некоторые водные растения (рдесты).

Зоны действия экологического фактора

Действие экологических факторов характеризуется *оптимумом*, а также *максимальными и минимальными значениями*, в пределах которых возможно существование живых организмов (рис. 39).

Существует зона оптимума экологического фактора — область благоприятного воздействия определенного экологического фактора, т. е. наиболее оптимальная для жизнедеятельности организмов. Отклонение от оптимальных значений какого-либо фактора, например, снижение количества пищи, сужает пределы выносливости организмов. Поэтому существует область неблагоприятного воздействия определенного фактора — зона угнетения (пессимума). Когда организмы находятся в зоне угнетения, то их существование находится в пределах минимального или максимального значения экологического фактора. За зоной минимальных и максимальных значений экологического фактора наступает гибель организмов.



Рис. 39. Схема действия экологического фактора

Значения фактора, за пределами которых наступает гибель организма, или диапазоном называются пределами выносливости, толерантности. верхний пределы выносливости Существуют нижний (толерантности) И организмов. В качестве примера нижнего и верхнего пределов выносливости можно привести минимальную и максимальную величины температур, при которых наблюдается рост растений. Помимо температуры могут оказывать влияние интенсивность освещенности, влажность воздуха, питание и др.

Закон толерантности – основной закон экологии, сформулированный в 1913 г. В.Э. Шелфордом: степень выносливости организмов (или вида) в данном местообитании зависит от комплекса экологических факторов (температура, вода, пища, плодородие почвы и др.), к каждому из которых у них существует определенный диапазон толерантности. Диапазон толерантности по каждому фактору ограничен его минимальными и максимальными значениями, в пределах которых только и может существовать организм. Диапазон толерантности в зависимости воздействующего организмов ОТ интенсивности представляют графически В виде кривых толерантности, имеющих куполообразную форму. Максимум на кривой толерантности соответствует оптимальному значению данного фактора.

Экосистема

Экосистема — это любое сообщество живых организмов в совокупности со средой обитания, функционирующее как единое целое. Понятие «Экосистема» введено английским ботаником А.Тенсли в 1935 г. Экосистема включает живой и неживой компоненты. Живой компонент экосистемы — популяции растений, животных и др. Неживой компонент экосистемы — тип почвы, рельефа, количество света, влаги, температурный режим окружающей среды и т. д. Понятие экосистема применимо для объектов разного ранга (тундра, океан, аквариум и др.).

Классификация экосистем:

-по размерам делятся на: *микроэкосистемы* (лужа, срубленное дерево); *мезоэкосистемы* (болото, сосновый лес); *макроэкосистемы* (море, океан, пустыня);

-по происхождению: естественные (влажный тропический лес) и искусственные (поле пшеницы, каналы, лесопарк, аквариум);

-по месторасположению экосистемы бывают водные, например, экосистема Северного моря и наземные, например, дубрава, экосистема широколиственного леса и др.

Движение вещества и энергии в экосистеме

Движение вещества в экосистеме включает 2 этапа:

- 1 процесс фотосинтеза (создание органического вещества фотосинтезирующими организмами зелёными растениями, цианобактериями, протистами авто- и автогетеротрофными, фотосинтезирующими бактериями)
 - 2 дыхание (процесс разложения органического вещества в живых организмах)

Простые вещества, образовавшиеся в ходе дыхания, заново потребляются фотосинтезирующими элементами растний и включаются в круговорот веществ.

Трофическая структура экосистемы

Трофическую структуру экосистемы образуют 3 группы организмов:

- 1. Продуценты (фотосинтезирующие организмы) = автотрофы, которые образуют органическое вещество.
- 2. Консументы гетеротрофы (потребители органики), различают первичные и вторичные консументы. 1- растительноядные животные, 2 плотоядные животные.
- 3. Редуценты (организмы, разрушающие мёртвое органическое вещество) бактерии, грибы, простейшие.

Функции организмов в экосистеме:

- -энергетическая (осуществляется продуцентами);
- -переноса энергии и её перераспределения (осуществляется консументами);
- -разложение органического вещества (осуществляется редуцентами).

Выделяют 3 признака естественной экосистемы:

- -представляет собой совокупность живых и неживых компонентов;
- -в ней осуществляется полный цикл круговорота веществ, начиная с образования органического вещества и, заканчивая, его разложением;
- -экосистема сохраняет устойчивость в течение определённого периода времени. Доказательством устойчивости любой экосистемы является происходящий в ней круговорот веществ.

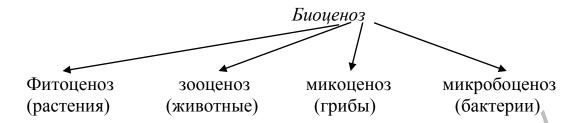
Биогеоценоз — это наземная экосистема, представляющая собой совокупность различных видов или их популяций, взаимосвязанных между собой и с неживой природой, образующих сложную, саморегулирующуюся систему в определенных условиях среды обитания. Термин введен русским ученым В.Н.Сукачевым в 1940 г.

Компоненты биогеоценоза

- 1) биоценоз
- 2) биотоп

Биоценоз — это исторически сложившаяся совокупность популяций растений, животных, микроорганизмов, грибов, населяющих относительно однородный участок суши или водоема. Термин «Биоценоз» предложил К.Мебиус в 1877 г., изучавший комплексы донных животных.

Состав биоценоза: фитоценоз — совокупность популяций растений, зооценоз — совокупность популяций животных, микробоценоз — совокупность популяций микроорганизмов, микоценоз — совокупность популяций грибов.



Примером биоценоза может служить совокупность всех живых организмов участка леса, пруда, болота, ручья и т. д.

Биотоп – участок водоема или суши с однородными условиями обитания (рельефа, климата, почв, гидрографии и др.), занятый определенным биоценозом. Биотоп представляет собой пространство, занимаемое биоценозом. Характерный для данного биотопа комплекс условий определяет видовой состав, обитающих в нем популяций. Биоценоз и биотоп находятся во взаимодействии.

Эдафотоп — почвенно-грунтовые условия, *климатоп* — комплекс климатических факторов. *Климатоп и эдафотоп* в совокупности составляют экотоп.

Свойства биогеоценоза

Относительная устойчивость во времени и способность к самоорганизации в случае изменений биотопа. Поскольку в биогеоценозе существует несколько видов продуцентов, консументов, редуцентов, то это позволяет ему оставаться устойчивым, когда численность какого-либо вида резко падает.

Биомасса биогеоценоза – суммарная масса живого вещества.

Пространственная структура биогеоценоза — закономерное размещение различных видов (популяций) друг относительно друга в пространстве. Ее подразделяют на вертикальную и горизонтальную структуру. Вертикальная структурой фитоценоза является ярусность леса: 1) верхний древесный ярус; 2) нижний древесный ярус; 3) кустарниковый ярус; 4) травяно-кустарничковый ярус; 5) напочвенный ярус (мхи и лишайники). Горизонтальная структура — распределение популяций на занимаемой территории, в пространстве. Оно может быть равномерное (реже) и неравномерное, или групповое (чаще), что обусловлено необходимостью защиты от хищников, добычи корма и т. п. Мозаичность — неравномерное распределение организмов в пространстве.

Видовая структура биогеоценоза — видовой состав его популяций и соотношение численностей или биомасс входящих в него популяций.

Видовое разнообразие в биогеоценозах сокращается от экватора к полюсам.

В биогеоценозе есть *виды* — *доминанты*. Например, степь ковыльная — доминирующий вид ковыль; луг злаково-разнотравный (доминирующие виды — злаки).

Продуктивность биогеоценоза

В биогеоценозе происходит фотосинтез — фиксация солнечной энергии (Е). Фотосинтез является основным процессом, обусловливающим продуктивность биогеоценоза. *Продуктивность биогеоценоза* — биомасса его организмов (количество живого вещества), приходящаяся на единицу площади (S), или объема (V). Определяется в [кг/га], или [т/км²]. Определяют *биомассу сырого вещества* и *биомассу сухого вещества*.

Отличия биогеоценоза от экосистемы:

- 1. Биогеоценоз выделяется только на суше. Экосистема выделяется как на суше, так и в водной среде.
- 2. Биогеоценоз, в отличие от экосистемы, имеет конкретные границы, которые совпадают с границами фитоценоза. Примеры биогеоценоза (фитоценоз) луг разнотравно-злаковый, дубрава орляковая, елово-широколиственный лес, болото клюквенно-моховое, ельник-черничник.
- 3. Понятия биогеоценоз и экосистема тождественны только для суши. Море это экосистема, но не биогеоценоз.

Трофическая структура биогеоценоза. Экологические пирамиды

Трофическая структура биогеоценоза — соотношение между продуцентами, консументами, редуцентами, которое можно выразить числом живых организмов, их биомассой, энергией. Трофическую структуру в экосистеме можно показать графически в виде экологических пирамид, которые разработал Ч. Элтон в 1927 г.

Трофическая структура биогеоценоза включает следующие компоненты:

- 1. *Продуценты* автотрофные фотосинтезтрующие организмы, производящие органическое вещество в процессе фотосинтеза, в котором заключена энергия.
- 2. *Консументы* гетеротрофные организмы (животные), потребители и преобразователи органического вещества, которое поставляют продуценты. Различают 3 вида консументов: первичные консументы растительноядные животные, вторичные консументы плотоядные животные, питающиеся первичными консументами (первичные хищники), третичные консументы питаются вторичными консументами (третичные хищники).
- 3. Редуценты организмы, которые разрушают мертвое органическое вещество до простых неорганических соединений H_2O , CO_2 , NO_2 , NH_4 , которые используются продуцентами. К редуцентам относятся бактерии, грибы, черви и некоторые протисты.

Трофические уровни экосистемы

Структурные компоненты биогеоценоза — продуценты, консументы и редуценты образуют трофические уровни, связанные обменом веществ и переносом питательных веществ и энергии.

Выделяют 4 трофических уровня:

- 1) продуценты;
- 2) первичные консументы;
- 3) вторичные консументы;
- 4) третичные консументы.

С предыдущего трофического уровня на последующий переходит поток вещества и энергии. Отношения между организмами в экосистеме, обусловленные потоком органического вещества и энергии с предыдущего трофического уровня на последующий трофический уровень, называются *трофическими цепями (цепями питания)*. В трофической цепи происходит перенос органического вещества и энергии от автотрофов к гетеротрофам. Трофическая цепь (цепь питания) обычно состоит из 3–5 звеньев.

По экологической принадлежности $mpo \phi u v e c \kappa u e u e n u$ подразделяются ha 2 e p y n n b:

- 1) водной экосистемы начинаются фитопланктоном, вторым звеном выступает зооплпанктон, третье звено нехищные рыбы и четвертое звено хищники;
- 2) наземной экосистемы (биогеоценоза) начинаются фотосинтезирующими растениями, вторым звеном выступают наснкомые, третье звено нехищные птицы и четвертое звено хищники.

Схема цепи питания водной экосистемы:

фитопланктон (водоросли) → зоопланктон (мелкие ракообразные – дафнии) → нектон (рыбы, киты, тюлени, кальмары, осьминоги).

Планктон – организмы, передвигающиеся пассивно током воды. Нектон – организмы, самостоятельно передвигающиеся в воде.

Схема трофической цепи в наземной экосистеме (биогеоценозе):

фотосинтезирующие растения \to насекомые (саранча, кузнечики, бабочки, жуки) \to воробьиные птицы (синицы, жаворонки и т. д.) \to хищные птицы (ястреб).

В наземной экосистеме выделяют 2 типа трофических цепей (цепей питания):

- 1) пастбищная (выедания);
- 2) детритная (разложения)

Пастбищная цепь питания всегда начинается с автотрофного фотосинтезирующего организма. Через промежуточное звено, первичных консументов, она заканчивается звеном, которое представлено хищным животным: травянистые растения \rightarrow бабочки (кузнечики, жуки) \rightarrow хищные насекомые (стрекозы) \rightarrow лягушки \rightarrow уж \rightarrow ястреб;

фитопланктон (водоросли) \rightarrow зоопланктон (рачки) \rightarrow нехищные рыбы (плотва) \rightarrow хищные рыбы (щука) \rightarrow хищные птицы (скопа). Пастбищная цепь может быть экосистемы луга, леса, степи и т. д., водной экосистемы.

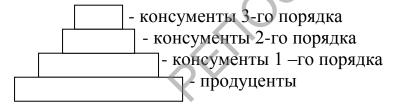
Пастбищная цепь питания экосистемы луга: клевер гибридный \rightarrow кузнечики \rightarrow лягушки \rightarrow змеи орлы; пастбищная цепь питания экосистемы леса: лесные ягоды \rightarrow глухарь \rightarrow косуля \rightarrow дикий кабан. Пастбищная цепь степной экосистемы может быть представлена следующей схемой: злаки грызуны (полевые мыши) хищник (хорек).

Пастбищная цепь водной экосистемы: пресного водоема и экосистемы моря. Пастбищная цепь пресного водоема: хламидомонада \rightarrow низшие ракообразные \rightarrow мальки карася \rightarrow жук плавунец.

Пастбищная цепь экосистемы моря: фитопланктон (водоросли) водные беспозвоночные (дафнии) хищники первого порядка (рыбы) хищник второго порядка (нерпа).

Детритная цепь питания (детрит — однородная масса разлагающихся органических веществ). Детритная цепь начинается с отмерших остатков растений, трупов животных. Примеры детритной пищевой цепи: отмершие листья →дождевые черви →землеройки; отмершие растения или трупы животных (детрит) → многоножки, или черви → синица, или черный дрозд → ястреб, или сова.

Трофическую структуру экосистемы можно показать графически в виде экологической пирамиды. Такую графическую модель разработал в 1927 г. американский зоолог Ч. Элтон. Экологическая пирамида имеет основание и этажи (уровни): основание — это 1-й трофический уровень, или продуценты; этажи ее соответствуют консументам различных порядков.



Различают 3 типа экологических пирамид:

1. Экологическая пирамида чисел — показывает численность организмов на каждом трофическом уровне и направление движения вещества в цепи питания.

Количество особей каждого последующего звена в цепи питания уменьшается примерно в 10 раз (растения $-10\,000$, зайцы -1000, лисы -100, волки -10).

- экологическая пирамида чисел отражает численность организмов на каждом трофическом уровне, и показывает цепь питания.



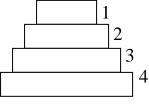
Соотношение энергетических затрат может отражаться не только в пирамидах чисел, но и в пирамидах биомасс и энергий.

2. Экологическая пирамида биомасс показывает соотношение биомасс продуцентов консументов, a также количество Различают синтезируемого каждом трофическом уровне. пирамиды биомасс наземных и водных экосистем. В наземных экосистемах общая биомасса продуцентов намного больше общей биомассы консументов, поэтому пирамида, сужается к верху (растения $-1000 \$ кг \rightarrow травоядные животные $-100 \$ кг \rightarrow хищники второго порядка $-10 \text{ кг} \rightarrow \text{хищники первого порядка} - 1 \text{ кг}$).

Правило экологической пирамиды: в любой наземной экосистеме биомасса особей каждого последующего трофического уровня в цепи питания уменьшается в геометрической прогрессии.

Особенностью экологической пирамиды биомасс водной экосистемы является то, что она перевернута, т. к. биомасса продуцентов в океане намного меньше биомассы консументов (крупные рыбы \rightarrow мелкие рыбы \rightarrow зоопланктон \rightarrow фитопланктон).

3. Экологическая пирамида энергий показывает величину потока энергии, заключенного в органическом веществе от предыдущего трофического уровня к последующему. Эта величина потока энергии от продуцентов к консументам, при этом при переходе с предыдущего трофического уровня на последующий происходит потеря энергии на 90 %. Только 10 % энергии переходит в вещество последующего трофического уровня (растения — $1,2x10^{10}$ кДж — зайцы — $1,2x10^9$ кДж — лисы— $1,2x10^8$ кДж — волки $1,2x10^7$ кДж).



*

1 – волки – $1,2x10^7$ кДж; 2 – лисы– $1,2x10^8$ кДж; 3 – зайцы – $1,2x10^9$ кДж; 4 – растения – $1,2x10^{10}$ кДж.

В 1942 г. американский эколог Р. Линдеман сформулировал *закон пирамиды* э*нергий*, *или закон 10 %:* в любой цепи питания с предыдущего трофического

уровня на последующий переходит 10% органического вещества, а остальная энергия расходуется на жизнедеятельность организмов предыдущего трофического уровня (размножение, движение, рост, развитие, дыхание).

Согласно закону Линдемана, в цепи питания с одного трофического уровня на другой переходит 10 % энергии, а 90 % ее теряется на различные виды жизнедеятельности.

Расход энергии, заключенной в пище (органическом веществе) можно показать в виде формулы:

C=P+R+F, где C — это общий расход энергии, заключенной в органическом веществе, P — энергия, расходуемая на процессы, связанные с энергетическим обменом, F — энергия, расходуемая на пищеварительные процессы.

Типы отношений между организмами в экосистеме:

- 1) трофические отношения, когда особи одного вида питаются особями другого вида (божья коровка тля) и, таким образом, формируют цепи питания;
- 2) топические отношения, когда особи одного вида создают условия для существования особей другого вида, или изменяют эти условия так, что один организм своей жизнедеятельностью вытесняет другой (например, ель вытесняет светолюбивые виды);
- 3) форические отношения, когда особи одного вида участвует в распространении другого вида (птицы участвуют в распространии семян растений, медведь переносит семена череды);
- 4) фабрические отношения, когда особи одного вида используют остатки жизнедеятельности другого вида для построения своих жилищ (птицы строят гнезда из шерсти млекопитающих, сухих веточек деревьев).

Динамика экосистем. Сукцессии

Динамика экосистем – их изменение во времени под действием внешних и внутренних факторов. Внешние факторы: природные и антропогенные. Внутренние факторы: нарушения физиологических процессов внутри организмов.

Выделяют 2 типа динамики экосистем:

- суточная и сезонная.

Суточная динамика экосистем

Суточная динамика экосистем — различная реакция живых организмов на длину светового дня. Суточная динамика проявляется во всех природных зонах (пустыни, леса умеренного пояса). Сезонные ритмы у растений, обитающих в лесах умеренного пояса: весной и ранним летом они активно вегетируют и цветут, а листопад наблюдается в осенний период.

Суточные ритмы у животных — изменение их активности в течение суток (многие животные пустынь активны ночью). Суточная динамика проявляется в фотопериодизме (реакции на свет). Например, совы активны ночью, т. к. их зрительный анализатор днём не функционирует. Многие растения в течение суток

способны изменять угол наклона листьев. Утром и вечером широкой стороной поворачиваются листовые пластинки к солнечным лучам, а днем — ребром. В полдень многие планктонные водоросли располагаются на глубине и в толще воды, а при снижении освещенности, утром и вечером, поднимаются близко к поверхностным слоям.

Сезонная динамика экосистем связана с изменением времён года (миграции птиц, листопад). Примеры сезонной динамики жизнедеятельности: прилет весной некоторых видов птиц (скворцов и др.) в среднюю полосу; зимняя спячка бурых медведей и др. животных; переменно-влажные листопадные леса (восточное побережье Юго-Восточной Азии) сбрасывают листву в сухой сезон; изменение флористического состава в экосистемах в весенний и летний периоды; весной у деревьев функционирует вторичная образовательная ткань, камбий, а также апикальная (верхушечная) меристема.

Организм растений и животных реагирует на продолжительность дня. Реакция организмов на продолжительность дня называется фотопериодизм. Фотопериодизм — это важное приспособление организмов, регулирующие у них сезонные явления. Продолжительность дня определяет наступление зимнего покоя (например, у насекомых длина дня обусловливает наступление зимнего покоя). У насекомых летом, пока день длинный может развиваться несколько поколений, а осенью развитие всегда останавливается на зимующей стадии. У птиц удлинение дня весной стимулирует развитие половых желез и проявление половых инстинктов. Осеннее сокращение дня вызывает линьку у птиц, накопление жиров, и проявление инстинкта к перелету.

Сезонные ритмы сильно воздействуют на животные организмы небольших размеров, которые быстро размножаются и за короткий период увеличивают свою численность (осенью активизируются популяции многих насекомых). Сезонные изменения связаны с особенностями климата, гидрологического режима, воздействием человека на животных. Зимний покой — сложное физиологическое приспособление. В этот период у растений и животных значительно снижена интенсивность обмена веществ, ткани организмов содержат много запасных питательных веществ, уменьшается количество воды в тканях, семенах и зимующих почках растений.

Экологическая характеристика популяции

У популяции должно быть *местообитание* – пространство, занимаемое популяцией со всей совокупностью экологических факторов.

Экологическая ниша — совокупность всех факторов (условий) и ресурсов среды, в пределах которой может существовать вид в природе. Организмы любого вида могут выживать, расти, поддерживать свою численность лишь в определенных температурных границах. Определяемый такими границами интервал и есть экологическая ниша по температурному фактору. Экологическая ниша может быть по солености воды, влажносити почвы и т. д. Например, для существования одного из видов креветки оптимальная температура и соленость воды находятся соответственно в пределах 10—25° С и 20—36 %.

Плотность популяции — численность особей на единицу площади (м²) или в единице объема (м³). Пространственная структура популяции — размещение особей в пространстве. Размещение особей в пространстве может быть равномерным, неравномерным, групповым. При равномерном распределении особи размещаются через одинаковые промежутки, при неравномерном распределении особи размещены через неодинаковые, иногда большие промежутки и их встречи носят случайный характер, при групповом распределении — особи встречаются группами (стада, колонии и др.).

Возрастная структура популяции — соотношение особей различного возраста. Возрастная структура является показателем рождаемости и смертности особей. В популяции выделяют три возрастные группы особей: пререпродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную.

Численность популяции — совокупность особей популяции всех возрастов. На численности популяции сказываются: плотность особей и их размещение в пространстве, рождаемость, смертность, влияние экологических факторов.

Способы расселения организмов в популяции: 1) анемохория (ветром); 2) гидрохория (водой); 3) фитохория (растениями); 4) зоохория (животными); 5) антропохория (человеком); 6) орнитохория (птицами), 7) инсектохория (насекомыми). Миграции — передвижения животных, вызванные изменением условий существования, или вызванные циклами их развития. Выделяют регулярные и нерегулярные миграции. К регулярным миграциям относятся суточные и сезонные (перелеты птиц). Нерегулярные миграции могут быть при наводнениях, засухах, пожарах.

Типы динамики численности популяций

Выделяют сезонный, многолетний и устойчивый типы динамики численности популяций. Сезонный тип наблюдается у организмов, обладающих способностью за короткий период резко увеличить свою численность (представители планктона — дафнии, насекомые, грызуны и др.). Многолетний тип охватывает период в несколько лет и характеризуется подъемами и спадами численности популяций насекомых, грызунов и т. д. Продолжительность цикла охватывает 2 — 10 лет (саранча, колорадский жук и др.). Устойчивый тип характерен для популяций с более или менее постоянной численностью в течение длительного периода времени (дикие кабаны, лоси, косули и др.).

Взаимодействия между популяциями

Различают внутривидовые и межвидовые отношения между популяциями.

Конкуренция — внутривидовые или межвидовые отношения, которые проявляются в соперничестве за абиотические и биотические ресурсы (влагу, свет, пищу, самку, жилище и т. д.). Регулирование внутривидовой конкуренции возможно при соблюдении иерархии отношений между членами популяции. Примеры конкуренции: взаимоотношения между канадской и европейской норками; между рядом растущими елью и березой; самцами тетеревиных птиц в период размножения; особями одного вида рыб, живущими в одном озере.

Закон конкурентного исключения Г.Ф. Гаузе: численность особей изолированной популяции сокращается, если она испытывает влияние другого вида. Это можно продемонстрировать на простом опыте. Русский биолог Г.Ф. Гаузе культуры двух видов инфузорий-туфелек со сходным характером питания помещал по отдельности и совместно в сосуды с сенным настоем. Каждый вид, помещенный отдельно, успешно размножался. При помещении же обеих культур в один сосуд численность одного вида сокращалась, и он исчезал, а численность другого вида не изменялась.

К внутривидовым отношениям относится также *каннибализм* – уничтожение особей своего вида в популяции.

Межвидовые отношения

Комменсализм — тип межвидовых взаимоотношений, при котором один вид (комменсал) извлекает выгоду из сосуществования, а второй вид не имеет от этого ни выгоды, ни вреда. Примеры: бобовые (клевер) и злаки, совместно произрастающие на почвах, бедных азотом. При этом злак не подавляет бобовое растение, но обеспечивается азотом; взаимоотношения между акулой и рыбойприлипалой; человеком и бактериями, живущими в его кишечнике и не причиняющими вреда.

Симбиоз — это тесная взаимосвязь между представителями разных видов, из которых хотя бы один обойтись без другого не может. Примером симбиоза являются лишайники — сожительство двух компонентов: микобионта (гриба) и фикобионта (цианобактерии).

Мутуализм — форма взаимовыгодных отношений двух организмов, когда оба сосуществующих организма извлекают из своих взаимоотношений выгоду. Мутуализм является формой симбиотических взаимоотношений. Примеры: микориза — мутуалистический симбиоз мицелия гриба и корней высшего растения, от которого выгоду получает гриб и растение; симбиотические взаимоотношения между корнями осины и подосиновиком, клубеньковыми бактериями и бобовыми; тропическими растениями и птицами колибри; грибом и цианобактериями (лишайник). Мутуализм подразделяют на облигатный (обязательный) и факультативный (необязательный). Облигатный мутуализм характерен для лишайников (цианобактерия и мицелий гриба). Примером факультативного мутуализма могут быть птицы колибри и опыляемые ими цветковые растения.

Аменсализм — межвидовые взаимоотношения, при которых один вид (аменсал) испытывает угнетение роста и развития, а второй вид — ингибитор этому не подвержен. Пример — влияние деревьев-доминантов на растения травяного яруса.

Кооперация — взаимовыгодное, не обязательное совместное существование 2 видов (птицы, поедающие паразитов на шерсти копытных животных).

Паразитизм — форма межвидовых отношений, при которой один вид (паразит) использует другой организм в качестве среды обитания и источника питания. Паразит — организм, который использует другой организм (хозяина) в качестве среды обитания или источника пищи. Примеры паразитизма: взаимоотношения между эхинококком и

собакой; свекловичной нематодой и свеклой; лошадиной аскаридой и лошадью; трутовым грибом и березой; картофелем и фитофторой; печеночным сосальщиком и крупным рогатым скотом. Паразиты принимают участие в регуляции численности популяций хозяев, и на этом основаны биологические методы борьбы. Характерная особенность паразитов – редукция одних органов и систем (пищеварительной, кровеносной, органов чувств, конечностей и др.) и усложнение других (половой системы, органов прикрепления). Имеются отряды животных целиком представленные паразитами (блохи, вши, споровики и др.). Часто жизненный цикл паразита сложен и связан с несколькими хозяевами, и ареал его обитания совпадает с ареалом обитания на облигатных (обязательных) факультативных Паразитов делят И (необязательных), а также на эктопаразитов, обитающих на поверхности тела хозяина и эндопаразитов, живущих в клетках и тканях организма хозяина. Паразитоиды – организмы (насекомые), которые яйца откладывают в тело личинки другого насекомого. Например, наездник-трихограмма, бычий овод и др.

Хищничество — межвидовые отношения, при которых особи одного вида добывают, убивают и поедают особей другого вида. Это взаимоотношения между волком и косулей; хищной птицей и мышью; крокодилом и антилопой, росянкой круглолистной и мелкими насекомыми. Выделяют истинных хищников и хищников с пастбищным типом питания: 1) истинные хищники — хищники, которые съедают жертву чаще целиком, — тигры, волки, орлы, лисы, божьи коровки, насекомоядные растения; 2) хищники с пастбищным типом питания — животные, съедающие часть пищи, у которых часто отсутствует избирательность в ее потреблении — травоядные позвоночные, пиявки, самки комаров.

Различают также и внутривидовое хищничество — *каннибализм* (уничтожение молодняка при избыточной численности популяции).

Антибиоз — это взаимоотношения между организмами разных видов, когда особи одного вида, обычно путем выделения особых веществ, оказывают угнетающее воздействие на жизнедеятельность особей других видов. Некоторые грибы (пеницилл) вырабатывают антибиотики, угнетающие жизнедеятельность бактерий. Многие высшие растения (лук, чеснок) выделяют летучие вещества (фитонциды), угнетающие жизнедеятельность возбудителей различных инфекционных заболеваний. Фитонциды находят практическое применение в медицине.

Сукцессии

Сукцессия — постепенная, необратимая смена одних биоценозов другими на определённой территории под влиянием внешних или внутренних факторов.

Проявлением экологической сукцессии являются: зарастание вырубки; зарастание гари; зарастание озера и превращение его в болото.

Различают первичную и вторичную сукцессии.

Первичная сукцессия — смена биогеоценозов, которая происходит на ничем не заселенных территориях. Последовательность этапов первичной сукцессии: песчаная дюна \rightarrow редко растущие злаки \rightarrow густой травяной покров \rightarrow кустарники \rightarrow сосновый лес; вулканическая лава \rightarrow мхи или лишайники \rightarrow многолетние

травы \to заросли кустарников \to широколиственный лес; морской песчаный нанос \to прибрежные травы \to кустарники.

Вторичная сукцессия — смена биоценозов, которая происходит на территориях, где ранее существовала растительность, но исчезла под влиянием внешних, или внутренних факторов

Последовательность этапов при вторичной сукцессии:

- 1) пожарище \to низкорослые травы \to высокорослые травы \to березовоосиновый лес \to смешанный лес;
 - 2) заброшенная пашня \rightarrow всходы березы \rightarrow всходы ели \rightarrow еловый лес;
 - 3) торфяное болото, поросшее мхом→ кустарники→ мелколесье → лес.
- 4) вырубка \rightarrow луговые растения \rightarrow заросли кустарников \rightarrow мелколиственный лес (березовый, осиновый и др.) \rightarrow смешанный лес \rightarrow еловый лес.

Изменение структуры биоценоза происходит до определённого предела, затем наступает *состояние равновесия – гомеостаз*. *Гомеостаз* экосистемы – внутреннее динамическое равновесие экосистемы, которое поддерживается саморегуляцей ее компонентов.

Агроэкосистемы — искусственные экосистемы, которые создает, контролирует и поддерживает человек. Примером агроэкосистемы является агроценоз (сельскохозяйственное поле, сад, парк, пастбище, лесные посадки и др.).

Отличия агроценозов от биоценозов:

1) малая экологическая устойчивость; 2) небольшое число видов; 3) цепи питания, состоящие из 2–3 звеньев, вследствие однотипного видового состава (культурные растения, сорные растения, грызуны); 4) отсутствие естественного отбора и ведущая роль искусственного отбора; 5) пониженная устойчивость растений к вредителям, 6) неполный круговорот веществ, т. к. при уборке урожая уносится значительная часть элементов, которая компенсируется внесением удобрений; 7) высокая продуктивность агроценозов зависит от деятельности человека, использования агротехники, интенсивных технологий выращивания, подбора урожайных сортов; 8) искусственное сообщество может заменяться природным при отсутствии в агроценозе деятельности человека; 9) неспособность к саморегуляции вследствие ограниченности видового состава.

Среды жизни

Выделяют четыре типа сред жизни: водная (гидросфера), наземновоздушная, почвенная, живой организм.

Водная среда (гидросфера) — первая среда жизни организмов и самая обширная среда обитания, занимающая 71 % площади планеты. Организмы, обитающие в ней, называются гидробионты. Вода обладает следующими свойствами: 1) плотность воды в 1300 раз больше плотности воздуха, поэтому она оказывает большое сопротивление движению гидробионтов; 2) с глубиной наблюдается увеличение давления воды на организмы; 3) вода обладает высокой выталкивающей силой; 4) высокая удельная теплоемкость (в 500 раз больше, чем

у воздуха), благодаря которой вода медленно нагревается и медленно остывает, уменьшает суточные и сезонные колебания температуры; 5) высокая что теплопроводность (в 30 раз больше, чем у воздуха), что обусловливает равномерное распределение температуры в водной среде; 6) вода - хороший растворитель минеральных веществ (пресные воды содержат больше карбонатов – 0,5 г/л, морские воды содержат больше хлоридов– 16–47 г/л. Лимитирующие факторы в водной среде – кислород и свет. Кислород – главный лимитирующий фактор, его нередко не хватает, особенно в ночное время, вследствие отсутствия процесса фотосинтеза, в связи с чем, возможна гибель гидробионтов. Свет лимитирующий фактор. Наибольшее количество света получают поверхностные слои воды, где осуществляется фотосинтез. Следует отметить важнейшие адаптации гидробионтов: 1) преобладают экзотермные организмы моллюски, кальмары, каракатицы, осьминоги) (рыбы, головоногие непостоянной температурой тела. В период дефицита кислорода они снижают интенсивность процессов жизнедеятельности вплоть до анабиоза; 2) эндотермные животные (киты, дельфины, тюлени, морские котики) живут в водной среде, благодаря дыханию атмосферным воздухом, который вдыхают, периодически поднимаясь на поверхность воды; 3) адаптации организмов к высокой плотности воды (у планктонных организмов, не способных преодолевать силу течения, имеются выросты на поверхности тела, капли жира, резерв воздуха внутри тела; активно плавающие гидробионты – нектон, способны преодолевать силу течения, у них развиты мускулатура, плавники, обтекаемая форма тела; бентосные организмы, обитающие на дне морей, имеют известковые раковины, например, моллюски, хитинизированную кутикулу, например, раки, крабы, лангусты).

Наземно-воздушная среда

Из-за наличия гравитации и отсутствия выталкивающей силы в наземновоздушной среде у организмов развиты опорные системы: у растений, особенно у деревьев, механические ткани; у животных скелеты (наружный у членистоногих и внутренний у хордовых, гидроскелет у круглых и кольчатых червей. Низкая сопротивляемость воздуха способствовала эволюции систем передвижения (бег – млекопитающие, полет— птицы и т. д.). Большая подвижность воздуха используется растениями для распространения плодов, семян (крылатки), спор и др. У насекомых – мелкие размеры тела и трахейная система – система трубочек, наполненных воздухом, у птиц – пневматические кости и воздушные мешки. У наземно-воздушных животных — внутреннее оплодотворение, необходимое для существования независимо от воды. Появились адаптации для сохранения воды в организме: роговые чешуи и щитки у рептилий, сочные стебли, игловидные или чешуевидные листья у растений пустынь. Гомойтермия способствовала повышению интенсивности жизнедеятельности и расширила возможности к расселению.

Живой организм – среда обитания

В живом организме, являющимся средой обитания, сформировались

следующие адаптации к паразитизму: наличие органов прикрепления, кутикулы; анэробное дыхание, редукция нервной, кровеносной ,, дыхательной, пищеварительной систем и органов чувств, гермафродитизм, развитие приспособлений для защиты яиц, личинок, смена хозяев.

Почвенная среда

В почвенной среде обитают эдафобионты. Их важнейшие адаптации связаны с подземным образом жизни. Многоножки, коготки, насекомые передвижения коготки используют ДЛЯ на покровы лапках, ИХ тела несмачиваемые, что позволяет переживать периоды затопления почвы. Дождевые черви имеют гидроскелет, оказывающий при движении сопротивление частицам почвы, нематоды способны передвигаться в почве путем изгибания тела. Крупные эдафобионты (кроты, слепыши, землеройки) передвигаются с помощью рытья почвы передними конечностями, имеют компактное тело, редуцированные глаза.

Решение типовых экологических задач

Задача 1. Экологическая пирамида состоит из следующих трофических уровней, перечисленных в случайном порядке (птицы, растения, гусеницы). В цепь питания, состоящую из 3-х звеньев, вовлечено 30 кг растений. Рассчитайте, какая биомасса гусениц, входит в данную цепь питания, если известно, что на новый трофический уровень переходит 10% энергии.

Решение. Цепь питания состоит из 3-х звеньев: растения → гусеницы → птицы. Биомасса гусениц составляет 10 % от биомассы растений, т. е. 3,0 кг (30 кг х 0,10=3,0 кг).

Ответ: в данной цепи питания биомасса гусениц составляет 3 кг.

Задача 2. Определите, какое максимальное количество эндопаразитов может находиться в организме голого слизня, если в 0,01 г тела паразита массой 0,15 г содержится 1 ккал энергии. Масса слизня составляет 15 г, а на 10 г его биомассы приходится 600 ккал энергии. Процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с законом Линдеманна.

Решение. 1) определяем, какое количество энергии (ккал) содержится в 0,15 г массы тела паразита?

0,01 г – 1ккал,

 $0,15 \Gamma - X$ ккал,

X = 15 ккал

2) какое количество энергии (ккал) содержится в 15 г массы тела слизня

 $10 \, \Gamma - 600 \, \text{ккал}$,

15 г – X ккал,

Х=900 ккал

3) какое количество энергии переходит на второй трофический уровень? Первый трофический уровень – слизни – 900 ккал. Второй трофический

уровень – эндопаразиты – 90 ккал, т. е. в 10 раз меньше, т. к. на последующий трофический уровень переходит только 10 % энергии.

4) количество эндопаразитов, содержащееся в организме слизня равно:

90 ккал:15 ккал=6 штук.

Ответ: в организме голого слизня может находиться 6 эндопаразитов.

Задача 3. В стаде 40 травоядных животных, каждое из животных имеет массу 80 кг. Один килограмм тела содержит 1500 ккал. Сколько кг растений съедают животные, если 1 кг растения содержит 1500 ккал? Переход энергии с одного уровня на другой уровень осуществляется в соответствии с законом 10%.

Решение. 1) Какое количество энергии (ккал) содержится в теле одного травоядного животного?

1500 ккал х 80 кг = 120~000 ккал

2) Сколько энергии (ккал) содержится во всем стаде животных?

120 000 ккал х 40 = 4 млн. 800 тыс. ккал

3) в какой массе растений содержится 4 млн. 800 тыс. ккал?

4 млн. 800 тыс. ккал: 1500 ккал = 3200 кг

4) Сколько кг растений съедают животные?

3200 kg - 100%

Х кг – 10%

Х=320 кг

Ответ: животные съедают 320 кг растений.

Задача 4. Мыши за лето съели в поле 10 кг зерна пшеницы. Рассчитайте оставшийся урожай зерна в кг, если известно, что прирост биомассы мышей за лето составил 0,02 % от урожая. Переход энергии с одного уровня на другой уровень составляет 5%.

Решение. 1) Какой прирост биомассы мышей наблюдался к концу лета?

100 кг х 0,05=5 кг

2) Каков урожай зерна пшеницы?

 $5\kappa\Gamma - 0.02\%$

 $X \kappa \Gamma - 100\%$,

X = 25 000 кг

3) Каков остаток урожая зерна в поле?

25~000~kg - 100~kg = 24~900~kg.

Ответ: оставшийся в поле урожай зерна составляет 24 900 кг.

 $3a\partial a va$ 5. Определите биомассу продуцентов в данной экосистеме (в тоннах), если известно, что 1 кг зеленой массы поглощает 3 х 10^6 кДж солнечной энергии. Пирамида энергии экосистемы леса включает 3 уровня:

- 1) Растения КПД фотосинтеза 2 %
- 2) Зайцы
- 3) Волки 1,2 х 10⁸ кДж

Процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с законом Линдемана.

Решение. 1) Какова величина трансформированной энергии на среднем трофическом уровне – у зайцев?

$$1,2 \times 10^8 \text{ кДж} - 10\%,$$

$$X$$
 кДж – 100%,

$$X=1, 2 \times 10^9$$
 кДж

2) Какова величина трансформированной энергии на нижнем трофическом уровне у растений?

$$1.2 \times 10^9$$
 кДж $- 10\%$,

$$X$$
 кДж – 100%, $X=1, 2 \times 10^{10}$ кДж

$$X=1, 2 \times 10^{10}$$
 кДж

3) Какова величина энергии, поглощенной растениями, если КПД фотосинтеза равен 2 %?

$$1,2 \times 10^{10}$$
 кДж -2% ,

4) Какова биомасса продуцентов в тоннах в экосистеме

$$0.6 \times 10^{12} \text{ кДж/3} \times 10^6 \text{ кДж=200 тыс. кг} = 200 т.$$

Ответ: биомасса продуцентов в данной экосистеме составляет 200 т.

3adaчa 6. Рассчитайте количество консументов в лесу, где энергия продуцентов составляет 10^5 кДж. Известно, что одна особь консументов весит 100кг, а 1 кг ее биомассы запасается 1000 Дж энергии.

Решение: 1) Какое количество энергии заключено в организме одной особи? 100кг х 1000Дж=100 000 Дж

- $2)10^5$ кДж=100~000 кДж=100~000~000 Дж
- 3) Определяем количество консументов в лесу:

100 000 000 Дж : 100 000 Дж=1000 особей

Ответ: количество консументов в лесу составляет 1000 особей.

Задачи с ответами

1. Составьте схемы детритной и пастбищной цепей питания из предложенных следующих компонентов: черный дрозд; дождевой червь; листовой опад; ястреб-перепелятник; луговые травы; остромордая лягушка; кузнечик; аист.

Ответ:

- Детритная цепь питания: листовой опад дождевой червь черный дрозд→ ястреб-перепелятник.
 - Пастбищная цепь питания:

луговые травы \rightarrow кузнечик \rightarrow остромордая лягушка \rightarrow аист.

2. В 1 кг массы тела консументов второго порядка, обитающих в лесу, содержится 4000 ккал энергии. Какое количество консуметов второго порядка со средней массой тела 100~г может прокормиться в лесу, на поверхность которого падает 4~х $10^7~$ ккал солнечной энергии, а КПД фотосинтеза составляет 1 %?

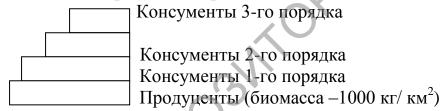
Ответ: 10 особей.

Задачи для самостоятельного решения

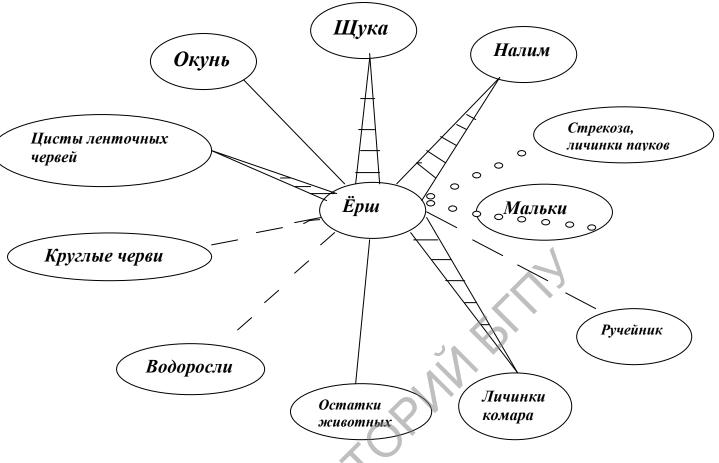
- 1. Какие из перечисленных деревьев относятся к стенобионтам по влажности почвы (сосна, береза, клен, ольха, ясень)?
- 2. Биоценоз смешанного леса имеет следующий видовой состав растений: подлесок (кустарники брусника и черника); сосновые деревья; мелколиственные породы береза, осина; напочвенный покров травы, мхи. Расположите ярусы биоценоза в надлежащем порядке.
- 3. Используя *правило экологической пирамиды* (в любой экосистеме численность и биомасса каждого последующего трофического уровня в 10 раз меньше предыдущего), дополните схемы экологических пирамид.
- *А) Дана пирамида чисел*. Определите численность организмов на каждом трофическом уровне в экосистеме луга.



Б) Дана пирамида биомасс. Определите биомассу в кг консументов 1–3-го порядков на κm^2 , если биомасса продуцентов равна $1000 \ \kappa r / \kappa m^2$.



- 4. Определите тип сукцессии с помощью следующих примеров последовательной смены растительного покрова:
 - 1) однолетние сорняки \rightarrow заросли ив \rightarrow березовый лес еловый лес; 2) обмеление озера \rightarrow осока, тростник \rightarrow ольха и ива;
 - 3) сельскохозяйственное поле→елово-берёзовый лес→ельник;
 - 4) озеро—низинное болото—верховое сфагновое болото.
- 5. Определите цепи питания в данном биоценозе.



Тесты

- 1. Экологическая группа, обитающих на грунте живых организмов, а) бентос; б) нектон; в) планктон.
- 2. Из перечисленных организмов составьте пастбищные цепи питания экосистемы озера (1) и экосистемы луга (2): а) кузнечик; б) дафния; в) стрекоза; г) клевер; д) ряска; е) лягушка.
- 3. Если особи одного вида в биоценозе питаются особями другого вида, то такие отношения между ними называются: **a)** трофическте; б) топические; в) форические; г) фабрические.
- 4. Примером форических отношений в биоценозе является: **а)** распространение птицами семян рябины; б) строительство гнезда птицей; в) поедание птицами насекомых.
- 5. Примерами фабрических отношений в биоценозе являются: **а)** сухие веточки сосны птицы используют для строительства гнезд; **б)** муравьи используют хвою сосны для строительства муравейника; в) птицы поедают хвою сосны; г) птицы поедают семена сосны.
- б. Организмы, не использующие готовые органические вещества в трофических цепях: **a)** автотрофы; б) консументы; в) автогетеротрофы.

- 7. К первичным консументам относятся: а) капуста; **б)** гусеницы; в) ястреб; г) береза.
- 8. Волки в лесах являются: а) продуцентами; б) консументами первого порядка; в) консументами второго порядка; г) редуцентами.
- 9. Выберите правильно составленную пастбищную цепь питания в смешанном лесу: а) короед-типограф; б) ястреб; в) ель; г) сова; д) дятел; е) лиса; ж) растительный опад. 1) а \rightarrow в \rightarrow д \rightarrow б \rightarrow е; 2) в \rightarrow а \rightarrow д \rightarrow б; 3) в \rightarrow а \rightarrow б \rightarrow г \rightarrow е.
- 10.Расположите приведенные экосистемы в порядке убывания их первичной продукции (т/га в год): а) степи; б) пустыни; в) открытый океан; г) антарктические льды; д) смешанные леса; е) тропические леса. 1) $e \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow r$; 2) $e \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow r$; 3) $a \rightarrow e \rightarrow d \rightarrow r$.
- 11. Укажите правильно составленную последовательность стадий первичной сукцессии: а) кустарники; б) лишайники; в) застывшая вулканическая лава; г) травянистые растения; д) мхи. 1) в \rightarrow а \rightarrow б \rightarrow г \rightarrow д; 2) в \rightarrow б \rightarrow д \rightarrow г \rightarrow а; 3) в \rightarrow б \rightarrow г \rightarrow д \rightarrow а.
- 12.Укажите правильно составленную последовательность стадий вторичной сукцессии: а) травянистые растения; б) заброшенная пашня; в) заросли кустарников; г) ельник; д) осинник. 1) в \rightarrow а \rightarrow б \rightarrow г \rightarrow д; 2) в \rightarrow б \rightarrow д \rightarrow г \rightarrow а; 3) б \rightarrow а \rightarrow в \rightarrow д \rightarrow г.
- 13. Примерами мутуализма являются взаимоотношения между: а) пауком крестовиком и мухой; б) березой и белым грибом; в) косулей и волком; г) человеком и кишечной палочкой, живущей в его кишечнике.
- 14. Примерами паразитизма (1) и конкуренции (2) являются взаимоотношения между: а) кротом и дождевым червем; б) колорадским жуком и божьей коровкой; в) картофелем и фитофторой; г) клевером и повиликой клеверной; д) печеночным сосальщиком и крупным рогатым скотом.
- 15. Что характерно для организмов, обитающих в водной (1), наземновоздушной (2) и почвенной (3) средах обитания: а) опорная система тела, ограничение массы и размеров, внутреннее оплодотворение; б) относительно низкая интенсивность процессов жизнедеятельности, обтекаемая форма тела, наружное оплодотворение; в) несмачиваемые покровы тела, компактное тело, гидроскелет, способность к изгибанию тела.

РАЗДЕЛ 4. БИОСФЕРА

Биосфера, ее границы и состав

Биосфера – особая оболочка земли, населенная живыми организмами. Термин «биосфера» предложил австрийский геолог Э. Зюсс, а учение о биосфере

создал академик В.И. Вернадский в 1926 г и изложил учение о биосфере в книге «Биосфера».

Биосфера как область жизни включает:

- нижнюю часть атмосферы (до 25 км в высоту);
- верхнюю часть литосферы (до 15 км в глубину);
- всю гидросферу до 11 км в глубину.

Атмосфера – газообразная оболочка Земли, которая простирается до высоты 100 км. В ней содержатся O_2 (21%), аргон – 0,93 %, CO_2 – 0,03 %, пары воды. В составе атмосферы наиболее высока доля азота (N_2 –78 %). На высоте 15–50 км расположен озоновый слой. Ha высоте 20-27КМ большая часть ультрафиолетового излучения поглощается озоновым слоем, поэтому микроорганизмы, оказавшиеся выше этой зоны, погибают.

Литосфера — внешняя твердая оболочка земного шара. Литосфера включает земную кору и верхнюю часть мантии. Самый верхний слой земной коры — почва (поверхностный слой земной коры, образовавшийся в результате совместной деятельности живых организмов, физико-химических и геологических процессов). Если всю почву взять за 100 %, то на деятельность человека, связанную с почвой, приходится около 30 %. Проблемы почв: деградации, почвенная эрозия, строительство, загрязнение, засоление почв, переосушение при неправильной мелиорации.

 Γ идросфера — занимает 71 % площади планеты, 97 % — солёные-воды, 3 % — пресные воды, 3 4 пресной воды гидросферы недоступно организмам, т. к. сосредоточено в ледниках и снегах Арктики и Антарктики.

Жизнь в биосфере имеет послойное распределение, которое называется стратификацией.

Границы биосферы: верхней границей является озоновый слой, находящийся на высоте 20–27 км, а нижняя граница находится на глубине около 11 км. В литосфере живые организмы встречаются на глубине до 10–15 км. В литосфере лимитирующими факторами распространения живых организмов являются отсутствие кислорода и солнечного света, высокая температура и давление. В гидросфере живые организмы обнаружены на глубине 11 км (Марианская впадина). В гидросфере лимитирующими факторами распространения живых организмов являются отсутствие света, низкое содержание кислорода, высокое давление и др. В атмосфере жизнь сконцентрирована до высоты 20–27 км, где обнаружены бактерии и их споры. Лимитирующими факторами здесь являются: дефицит кислорода и воды, низкая температура, ионизирующие излучения. Толщина биосферы по вертикали в среднем может достигать 35 км. Места наибольшей концентрации организмов в биосфере В.И. Вернадский назвал «пленкой жизни».

Состав биосферы

В составе биосферы В.И. Вернадский выделил 7 компонентов (1965 г.).

- 1) живое вещество совокупность всех живых организмов, населяющих биосферу, их химический состав, масса, энергия. Главными химическими элементами, образующими живое вещество являются: водород, кислород, углерод, азот. Оно находится во взаимодействии с окружающей средой. Все химические элементы, составляющие живое вещество включены биогеохимические циклы. В биосфере образуется 200 млрд т живого вещества в год. Масса живого вещества по сравнению с массой земной коры незначительна. Однако живое вещество играет исключительную роль в преобразовании нашей планеты. При его участии образуются биогенное и биокостное вещества.
- 2) *биогенное вещество* вещество, которое создается в процессе жизнедеятельности организмов из останков отмерших древних растительных и животных организмов (известняк, нефть, каменный уголь, торф, газы атмосферы и др.);
- 3) косное вещество вещество, образовавшееся без участия живых организмов, совокупность всех неживых тел. Например, горные породы, образовавшиеся в ходе тектонических процессов без участия живых организмов (магматические базальты, граниты и метаморфические гнейсы, сланцы);
- 4) биокосное вещество вещество, образовавшееся в результате совместной деятельности организмов и небиологических процессов (почва), т. е. взаимодействия живых организмов и абиогенных процессов. Это разнообразные почвы, кора выветривания, природные воды;
- 5) вещество радиоактивного распада (радиоактивные элементы и изотопы);
- 6) вещество рассеянных атомов земного происхождения и космических излучений;
- 7) вещество космического происхождения в форме метеоритов, космической пыли.

Как биологическая система, биосфера включает в свой состав продуцентов, консументов, редуцентов.

Биогеохимические функции живых организмов в биосфере:

- 1) энергетическая преобразование солнечной энергии в энергию химических связей в процессе фотосинтеза и передача ее по пищевым цепям (растения образуют свыше 98 % первичной продукции Земли);
- 2) *газовая* формирование состава атмосферы выделение и поглощение кислорода и углекислого газа, восстановление азота;
- 3) концентрационная поглощение и накопление химических элементов в тканях растений и животных, поступающих из внешней среды (C, O, N, P, S, I, Fe и др.), а при отмирании организмов происходит образование полезных ископаемых органического происхождения (нефть, уголь, торф и др.);

- 4) *окислительно-восстановительная* окисление и восстановление веществ в ходе фотосинтеза и энергетического обмена, а также извлечение из химических реакций энергии для жизнедеятельности организмов;
- 5) *деструкционная* разложение организмов после их гибели и минерализация остатков с последующим их включением в круговорот веществ.

Круговорот веществ и энергии в биосфере

Одним из важнейших свойств живых организмов биосферы является их способность к накоплению различных химических веществ и аккумуляции энергии. Процесс перехода определенного количества химических элементов из неживой природы к растениям, животным, человеку называют круговоротом веществ и энергии в биосфере.

Круговороты веществ в биосфере обусловлены жизнедеятельностью организмов, не замкнуты, в связи с чем, химические элементы накапливаются в организмах и во внешней среде.

Азот – биогенный элемент, поскольку входит в состав белков, нуклеиновых кислот. Атмосфера на 78 % состоит из азота, т. е. является его резервуаром. Однако основная часть живых организмов не может непосредственно использовать этот азот. Частично азот поступает из атмосферы в воду и почву в виде оксида азота, образующегося под действием электрических разрядов во время гроз. Но основная часть азота поступает в экосистемы в результате его биологической фиксации помощью азотфиксирующих c цианобактерий, обладающих способностью фиксировать азот атмосферы. В результате деятельности нитрифицирующих бактерий азот превращается в химические соединения – нитриты и нитраты. Нитраты поглощаются растениями, другие соединения азота (аминокислоты) используются животными организмами цепочкам. Затем после денитрификации, осуществляемой пишевым редуцентами, азот поступает в атмосферу (рис. 40 A).

Углерод выделяется организмами в процессе дыхания в атмосферу.

Атмосферный углерод поглощается листьями растений в виде СО 2

(фиксация с помощью НАДФ). Углерод также накапливается в организмах в составе органического вещества, и после их отмирания концентрируется во внешней среде в виде топливных полезных ископаемых (рис. 40 Б).

Сера поступает в почву в результате разрушения горных пород, превращается в сульфаты, вследствие ее окисления серобактериями. Затем она включается в ткани растений и вместе с остатками их органического вещества подвергается воздействию редуцентов. В результате их деятельности образуется сероводород, который снова окисляется серобактериями.

Фосфор входит в состав горных пород, и поступает в почву в результате их разрушения и при разложении трупов животных, т. к. содержится в их костях. При взаимодействии с водой образует фосфорную кислоту, которая хорошо усваивается растениями. В результате разложения редуцентами остатков

органических соединений, фосфор снова возвращается в почву, а затем – в растения.

В ходе круговоротов веществ ограниченные запасы углерода и фосфора приобретают свойства бесконечных.

Плотность жизни в биосфере

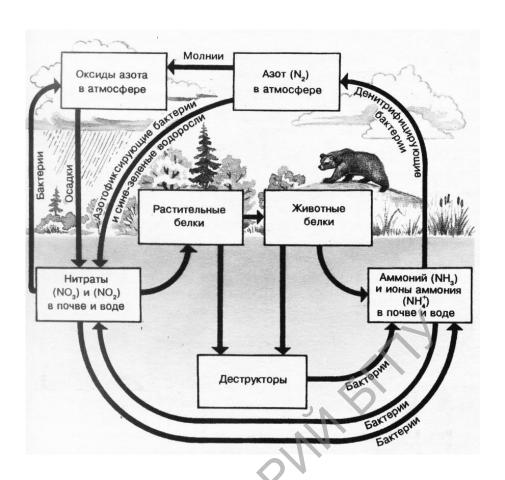
Живое вещество биосферы составляет 0,25 % всего вещества биосферы.

Плотность жизни в биосфере зависит в первую очередь климатических условий, необходимой для их жизни площади, пищевых ресурсов. Наименьшая плотность жизни (видовое разнообразие и биомасса живого вещества) отмечается в тундре. Видовое разнообразие растительного покрова и его биомасса возрастают в направлении с севера на юг. Наибольшая биомасса древесной растительности отмечается во влажных тропических лесах. Количество и разнообразие видов животных зависит от растительной биомассы и возрастает от Северного и Южного полюсов к экватору. Биомасса и количество видов на суше увеличивается от полюсов к экватору. Биомасса живого вещества на материке значительно преобладает над океанической биомассой. Биомасса живого вещества Земли составила 2423 млрд. т, причем биомасса растений суши составляет 97 %, животных и микроорганизмов – 3 %. Основную часть биомассы океана составляют животные (94 %).

Видовое разнообразие суши выше по сравнению с водной средой. В Мировом океане биомасса животных значительно превышает биомассу растений. Биомасса Мирового океана в 1000 раз меньше биомассы суши.

Значение живых организмов в биосфере

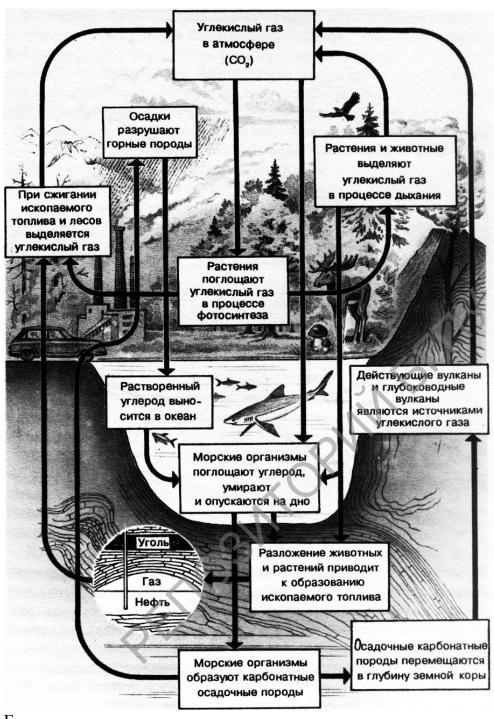
- окисление хемоавтотрофными бактериями неорганических соединений, в ходе которого выделялась энергия;
- -образование растениями органического вещества и кислорода при фотосинтезе;
- разложение редуцентами органического вещества до простых соединений, обусловливающее постоянство живого вещества;
 - -фиксация цианобактериями азота из воздуха.



A

Рис. 40. Биогеохимические циклы А. Круговорот азота в биосфере

Б – Круговорот углерода в биосфере



Б

Биосфера в период научно-технического прогресса

Экологическими проблемами биосферы в период научно-технического прогресса являются: хозяйственная деятельность человека, «парниковый эффект», истощение озонового слоя, массовое сведение лесов, отходы производства, радиоактивное загрязнение окружающей среды и др. (об этом подробнее см.: В.В. Маврищев и др. «Основы экологии»: учебное пособие, Минск, БГПУ, 2009).

ы зигрязнении о	кружиющей среові
	тепловые
Физические	шумовые
	радиоактивные
	электромагнитные
	тяжёлыми металлами
	пестицидами
	химическими веществами и элементами
Химиче ские	— нефтью и нефтепродуктами
	пластмассами
	биогенные
Биологические	микробиологические

Основные причины загрязнения и изменения биосферы:

- разрушение озонового слоя, происходящее вследствие попадания в верхние слои атмосферы газа фреона;
- образование кислотных атмосферных осадков, имеющих показатель pH менее 5,6, обусловленное выбросом оксидов серы, азота, оказывающих влияние на состояние лесов и водоемов;
- потепление климата, связанное с накопление в атмосфере в повышенной концентрации углекислого газа, т.н. «парникового» газа;
- недостаток питьевой воды, что, в превую очередь, связано с загрязнением водоемов;
- -загрязнение окружающей среды соединениями свинца, вследствие поступления в избытке в атмосферу выхлопных газов автомобилей;
- -применение повышенных доз азотных удобрений для подкормки сельскохозяйственных культур, приводящее к накоплению нитратов в растениях, вызывающих отравления у человека;
- -выбросы нефти и нефтепродуктов в естественные водоемы, приводящие к образованию пленки и замедлению газообмена между атмосферой и гидросферой;
- испытания ядерного оружия, приводящие к увеличению радиоактивных осадков;
 - вырубка лесов, приводящая к ускоренной эрозии почв;
 - -изменение климата и газового состава атмосферы;
 - воздействие радиации на почву и живые организмы.

Радиация в биосфере. Действие ионизирующих излучений на организм человека

Радиационные загрязнения биосферы имеют существенные отличия от других. *Радиоактивные нуклиды* — это ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и коротковолновые электромагнитные излучения. Эти частицы и излучения, попадая в организм, разрушают клетки.

Ионизирующая радиация — действие ионизирующих излучений на организмы и окружающую среду.

Выделяют два вида излучений:

- 1) естественное, или природное;
- 2) искусственное.

Естественное излучение — радионуклиды во внешней среде, составляющие природный радиоактивный фон. Естественный фон радиации (радионуклиды, содержащиеся в почве, воздухе, воде, космическое излучение — галактическое, солнечное) составляет 10–20 мкр/час. *Естественные радионуклиды* — Ra^{226} , Rn^{222} , Po^{210} , Pb^{210} , K^{40} , Na^{22} , H^3 , Be^7 , C^{14} , P^{32} , Cl^{36} .

Искусственное излучение — источники, используемые в медицине (рентгеновское излучение, лучевая терапия, испытания ядерного оружия, радиоактивные осадки, искусственные радионуклиды, которые образуются вследствие аварии на АЭС, радиоактивные отходы и др.).

Виды искусственных излучений — α , β , γ —излучения, поток нейтронов.

- α частицы не проникают через кожу;
- β частицы пробегают в воздухе несколько метров, попадают в дерму кожи;
- γ частицы проникают глубоко внутрь организма.

Альфа-излучение представляет опасность при внутреннем облучении организма. При внешнем поражении организма представляют опасность бета-излучение, гамма-излучение, поток нейтронов.

Внешнее облучение — облучение, которое происходит за счет излучения космического происхождения и радиоактивных нуклидов, находящихся в окружающей среде; при этом источник облучения находится снаружи организма.

Внутреннее облучение — облучение радионуклидами, которые попали внутрь организма с воздухом, водой и пищей. Основной поток радионуклидов в организм человека поступает из почвы, через воду, с продуктами питания.

Действие ионизирующих излучений на генетический аппарат человека

Ионизирующее излучение способно нарушать последовательность нуклеотидов молекулы ДНК и вызывать структурные изменения хромосом.

Повреждения генетического аппарата

Точковые мутации: Хромосомные аберрации: повреждения молекул ДНК — перестройка структуры хромосомы выпадение нуклеотидов, вставка нуклеотидов.

Paduoчувствительность — это чувствительность живых организмов к действию ионизирующих излучений. Радиочувствительность различных групп организмов определяется по показателю ЛД₅₀ (по полулетальной дозе облучения, вызывающей гибель 50 % облученных организмов). Известны диапазоны радиочувствительности некоторых групп организмов, т.е. их полулетальные дозы: растения — <math>10-1500~ Гр; протисты и бактерии — 1000-3000~ Гр, насекомые — 10-100~ Гр; рыбы —15-20~ Гр; амфибии 8-30~ Гр; болотные черепахи —13-15~ Гр; птицы —8-20~ Гр; грызуны 5-6~ Гр; хищные млекопитающие их семейства собачьих —2,5-6~ Гр; приматы —2,5-6~ Гр; человек —2,5-4~ Гр.

Наибольшей радиочувствительностью обладают такие органы человека как красный костный мозг, половые железы, тимус, лимфатические узлы и селезенка, легкие, кишечник. Красный костный мозг – высокорадиочувствительный орган, который при общем облучении дозой 1–10 Гр поражается в первую очередь, и при этом резко снижается количество эритроцитов. Однократное облучение половых желез дозой свыше 2–3 Гр может привести к постоянной стерильности. Клетки тимуса, тимоциты, отмирают в течение первых суток после облучения. Радиационное воздействие дозой 0,6–1 Гр на лимфоидную ткань приводит к разрушению части лимфоцитов, морфологическому их изменению. Легкие уязвимы при однократном облучении дозой 8–10 Гр. Поражение тонкого кишечника наблюдается при облучении дозами свыше 10 Гр. Радиационное поражение центральной нервной системы наблюдается при дозах 80–100 Гр. Помутнение хрусталика глаза возможно уже при дозе облучения 2–3 Гр.

Существует проблема облучения «малыми дозами». Чувствительность организма к этим дозам зависит от возраста. Детский организм наиболее чувствителен к действию ионизирующих излучений. В период роста у детей отмечаются нарушения митотического деления клеток, вследствие чего возможны врожденные пороки развития.

Биологические эффекты у живых организмов, вызываемые ионизирующими излучениями, подразделяются стохастические нестохастические. на Стохастические эффекты характеризуются наличием беспороговой зависимости от дозы облучения, т. е. от величины дозы не зависит тяжесть эффекта и вероятность его появления. К таким эффектам относятся генетические нарушения наследственного аппарата (повышается частота клеток с генными мутациями и аберрациями хромосом – разрывами, транслокациями, инверсиями и др.). Нестохастические эффекты характеризуются наличием пороговой зависимости от дозы облучения, причем от величины дозы зависит тяжесть эффекта и вероятность его появления. К таким эффектам относятся: лучевая болезнь, смертность, сокращение продолжительности жизни, вследствие заболеваний, индуцированные радиацией. Нестохастический пороки развития, воздействия ионизирующих излучений на организм – это острая лучевая болезнь и хроническая лучевая болезнь.

Выделяют несколько форм острой лучевой болезни (ОЛБ): костно-мозговая форма наблюдается при кратковременном облучении дозой 1–10 Гр, кишечная форма — при облучении дозой 10–20 Гр, мозговая — при облучении дозой 60–80 Гр. Для ОЛБ характерны четыре фазы развития: острой первичной реакции, латентная, разгара болезни и раннего восстановления.

Хроническая лучевая болезнь развивается, если человек облучен в течение нескольких лет дозой 0,5 Гр. В ее развитии выделяют доклиничский, клинический (формирования болезни) периоды и период исхода болезни.

Пути проникновение радионуклидов в организм: через ЖКТ -95 %, через органы дыхания -1 %, кожные покровы -0.1 %. Током крови они разносится по организму и накапливаются в нем.

Выделяют два типа распределения радионуклидов в организме:

- - 2) $\partial u \phi \phi y$ зный накапливаются Cs^{137} , K^{40} , K^{42} в мышцах.

Внутренние органы избирательно накапливают радионуклиды:

```
Hитовидная железа — I^{131} Лёгкие — H^3, Pu^{238-239}, U^{238} Селезёнка — Po^{210} Кожа — S^{35} Печень — P^{32}, Co^{60}, Cs^{137}, Po^{210}, Pu^{238-241} Лочки — Cs^{134,137}, Am^{241} Яичники — Cs^{134,137}, Co^{60}, Pu^{239}, K^{40,42}
```

Отдаленные последствия действия ионизирующих излучений на организм человека: катаракта, снижение иммунитета, лейкозы, заболевания щитовидной железы, репродуктивных органов, лёгких и др. органов.

Способы уменьшения поступления радионуклидов в организм человека: применние новых технологий переработки молочных продуктов в сливки, масло, сыры и др.; подбор ассортимента сельскохозяйственных растений, не накапливающих на соответствующих почвах радионуклиды и др.

Наибольшая концентрация радионуклидов отмечена в почках, лёгких, печени животных, Цезий накапливается в мясе старых животных, стронций — в костях молодых животных. Меньше содержится радионуклидов в свинине, телятине, поросятине; больше — в говядине. В грудной части уток, гусей, кур радионуклидов содержится меньше, чем в голенях. Богаты радионуклидами болотные ягоды.

Высокое содержание *кальция* в пищевом рационе предотвращает накопление в организме человека Sr^{90} . Высокое содержание *калия* в пищевом рационе предотвращает накопление в организме человека Cs^{137} .

В зависимости от степени накопления радионуклидов грибы делятся на три группы:

- 1) средненакапливающее Cs^{137} : строчёк обыкновенный, опёнок осенний, белый гриб, подосиновик, лисичка, шампиньон лесной, сыроежка, подберёзовик и др.;
- 2) сильнонакапливающие: зелёнка, волнушка розовая, груздь настоящий, рыжик.
 - 3) аккумуляторы Cs^{137} моховик жёлто-бурый, польский гриб, маслёнок.

Проблемы охраны природы. Красная Книга

Для сохранения биосферы разработана система природоохранных мероприятий, которая включает: проведение мониторинга — постоянного наблюдения за состоянием окружающей среды и за источниками загрязнения; создание охраняемых территорий; разведение редких и исчезающих видов животных и растений; пропаганда среди населения природоохранительной деятельности.

В 1948 г. Международный Союз охраны природы (МСОП) издал Международную Красную Книгу — официальный документ, содержащий систематизированные сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения видах). В то время в нее было занесено около 20 тыс. видов. Все виды животных и растений Красной Книги разделены на 5 категорий: 0-я — виды, исчезнувшие, не найденные в течение ряда лет; 1-я — виды, находящиеся под глобальной угрозой исчезновения, которым грозит опасность вымирания; для их существования необходимы специальные меры охраны (европейская норка, орелберкут, семга, стерлядь, пихта белая, лобелия Дотрмана и др.);

2-я — редкие виды, находящиеся *под критической угрозой исчезновения*; они встречаются в небольшом количестве и могут быстро исчезнуть (европейский зубр, бурый медведь, орлан-белохвост, филин, гребенчатый тритон, хариус, жуколень); 3-я — *уязвимые виды*, численность и ареал которых сокращается (барсук, белка-летяга, малая вечерница, большая белая цапля, черный аист, болотная черепаха, медвежий лук, кадило сарматское, водяной орех, кувшинка белая и др.); 4-я — *потенциально уязвимые виды*, т.е. имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях (серый гусь, усатая синица и др.).

В 1974 г. была издана Красная Книга СССР, в которую внесены более 1200 видов животных и растений. В 1981 г. вышло первое издание Красной Книги Белорусской ССР. В нее включено 80 видов животных, 85 видов растений. Во второе издание 1993 г. занесено 182 вида животных и 180 видов растений. В 2005 г. вышло 3-е, последнее издание Красной Книги Республики Беларусь, в которое занесли 173 вида высших сосудистых растений, 17 видов млекопитающих, 72 вида птиц, 10 видов рыб, 70 видов насекомых и др.

Для сохранения биоразнообразия, генофонда растений и животных созданы и создаются охраняемые территории — заповедники, национальные парки, заказники. Заповедники — особо охраняемые территории, на которых полностью запрещена хозяйственная деятельность человека (кроме научных исследований) и

весь природный комплекс сохраняется в естественном состоянии. Структура биосферного заповедника включает три зоны: центральная, где охраняется биологическое разнообразие растений и животных, буферная, где ведут экологический мониторинг, переходная, которая служит ДЛЯ снижения отрицательного влияния прилегающих хозяйственных территорий на природный комплекс заповедника. Национальные парки – обширные охраняемые территории сохранившимися природными комплексами, открытые ДЛЯ населения (частично или полностью), используемые в оздоровительных, культурно-просветительских целях. эстетических, научных И Национальных парков Беларуси включает следующие функциональные зоны: использования, хозяйственная. регулируемого рекреационная, Заказники – это территории, на которых постоянно или временно запрещены определенные формы хозяйственной деятельности человека.

В Республике Беларусь имеется 2 заповедника: Березинский биосферный и Полесский радиоэкологический; 4 государственных национальных парка: Беловежская пуща. Браславские озера, Припятский, Нарочанский; 560 заказников (Голубые озера, Налибокская пуща, Освейское озеро и др.).

Ноосфера — это гармоническое соединение природы и общества. В.И. Вернадский понимал ноосферу как качественно новую форму организованности, возникающую при взаимодействии биосферы и общества, как новое эволюционное состояние биосферы, без экологических проблем, целенаправленно преобразуемой в интересах мыслящего человека.

Тесты

- 1. Оболочка Земли, формирование которой связано с живыми организмами: а) биосфера; б) литосфера; в) гидросфера; г) атмосфера.
- 2. Нижний слой воздушной оболочки Земли, входящий в состав биосферы: а) литосфера; б) атмосфера; в) тропосфера.
- 3. В биосфере преобладание по массе продуцентов над консументами характерно для: а) морей; б) рек и озер; в) океанов; г) суши.
- 4. Основная масса живого вещества биосферы сосредоточена: а) в атмосфере; б) в морях и океанах; в) на континентах.
- 5. В биосфере преобладает биомасса живого вещества: **a**) продуцентов; б) консументов; г) грибов и бактерий.
- 6. Преобладание в биосфере по биомассе консументов над продуцентами характерно для: a) равнин и гор суши; **б)** океана; в) тропических лесов.
- 7. Твердая оболочка Земли, в которой граница распространения живого вещества не опускается ниже 4 км, называется: **a)** литосфера; б) атмосфера; в) гидросфера; г) тропосфера.
- 8. Первые живые организмы на Земле: **a**) *прокариоты, гетеротрофные анэробы*; б) эукариоты, гетеротрофные анэробы; в)

прокариоты, автотрофные анэробы; г) эукариоты, автотрофные анэробы; д) эукариоты, гетеротрофные аэробы.

- 9. Концентрационная функция живого вещества биосферы состоит в: а) выделении и поглощении кислорода и диоксида углерода растениями; **б)** поглощении из окружающей среды и накоплении в тканях растений и животных химических элементов; в) передаче по цепям питания органических веществ; г) усвоении растениями солнечной энергии, образовании органического вещества в ходе фотосинтеза.
- 10. Энергетическая функция живого вещества биосферы состоит в: а) выделении и поглощении кислорода и диоксида углерода растениями; б) поглощении из окружающей среды и накоплении в тканях растений и животных химических элементов; в) усвоении растениями солнечной энергии, образовании органического вещества в ходе фотосинтеза и передачи его по цепям питания.

РАЗДЕЛ 5. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Развитие эволюционных представлений

Этап метафизический. Учёные-метафизики утверждали абсолютную неизменность природы. Появилось учение креационизм — мировоззрение, основанное на религиозных представлениях о сотворении мира и отрицавшее процесс исторического развития организмов. В переводе с латинского языка на русский слово «креационизм» означает творить.

Этап эпохи ВГО (Великих географических открытий) — с середины 15 в до середины 17 в. За период ВГО было собрано много сведений о растениях и животных, в связи с чем, появилась необходимость их классифицировать.

Этап систематический. В конце 17 в. (1709 г.) английский ботаник Дж. Рэй – ввёл понятие «вид». В дальнейшем (1778 г.) это понятие углубил шведский ботаник, Карл Линней. В 1753 г. Карл Линней издал труд «Система природы», в котором объединил растения и животных в группы, выделил 14 классов животных. Он разделил все растения на 24 класса «по числу тычинок и характеру пестиков в цветках» («Система природы»). За основу первой системы органического мира К. Линней принял вид. Вид являлся низшим рангом в классификации растений и животных, элементарной единицей живой природы. К. Линней предложил в систематике принцип двойной (бинарной) номенклатуры. Недостатки системы К. Линнея состояли в том, что он учитывал при классификации 1-2 признака, которые не могли быть полным доказательством того классификация Кроме организмов. Линнея исторического родства между группами организмов. Несмотря на недостатки в систематике растений и животных, Линней является ее основоположником.

Этап сравнительно-анатомический. Сравнительная анатомия (морфология) позволяет сопоставить закономерности строения и развития органов и систем путем сопоставления животных разных систематических групп. В начале

19 в. Ж. Кювье изучил строение многих групп животных, на основании чего разработал сравнительно-анатомический метод и установил, что ископаемые и ныне живущие животные сходны по анатомическому строению (скелет туловища, череп и т. д.).

Этап трансформизма. Трансформизм — система представлений, сформировавшаяся в 18–19 вв. об исторической изменяемости (трансформации) организмов, предшествовавшая эволюционному учению. В переводе с латинского языка на русский слово «трансформизм» означает изменять, преобразовывать.

Первое эволюционное учение предложил французский ботаник и зоолог Ж.Б. Ламарк. Ж.Б. Ламарк впервые обратил внимание на связь организмов со средой, которую рассматривал как причину изменения видов. Теорию об изменяемости видов впервые выдвинул Ж.Б. Ламарк, и в 1809 г. издал труд «Философия зоологии», в котором впервые изложил теорию эволюции. Основные положения его эволюционного учения: 1) Жизнь возникла путём самозарождения, виды обладают способностью изменяться. 2) Развитие организмов идёт путём эволюции, от простых форм к сложным. Ж.Б. Ламарк выделил два пути эволюции: 1) градация – развитие от простых форм к сложным; 2) изменение организмов под воздействием окружающей среды. Ламарк считал, что градация происходит, благодаря упражнению и неупражнению органов, наследованию благоприобретённых признаков. Например, редукцию органа зрения у животных, обитающих в почве (крот, черви и др.) Ж.Б. Ламарк объяснял «неупражнением» органов. Ламарк выдвинул закон прямого приспособления, упражнения и не упражнения органов, наследования благоприобретенных признаков. В частности, формирование плавательной перепонки между пальцами у водоплавающих птиц, или длинной шеи у жирафа – результат действия закона упражнения и не упражнения органов. Недостатки системы Ж. Ламарка состояли в том, что он полагал, что изменения среды всегда вызывают у организмов полезные изменения. Кроме того, он считал, что причиной прогресса живой природы является внутреннее стремление организмов к совершенствованию.

Эволюционное учение Ч. Дарвина

Чарлз Дарвин (1809— 1882) — английский естествоиспытатель, основоположник материалистического эволюционного учения. В переводе с латинского языка слово «эволюция» означает развертывание. Эволюционное учение — раздел биологии, изучающий общие закономерности и движущие силы исторического развития органического мира.

Можно выделить общеэкономические и научные предпосылки возникновения эволюционного учения Ч. Дарвина.

Общеэкономические: возрос спрос на сельскохозяйственную продукцию, на новые сорта и породы. Научные: решающим фактором в формировании мировоззрения Ч. Дарвина о происхождении видов явились его путешествия на корабле «Бигль». В 1831 г. состоялась научно-исследовательская экспедиция Ч.

Дарвина, в ходе которой, на Галапагосских островах, он наблюдал процессы видообразования и эндемизма.

Факторы и движущие силы эволюции

В ходе эволюции действует фактор — индивидуальная наследственная изменчивость. Движущими силами эволюции являются борьба за существование и естественный отбор.

Ч. Дарвин выделил 3 формы изменчивости:

- 1. определённая, групповая ненаследственная изменчивость возникает под воздействием конкретных факторов внешней среды. Оказывает влияние на всех особей популяции. Признаки потомкам не передаются. Примеры: белокочанная капуста в условиях жаркого климата не образует кочана; уменьшение роста лошадей, выращенных в горах на однообразной бедной пище.
- 2. неопределенная, индивидуальная наследственная изменчивость возникает под воздействием мутаций генов (неизвестные факторы по Дарвину). Не является групповой или массовой, а проявляется у отдельных особей популяции. Индивидуальная наследственная изменчивость свойство организмов по некоторым признакам отличаться от родителей и передавать эти признаки потомству.
- 3. коррелятивная изменчивость. Примеры коррелятивной изменчивости: у белых кошек с голубыми глазами отмечается атрофия слухового нерва; у собак с плохо развитым шерстным покровом, недоразвиты зубы; у голубей с длинным клювом обычно длинные ноги; голуби с оперенными ногами имеют перепонки между пальцами; динноногое животное имеет длинную шею; у столовых сортов свеклы согласованно изменяется окраска корнеплода, черенков и жилок листа. Значение коррелятивной изменчивости для эволюции распространение в популяции новых наследственных изменений, которые служат материалом для отбора.

Схема действия естественного отбора

Дарвин раскрыл механизм действия естественного отбора на примере эволюции зелёной окраски у гусениц, показал ведущую роль в эволюции естественного отбора.

1.Индивидуальная наследственная изменчивость. Появление различий у особей в популяции. Население популяции обычно неоднородное.

В результате наследственной изменчивости в потомстве всех организмов появляются индивидуальные признаки, отличные от признаков родителей. Они могут быть полезными или безразличными для организма, не влияющими на его выживаемость. Возможны и вредные признаки, которые могут привести организм к гибели, или сократить продолжительность жизни. Выделяются 3 группы особей: типичные формы (особи со старыми признаками), формы с новыми признаками (мутациями), промежуточные формы. Полезные изменения способствуют лучшей выживаемости особей. Сохранение полезных признаков и уничтожение вредных

Дарвин назвал естественным отбором. Таким образом, с появлением теории Ч. Дарвина было опровергнуто положение Ж. Ламарка о том, что наследуются только благоприятные признаки.

1. *Борьба за существование*. Борьба за существование по Дарвину — все виды взаимоотношений в популяции. Между различающимися формами особей идет борьба за существование. Основная причина борьбы за существование — ограниченность территории и пищи. Выделяют три формы борьбы за существование.

Внутривидовая борьба за существование имеет место между особями одного вида, например, между самцами одного вида диких животных, за территорию или добычу. Внутривидовая борьба за существование носит наиболее острый характер, т. к. особи одного вида нуждаются в сходных условиях. Из всех форм борьбы за существование, согласно Ч. Дарвину, наиболее важной для эволюционного процесса является внутривидовая борьба во всех ее формах

Межвидовая борьба за существование — встречается между особями разных видов, например, птиц за место гнездования, особями разных видов животных (львом и гиеной) за добычу.

Борьба с неблагоприятными условиями — выживание в крайних условиях наиболее приспособленных организмов. Редукция листьев и образование длинных корней у растений пустынь, впадение в спячку бурого медведя, смена окраски и густоты меха — примеры борьбы с неблагоприятными условиями среды.

Факторы, вызывающие усиление борьбы за существование по Ч. Дарвину: Первая ее причина – повышение плотности популяции (перенаселение) и отсюда недостаточное обеспечение пишей. Многие виды размножаются в геометрической прогрессии (рыбы, черви, сорные растения). Перенаселение Дарвин считал основной причиной возникновения между организмами борьбы за существование. Вторая ее причина — неблагоприятные условия среды и относительная приспособленность организмов, их неспособность соответствовать условиям среды. Например, колебания температуры, количества влаги, света влияют на организмы. В результате наблюдается непрямая борьба за место обитания, приводящая к гибели некоторых организмов (видов). Однако сильные особи способны преодолеть неблагоприятные условия и выжить. резкое увеличение числа хищников; увеличение интенсивности размножения паразитов, вследствие чего одна часть особей гибнет, а другая — выживает.

Борьба за существование проявляется следующим образом:

типичные формы элиминируют (гибнут); формы с новыми признаками (полезными мутациями) оказываются в оптимальных условиях, меньше подвержены борьбе за существование, вследствие других потребностей в питании; промежуточные формы имеют сходство с типичными и новыми особями, и находятся в состоянии конкурентной борьбы, или соревнования.

Прямым следствием борьбы за существование является естественный отбор.

2. Естественный отбор – движущая сила эволюции

Основной *движущей силой эволюции*, по Дарвину, является естественный отбор на основе наследственной изменчивости.

Естественный отбор — процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство преимущественно особи с полезными в данных условиях наследственными изменениями, и осуществляется избирательное воспроизведение генотипов. Формы, обладающие полезными признаками, увеличиваются в численности и оставляют потомство. Классический пример естественного отбора — «промышленный меланизм»,

т. е. изменение окраски бабочки березовой пяденицы. На фоне темных стволов деревьев выжили и оставили потомство темноокрашенные бабочки, а светлолокрашенные – склевывались птицами.

Дарвин выделил особую форму естественного отбора

- *половой отбор* это отбор, обусловленный не случайным образованием брачных пар. Часто проявляется борьбой между самцами за самок, привлечением самок. Роль полового отбора стимулируется половой цикл самки, ограничивается участие в размножении особей с наименее развитыми половыми признаками.
- Ч. Дарвин пришёл к выводу, что в основе эволюции лежит *дивергенция* появление различий среди особей в популяции. Дивергенция рассматривается как результат естественного отбора, основа видообразования. Ею обусловлено многообразие видов и их относительная приспособленность к условиям существования.

В результате эволюции возникли:

адаптации — приспособленность организмов к условиям среды (покровительственная окраска, предупреждающая окраска, мимикрия, маскировка и др.);

многообразие видов; усложнение организации организмов.

Различные формы адаптаций (приспособлений): покровительственная окраска, предупреждающая и угрожающая окраски, мимикрия, маскировка, приспособительное поведение. Окраска тела у представителей различных групп животного мира, соответствующая основному фону окружающей среды, называется покровительственной. Примеры: покровительственная окраска тела у кузнечика, прозрачное тело медузы, окраска тела под фон местности, в которой куропатка, обитают животные (белая глухарь, рябчик); у бесхвостых умеренных зеленовато-бурая земноводных, обитающих широтах покровительственная окраска. Яркая предупреждающая окраска – желтые пятна на теле огненной саламандры, предупреждающие об опасности нападения. Угрожающую окраску тела имеет божья коровка. Подражание защищенного вида более защищенному виду – мимикрия. Примеры мимикрии:

муха-осовидка внешне напоминает осу; Сходство тела животного по форме и окраске с окружающими предметами — *маскировка*. Примеры *маскировки* — форма и окраска тела палочника с сучком дерева, гусеница березовой пяденицы по форме и окраске тела также маскируется под сучок; тело осьминога способно изменять окраску вследствие изменения состава пигментов специальных клеток — хроматофоров, расположенных в коже; камболовые рыбы и скаты приспособились к жизни на дне, благодаря маскирующей их тело окраске. *Приспособительное поведение* — забота о потомстве, угрожающая поза кобры, ящерицы ушастой круглоголовки и др.

Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина

Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина изложены в книге «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятных пород в борьбе за жизнь», которая была издана в 1850 г:

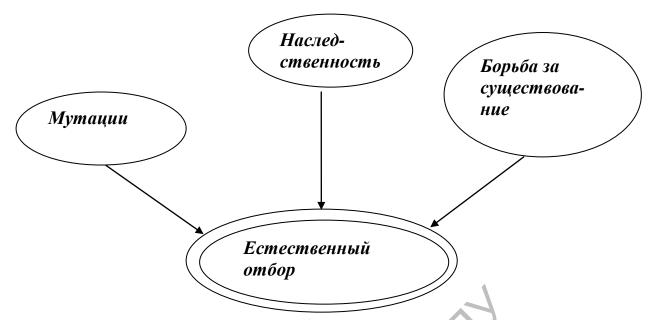
- 1. Виды никогда не были кем-то созданы.
- 2. Виды возникли естественным путем, медленно и постепенно преобразовывались и совершенствовались в соответствии с окружающими условиями.
- 3. В основе преобразования видов в природе лежат такие свойства организмов, как изменчивость и наследственность, а также постоянно происходящий в природе естественный отбор, который осуществляется через борьбу за существование.
- 4. Результатом эволюции является приспособленность организмов к условиям их обитания и многообразие видов в природе.

Значение теории Ч. Дарвина состоит в том, что он ввел естественноисторический метод в изучение природы, установил основные движущие силы эволюции органического мира, и объяснил причинноследственные связи, существующие в эволюции организмов. Дарвин доказал изменчивость видов в природе. Он также изучил причины видообразования и приспособленности организмов к окружающей среде.

Решение типовых задач

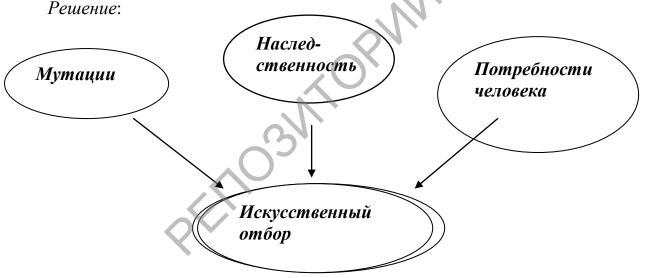
1. Покажите схематически, при участии, каких явлений, согласно Дарвину, произошли различные виды синиц, или вьюрков. Взаимосвязь явлений покажите стрелками, направленными от причины к следствию.

Решение:



Согласно Дарвину, основные факторы эволюции видов в природе — это наследственность, изменчивость (мутации) и естественный отбор, осуществляемый через борьбу за существование.

2. Изобразите схематически происхождение пород голубей.



Согласно Дарвину, основные факторы эволюции культурных форм (пород голубей) – это наследственность, изменчивость (мутации) и искусственный отбор, производимый человеком с учетом его потребностей.

3. Используя учение Ч. Дарвина о естественном отборе, докажите, что по форме и окраске тела некоторые виды сверчков напоминают муравьев, выделяющих ядовитую кислоту. Как могли возникнуть эти приспособления?

Ответ: Сходство некоторых видов сверчков по форме и окраске тела с муравьями, выделяющими муравьиную кислоту — мимикрия, которая помогает незащищенным сверчкам, не выделяющим муравьиную кислоту, выжить. Мимикрия — результат изменчивости, наследственности и естественного отбора, в

ходе которого закреплялись мутации, имеющие значимое фенотипическое проявление (форма тела и покровительственная окраска). Под воздействием факторов эволюции формировались и другие адаптации: угрожающая окраска, угрожающая поза, маскировка и т. д.

Тесты

- 1. Определите тип изменчивости: у травяных лягушек низкие температуры вызывают темную окраску (*модификационная*, мутационная, соотносительная).
- 2. У гороха с пурпурными цветками черешки и жилки листьев такого же оттенка (модификационная, мутационная, соотносительная).
- 3. У болотных птиц длинные конечности и шея всегда сопровождаются длинным клювом и языком (модификационная, мутационная, *соотносительная*).
- 4. Определите, к каким формам изменчивости организмов (мутационной, модификационной, соотносительной) относятся следующие примеры изменчивости: 1) на ферме улучшили кормление коров, и надои молока стали выше; 2) в гнезде ворон один птенец оказался белым; 3) на хорошо удобренной почве томаты образуют крупные плоды, а на бедной мелкие; 4) отсутствие зубов характерно для бесшерстных кроликов; 5) на поле все всходы погибли, а одно растение выжило как более морозостойкое; 6) среди растений табака выросло одно растение, отдельные цветки которого имели семь лепестков вместо пяти, 7) если дрозофилу облучить рентгеновскими лучами, то у потомства появляются рудиментарные крылья; 8) кроликов содержали в холоде, и шерсть у них стала гуще.

Ответ: мутационная -2, 5, 6, 7; модификационная -1, 3, 8; соотносительная -4.

- 5. Наиболее напряженно протекает борьба за существование (межвидовая, *внутривидовая*, с неблагоприятными условиями среды).
- 6. Борьба между самцами одной популяции из-за самки, или за добычу является примером борьбы за существование (межвидовая, *внутривидовая*, с неблагоприятными условиями среды).
- 7. Определите вид борьбы за существование: в посевах культурных растений сорняки отнимают влагу и питательные вещества (межвидовая, внутривидовая, с неблагоприятными условиями среды).
- 8. Процесс поедания хищниками жертв пример борьбы за существование (*межвидовая*, внутривидовая, с неблагоприятными условиями среды).
- 9. Вытеснение жалоносной европейской пчелы австралийской (местной) является примером борьбы за существование (межвидовая, *внутривидовая*, с неблагоприятными условиями среды).

- 10. Определите вид борьбы за существование: на океанических островах, где нередко бывают сильные ветры, для растений характерны стелющиеся формы (межвидовая, внутривидовая, с неблагоприятными условиями среды).
- 11. Определите тип действия естественного отбора: вследствие длительного загрязнения воды залива нефтью, в нем появилась новая популяция ракообразных, способная обитать в таких экологических условиях (стабилизирующий, движущий, дизруптивный).
- 12. Если травяные лягушки окрашены в зеленый цвет, а белые куропатки в белый цвет, то это пример: маскировки, мимикрии, *покровительственной окраски*.
 - 13. Если в тропическом лесу многие змеи неразличимы среди растений, то это пример: *маскировки*, мимикрии, покровительственной окраски.
 - 14. Схожесть многих неядовитых змей с ядовитыми пример: маскировки, *мимикрии*, покровительственной окраски.
 - 15. К факторам, вызывающим усиление борьбы за существование, Ч. Дарвин относил: а) резкое увеличение числа хищников; б) повышение плотности популяции; в) увеличение интенсивности размножения паразитов; г) достаточное обеспечение пищей; д) благоприятные условия существования популяций.

Доказательства эволюции

Для доказательств эволюционного процесса Ч Дарвин использовал данные палеонтологии, сравнительной анатомии (морфологии) и биогеографии.

Палеонтологические доказательства

Палеонтологическими доказательствами эволюции являются ископаемые переходные формы и палеонтологические (филогенетические) ряды.

1. Ископаемые переходные формы — формы организмов, сочетающие в себе признаки более древних и молодых групп.

Ископаемые переходные формы среди растений

Псилофиты (риниофиты) — первыми из растений вышли из воды на сушу и дали начало высшим споровым (мхи, папоротники). Они являются переходной формой между бурыми водорослями и высшими споровыми. Семенные папоротники — переходная форма между папоротникообразными и голосеменными. Древние голосеменные — саговниковые и беннетитовые — переходная форма между голосеменными и покрытосеменными. Они имели обоеполые стробилы, поэтому одной из гипотез происхождения цветка является стробиллярная гипотеза.

Ископаемые переходные формы среди животных

Кистеперые рыбы дали начало первым земноводным — стегоцефалам. Их плавники подобны пятипалой конечности наземных позвоночных. Иностранцевия — переходная форма между рептилиями и млекопитающими. Первоптица археоптерикс — переходная форма между рептилиями и птицами. Наличие переходных форм доказывает наличие филогенетических связей между современными и вымершими организмами.

(филогенетические) ряды Палеонтологические ископаемые формы организмов, связанные друг с другом в процессе эволюции и отражающие ход филогенеза. Например, филогенетические ряды в семействе лошадиных - от четырехпалых до однопалых лошадей: эогиппус имел 4 пальца, которые касались земли и служили опорой тела, жил в эоцене – 60 млн лет назад; мезогиппус имел 3 пальца, жил в олигоцене –36 млн лет назад; меригиппус имел 2 пальца, жил в миоцене – 25 млн лет назад, плиогиппус – имел один палец, жил в плиоцене – 13 млн лет назад.; в ледниковом периоде, около 2 млн лет назад появились современные лошади. Русский ученый В.О. Ковалевский филогенетические ряды, или ископаемые формы и доказал процесс эволюции лошади, который охватил весь кайнозой. Развитие от древних парнокопытных к современной лошади шло путем перестройки конечности, изменения черепа и зубов, увеличения роста. Боковые пальцы постепенно редуцировались, а средний - увеличивался, разрастался.

В ходе эволюции происходила смена ископаемых форм, причем более поздние ископаемые формы имели сходство с современными формами. Палеонтологические ряды доказывают существование эволюционного процесса – происхождение одного вида от другого.

Морфологические доказательства эволюции

Сравнительно-анатомический (морфологический) метод доказательства эволюции

Доказательством эволюции являются аналогичные, гомологичные, рудиментарные органы и атавизмы.

Сравнительная анатомия — наука о строении живых организмов в ходе эволюции, демонстрирующая общность их морфологии и происхождения. Для доказательства эволюции сравнительная анатомия использует данные клеточного строения, гомологии, аналогии. Клеточное строение является доказательством общности строения и происхождения организмов.

В доэволюционном периоде было обращено внимание на соответствие некоторых органов друг другу у животных разных классов. Ж. Сент-Илер впервые сформулировал понятие об аналогии в строении органов животных. Аналогией стали называть функциональное сходство органов, а органы,

выполняющие одинаковую функцию – аналогичными. Морфологическое сходство стали называть гомологией, а органы – гомологичными.

Гомологичные органы – органы, имеющие сходный план строения и общее происхождение, положение (независимо от выполняемых функций). Гомологичные органы характеризуются тем, что занимают одинаковое положение в теле животного, развиваются из сходных зачатков и имеют одинаковый план строения.

Примеры гомологичных органов (рис. 41):

- 1 Конечности наземных позвоночных (передняя лапа лягушки и ящерицы; лапа крота и медведя и рука человекообразной обезьяны). Передние конечности наземных позвоночных имеют одинаковый план строения: имеют плечевую кость, предплечье, образованное локтевой и лучевой костями, мелкие кости запястья, пястные кости и фаланги пальцев. Гомология также наблюдается при сравнении скелета задних конечностей наземных позвоночных.
- 2. Скелет конечности всех наземных и водно-наземных позвоночных состоит из одних и тех же звеньев (плечо, предплечье, кисть), сформировавшихся из одних эмбриональных зачатков; конечности наземных и водных позвоночных имеют одинаковое происхождение, но выполняют разные функции.

Гомологичные органы сформировались в результате *дивергенции*, т. е. расхождения признаков у особей в разных условиях среды обитания. Например, у позвоночных сформировались следующие типы конечностей: бегательные, прыгательные, для рытья, полёта, плавания, ползания.

Изучение гомологии позволяет понять происхождение тех или иных органов: сосущий хоботок бабочки — гомолог нижней пары челюстей других насекомых; ядовитые железы змей — гомологи слюнных желез; жало пчелы — гомолог яйцеклада других насекомых. Корневище купены лекарственной является гомологом стебля (стеблевого происхождения); клубень картофеля — гомолог стебля; иглы барбариса — гомологи листьев (листового происхождения); усики гороха — гомологи листьев.

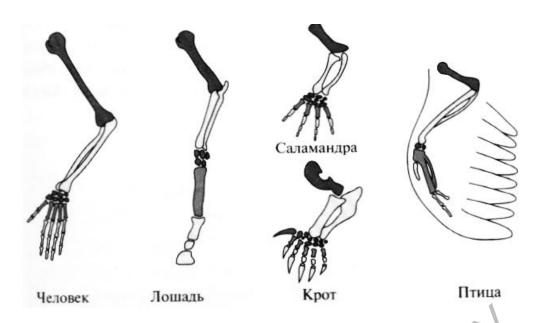


Рис. 41. Гомология конечностей позвоночных животных

Наличие гомологии указывает на общность происхождения, а различия в строении гомологичных органов говорят о дивергенции — расхождении путей эволюции данных групп в различных условиях обитания.

Известны также примеры совпадения аналогии с гомологий: аналогичны и одновременно гомологичны крыло летучей мыши и крыло птицы, т. к. они не только выполняют одинаковую функцию, но и имеют одинаковое происхождение, единый план строения. Многие органы одновременно гомологичны и аналогичны (сердце, мозг, язык, печень и т. д.). Это служит

свидетельством общего происхождения позвоночных.

Единый план строения позвоночных говорит о единстве их происхождения и является сравнительно-морфологическим доказательством эволюции.

В ходе эволюции появились различия в их строении.

Аналогичные органы — органы, имеющие внешнее сходство, выполняющие одинаковые функции, но имеющие различное происхождение. *Примеры аналогичных органов*:

- 1. Жабры головастика и жабры рыб. Они, несмотря на неодинаковое строение, выполняют одну и ту же функцию дыхания.
- 2. Хвост и спинной плавник кита и соответствующие органы рыб выполняют одну и ту же функцию, хотя происхождение их различное. Поэтому являются аналогичными органами. Сходство обусловлено сходными условиями существования, конвергенцией.
- 3. Бивни моржа являются видоизмененными клыками хищных животных. Бивни слона разросшиеся резцы. Функция этих органов сходная, значит это типичные аналогичные органы.
- 4. Трахеи насекомых, паукообразных и легкие пауков, наземных позвоночных тоже аналогичные органы.

- 5. Крылья насекомых аналогичны крыльям птиц и летучих мышей.
- 6. Жабры рыбы и жабры рака.
- 7. Крыло летучей мыши и крыло птицы.
- 8. Колючки листового и стеблевого происхождения у растений.
- 9. Лапа кошки и конечность медведки.
- 10. Глаз человека и глаз паука.
- 11. Чешуя рептилий и перья птиц.

Аналогичные органы образовались в результате конвергенции, т. е. схождения признаков в одинаковых условиях среды обитания.

Рудименты – органы, которые закладываются во время эмбрионального развития, но у взрослых особей остаются недоразвитыми и утрачивают свои функции. Рудименты являются недоразвитыми органами, утратившими свои функции. Примеры рудиментарных органов:

- 1. Среди земноводных (протеи) наблюдается недоразвитие (рудиментация) конечностей.
- 2. У желтопузика в задней части тела сохранились рудименты тазовых костей, у питона сохранились рудименты таза. Эти примеры свидетельствуют о том, что безногие формы амфибий и рептилий произошли от четвероногих форм, утративших конечности под действием естественного отбора в соответствующих условиях обитания.
- 3. Встречаются рудименты конечностей у птиц, например у новозеландского киви, лишенного крыльев. Редукция крыльев у птиц происходит в тех случаях, когда в ареале их обитания отсутствует угроза хищников. (африканский У бегающих ПТИЦ нападения страус) рудиментация первый происходит пальцев: второй пальцы отсутствуют, третий развит хорошо, а четвертый недоразвит.
- 4. Рудиментация конечностей наблюдается у некоторых млекопитающих. У гренландского кита имеются рудименты таза и бедра, которые полностью утратили связь с позвоночником. Наличие рудиментов таза и бедра указывают на происхождение китов от наземных позвоночных. У китообразных рудиментарным является и плечевой пояс.

Примерами рудиментарных органов также являются: зачатки тазовых костей у кита, свидетельствующие о том, что предки их имели хорошо развитый таз; грифельные косточки у лошади, свидетельствующие о том, что ее предки имели пять пальцев; зачатки задних конечностей у змей (питон, удав), свидетельствующие о том, что их предки имели конечности; зачаточные пальцы в скелете крыла птицы, свидетельствующие о том, что ее предки (археоптерикс) имели в крыле пять пальцев; третье веко у человека; аппендикс; кожная мускулатура, поднимающая волосы у человека.

Атавизмы — органы, которые имели место у отдаленных предков, но были утрачены в ходе эволюции. *Атавизмы* — признаки, утраченные видом в ходе

эволюции и только лишь иногда появляющиеся у отдельных особей. Примеры атавизмов: гипертрихоз — развитие волосяного покрова на теле человека; трехпалость у современных лошадей; развитие дополнительных пар млечных желез, хвоста. Появление атавизмов обусловлено тем, что в ходе онтогенеза, через много поколений, проявляется действие генов, ответственных за развитие данного признака. Атавизмы проявляются лишь у отдельных особей, в отличие от рудиментов, которые имеют место у всех особей вида.

Атавизмы и рудименты представляют историческую взаимосвязь между вымершими и ныне живущими родственными формами.

Эмбриологические доказательства эволюции

Не менее убедительные доказательства степени родства между организмами представляет наука эмбриология, которая изучает развитие зародышей организмов.

Наблюдается сходство во внешнем строении зародышей на ранних стадиях развития. Оно проявляется в изогнутой форме тела; наличии хвоста и зачатков конечностей; жаберных щелей по бокам глотки. Прослеживается сходство и во внутреннем их строении: у всех зародышей на ранних стадиях развития имеется хорда, развивается кровеносная система и др. Однако по мере развития сходство между зародышами ослабевает. Например, у зародышей кролика, человека нет уже жаберных щелей; у зародыша человека сильно развит головной отдел, у зародышей наземных позвоночных появляются пятипалые конечности.

Биогенетический закон Геккеля и МюллераБиогенетический закон — обобщенная концепция, согласно которой индивидуальное развитие (онтогенез) является кратким повторением основных этапов эволюции (филогенеза). Сформулирован в 1866 г. Э. Геккелем: «Каждая особь в индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида — зародышевые стадии своих предков в филогенезе». Связь онтогенеза и филогенеза показана в таблице 6.

Филогенез – историческое развитие органических форм.

Таблица 6 – Связь онтогенеза и филогенеза

Стадия онтогенеза	Вывод о сязи онтогенеза и	
	филогенеза на основе	
	биогенетического закона	
1 0	1 7 7	
1. Зародыш кролика имеет	1. Рыбообразные предки	
жаберные щели	кролика также имели	
2. Стадия бластулы	жаберные щели	
позвоночных животных	2. Бластула имела место у	
3. Стадия гаструлы	древних вольвоксовых	

позвоночных животных

- 4. Стадия яйцеклетки гидры
- 5. Личинка бабочки гусеница, имеющая членистое строение тела
- 6. Головастик лягушки имеет хвост, боковую линию, один круг кровообращения
- 7. У зародышей позвоночных имеется хорда
- 8. Протонема у мха многоклеточная зеленая нить

- 3. Гаструла имела место у древних кишечнополостных
- 4. Предки гидры кишечнополостные произошли от древних

одноклеточных

- 5. Предки бабочек кольчатые черви
 - б. Предки земноводныхрыбы
 - 7. Наличие хорды признак отдаленных предков позвоночных животных (ланцетников)
 - 8. Предки мохообразных нитчатые водоросли

Рекапитуляция – повторение признаков далеких предков в индивидуальном развитии современных организмов. Примеры: закладка у зародышей наземных позвоночных жаберных щелей – повторение в филогенезе их рыбообразных предков; стадия зиготы – повторение в филогенезе первобытной амебы; стадия гаструлы – повторение в филогенезе древних кишечнополостных и т. д.

Закон зародышевого сходства К.М. Бэра

ранних стадиях индивидуального развития между зародышами обнаруживается сходство. При эмбрионов организмов сравнении саламандры, черепахи, крысы и человека видно, что на ранних стадиях развития у зародышей наблюдается сходство: они имеют хвост, жаберные щели по бокам глотки, одинаковую форму тела. К. Бэр (1792–1876) доказал сходство зародышей позвоночных на ранних стадиях развития. Он сравнил зародыши позвоночных и пришел к выводу, что они не отличаются друг от друга на ранних стадиях развития, - имеют жаберные щели, хвост, по форме тела похожи на рыб. На

средних стадиях развития эмбрионы млекопитающих похожи на рыб и амфибий, рептилий. На поздних стадиях развития у них появляются значительные различия, т. е. особенности строения и развития млекопитающих. К. Бэр сформулировал закон зародышевого сходства: на ранних стадиях индивидуального развития обнаруживается сходство между зародышами различных организмов. Это позволило Э. Геккелю заключить, что в онтогенезе повторяются черты строения предков: а) на ранних стадиях развития зародыша повторяются признаки более отдаленных предков (менее родственных форм); б) на поздних стадиях развития повторяются признаки близких предков (более родственных форм). Плод человека напоминает по форме плод других млекопитающих, но резко отличается от поздних стадий развития таких позвоночных, как рыбы, амфибии, пресмыкающиеся, птицы (рис. 42). Таким образом, наблюдается повторение признаков строения далеких предковых форм (ланцетников, рыб, земноводных), что служит доказательством эволюции и родственных связей между организмами.

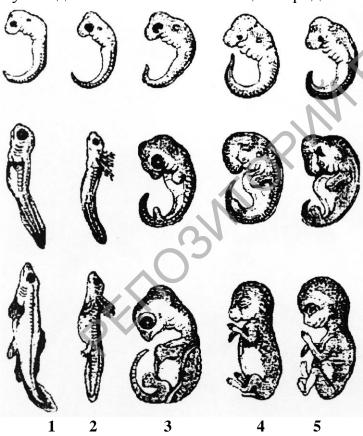


Рис. 42. Сравнение зародышей позвоночных на разных стадиях развития: 1– рыба; 2– тритон; 3– ящерица; 4– кролик; 5– человек.

Биогеографические доказательства эволюции

Между флорами континентов наблюдается сходство. Например, в Северной Америке и Евразии наблюдаются близкородственные виды — европейские и американские. В Северной Америке произрастают: ель черная, вяз американский, береза желтая, сосна Банкса, клен красный. В Евразии — близкородственные им

виды: ель европейская, вяз гладкий, береза бородавчатая, сосна обыкновенная, клен остролистный и т. д. В то же время флора некоторых материков весьма эндемична. В конце мезозоя Австралия и прилегающие к ней острова утратили связь с остальной сушей (Азией). Эта область оказалась обособленной, изолированной, поэтому здесь усилилась дивергенция и образовались эндемичные виды.

Эндемы – виды (роды), ограниченные в своем распространении небольшой географической областью. Развитию эндемизма способствуют географическая изоляция материка, или острова, климатические, почвенные условия, биотические факторы (конкуренция) и т. п. Эндемичными среди растений являются: гинкго в Центральном Китае, секвойи в Калифорнии, эвкалипты, саговники, древовидные папоротники в Австралии и др. Среди животных: яйцекладущие млекопитающие - утконос в Австралии и Тасмании, сумчатые млекопитающие - кенгуру, сумчатый медведь в Австралии, рыба латимерия, обитающая в районе о. закономерность Мадагаскар. прослеживается Такая же океанических островах (Галапагосские острова в Тихом океане, где сохранились эндемичные виды вьюрков, черепах, игуан и др.). Фауны Евразии и Северной Америки имеют много викарирующих (близких, взаимозамещающих) видов. В обеих фаунах имеются: бобры, выдры, олени, лоси, рыси, медведи и т. д., представленные викарирующими видами. Например, европейскому зубру в Северной Америке соответствует родственный (викарирующий) вид – бизон; благородному оленю соответствует викарирующий вид – олень вапити; волку обыкновенному соответствует североамериканский койот и т. обыкновенной соответствует сосна Банкса; ели европейской – ель черная; березе бородавчатой – береза желтая и т. д.

Вид и его критерии

 $Bu\partial$ — группа особей, обладающих наследственным сходством морфологических, биохимических и физиологических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определённым условиям жизни и обитающих на определённой территории- ареале.

Этапы изучения проблемы вида

В 1686 г. английский ботаник Джон Рэй не только ввел понятие «вид», но и разработал его некоторые критерии (морфологический, физиологический). Он дал определение вида: «Вид – группа особей, сходная морфологически, физиологически, способная к воспроизведению». В 1770 г., благодаря бинарной номенклатуре шведского естествоиспытателя К. Линнея, понятие вида было расширено и появились дополнительные его характеристики: 1) устойчивость группы особей одного вида при стабильных условиях; 2) дискретность – нескрещиваемость особей разных видов; 3) численность особей – показатель процветания, или несостоятельности вида. Позднее Ч. Дарвин доказал, что виды относительно устойчивы, т. к. условия среды изменяются, и действие на них оказывает естественный отбор.

На современном этапе выделены четыре характеристики вида: 1) географическая определенность (вид занимает определенный ареал); 2) экологическая определенность, т. е. вид занимает определенный биоценоз, и может существовать только в соответствующем экотопе; 3) генетическая определенность, или целостность вида — особи одного вида имеют один и тот же кариотип; 4) историческая определенность — процесс образования вида длительный.

Критерии определения вида:

- 1. *Морфологический* сходство внутреннего и внешнего строения особей одного вида. Существуют виды-двойники, сходные внешне, но не скрещивающиеся между собой. Например, различают два вида—двойника «крысы черной», имеющих в кариотипах 38 и 42 хромосомы.
- 2. *Физиологический критерий* сходство процессов жизнедеятельности в организмах особей одного вида, что позволяет им, наряду с генетическим сходством, свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство.
 - 3. Географический особи вида обитают в определенном ареале.
- 4. *Экологический* совокупность факторов внешней среды, в которой существует вид, и, которые определяют его местообитание и способ питания. Особи одного вида всегда существуют при сходной совокупности факторов внешней среды.
- 5. Генетический главный критерий вида. Для особей одного вида характерна генетическая обособленность определенный кариотип (одинаковое число, размеры и форма хромосом). В природе особи, принадлежащие к разным видам, имеют разные кариотипы. У особей одного вида возможны геномные мутации (ива козья: 2n=38 и 4n=76), при этом полиплоиды не скрещиваются с диплоидами.
- 6. Биохимический особи одного вида имеют сходную структуру ДНК, что обусловливает синтез одинаковых белков, отличающихся от белков других видов.

Для точного определения вида необходимо использовать совокупность критериев.

Популяционная структура вида

Вид состоит из популяций. Популяция — относительно изолированная группа особей одного вида, сходных по морфологическим, физиологическим, биохимическим признакам, занимающая определенный ареал, обладающая способностью к свободному скрещиванию. Популяция занимает часть ареала вида. Популяции различаются по экологической принадлежности. Выделяют экологические расы — группы популяций, живущих в разных условиях, но в пределах одного географического ареала. Например, на севере ареала выпадает больше осадков, ниже температуры, а на юге ареала — мало осадков и температуры выше; один берег реки имеет луг заливной, а другой — луг суходольный. В разных экологических условиях обитают различные экологические расы растений и животных, которые относятся к какой-то популяции. В течение многих поколений они успевают накопить аллели, которые обеспечивают высокую приспособленность особей к условиям обитания. Существуют зоны ареала, где граничат разные популяции одного вида, между ними осуществляется обмен генами, что

способствует большей изменчивости организмов и обеспечивает более высокую приспособленность вида к условиям обитания.

Современные представления об эволюции. Основные положения синтетической теории эволюции (СТЭ)

Синтетическая теория эволюции получила развитие в конце 40-х годов XX в. В ней обобщены данные дарвинизма, эволюционной генетики и экологии. Термин «синтетическая теория эволюции» предложил английский ученый Дж. Хаксли в 1942 г. Большой вклад в разработку синтетической теории эволюции внесли: Н.И. Вавилов, Н.В. Тимофеев-Ресовский, С.С. Четвериков, И.И. Шмальгаузен, Н.П. Дубинин. Э. Майр, Дж. Хаксли и др.

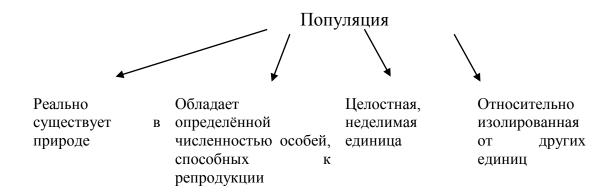
Основные положения синтетической теории эволюции по Н.Н. Воронцову:

1) исходным материалом для естественного отбора служат мутации; 2) мутации – поставщики материала для естественного отбора – носят случайный и ненаправленный характер; 3) основная движущая сила эволюции – естественный отбор; 4) наименьшая структурная единица эволюции – популяция; 5) эволюция носит дивергентный характер – один вид может стать предком нескольких видов; 6) эволюция носит постепенный и длительный характер – видообразование представляет собой последовательную смену одной временной популяции цепочкой последующих временных популяций; 7) вид состоит из множества соподчиненных морфологически, биохимически, экологически, генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов и популяций; 8) поток генов возможен только лишь внутри вида (если мутация имеет положительную селективную ценность, то она может распространяться по всем его популяциям и подвидам), 9) популяционные волны приводят к изменению концентраций аллелей в генофонде популяций.

Согласно синтетической теории эволюции *борьба за существование* — противоречивые взаимоотношения особей, направленные на их развитие и размножение, а *естественный отбор* — это избирательное воспроизведение разных генотипов.

Популяция – элементарная единица эволюции.

Популяция — наименьшее структурное подразделение вида, изменяющееся во времени. Каждая популяция эволюционирует, независимо от других популяций того же вида, и является элементарной единицей эволюции.



Свойства популяции:

- 1) занимает определённый ареал;
- 2) обладает половозрастным составом;
- 3) обладает генофондом;
- 4) характеризуется изменениями генофонда.

Стойкие изменения генофонда в популяции – элементарный эволюционный процесс.

Популяция — элементарная единица эволюции. В каждой популяции проявляются элементарные факторы эволюции: мутации, миграции особей, популяционные волны, дрейф генов, изоляция.

Элементарные факторы эволюции

Стойкие изменения генофонда популяции называются элементарным эволюционным процессом. Эти изменения состава и структуры генов в группе особей одного вида осуществляются под воздействием элементарных факторов эволюции. Элементарные факторы эволюции — факторы, вызывающие изменение генофонда популяции: мутации, миграции, популяционные волны, изоляция, борьба за существование, естественный отбор.

Мутации

В популяции постоянно действует мутационный процесс: генные мутации, затрагивающие доминантные гены; хромосомные, затрагивающие структуру хромосом и геномные – изменение числа хромосом. Примерно 10–25 % гамет одного поколения содержат мутантные аллели. Все виды мутаций вызывают заболевания и снижают жизнеспособность организмов.

В популяции встречаются доминантные и рецессивные генные мутации. Доминантные проявляются генные мутации У гетерозиготных (врожденная катаракта, короткопалость и др.). Рецессивные генные мутации – скрытые мутации, включаются в генофонд популяции в скрытом виде, не вредного воздействия особей. на поскольку гетерозиготах. Проявляются фенотипически через несколько поколений рецессивных гомозиготах (различные виды слепоты, глухонемота и др.). Генные рецессивные мутации – редки (1 гамета содержит мутацию на 100 тыс гамет, а иногда на 1 млн гамет) в поколении.

Особо опасными являются рецессивные мутации (аа), фенотипически проявляющиеся различными заболеваниями. *Типы мутаций по результату влияния на организмы:*

Мутации, обусловливающие нежизнеспособность особей; мутации, вызывающие болезни (аа); мутации, не оказывающие отрицательного воздействия (Аа). Все они составляют генофонд популяции.

Миграции — перемещение особей из одной популяции в другую популяцию. Миграции особей из популяции в популяцию — фактор изменения генофонда. В ходе миграции особей происходит обмен генами (поток генов). В ходе миграции происходит свободное скрещивание и обмен генами между особями — «поток генов», формируются новые комбинации генов в результате комбинативной изменчивости, которые включаются в генофонд популяции.

Популяционные волны («волны жизни») — колебания численности особей в популяции, вследствие изменения внешних условий за определенные периоды. В урожайные годы происходит повышение численности особей. Например, увеличение количества зайцев приводит к увеличению количества рысей и наоборот. В неурожайные годы наблюдается спад численности особей, уменьшение численности зайцев и рысей. В результате уменьшения или увеличения численности особей изменяются частоты аллелей и генотипы в популяции. Поэтому популяционные волны являются поставщиком материала для эволюционного процесса. Изменение частоты (концентрации) аллелей в популяции называется «дрейф генов».

Изоляция

Изоляция — это ограничение свободного скрещивания особей одной или разных популяций, прекращение «потока генов». Изоляция является важным фактором видообразования, т. к. способствует изменению генофонда популяции.

Выделяют две основные формы изоляции: географическую и биологическую. Геграфическая изоляция популяций связана с расчленением ареала на изолированные части географическими преградами (горными хребтами, реками, дорогами др.). Кроме того, она возможна у видов, занимающих обширный ареал, тогда популяции оказываются на большом расстоянии (барсук амурский и барсук европейский), а также у видов с разорванным ареалом (ареал соболя разорван в результате истребления человеком; наблюдается также разрыв ареала ели европейской). Географическая изоляция имеет место у растений, птиц (синица евроазиатская, синица южно-азиатская, синица восточно-азиатская), малоподвижных животных (улитки).

Различают *три формы биологической изоляции*: экологическую, морфофизиологическую и генетическую.

Экологическая изоляция обусловлена изменением условий обитания в пределах своего ареала. Она наблюдается тогда, когда внутри ареала, или биоценоза существуют преграды, препятствующие свободному скрещиванию между особями одной популяции, или разных популяций. Различают биотопическую и сезонную экологическую изоляцию. Биотопическая изоляция наблюдается, когда особи населяют

разные местообитания в пределах одного биоценоза — слабо освещенные и хорошо освещенные части биоценоза, влажные и сухие местообитания и т. д. Сезонная (репродуктивная) изоляция обусловлена неодновременным половым созреванием особей в разных экотопах. У растений, обитающих на лугу суходольном, гаметы созревают раньше, чем у растений, живущих на лугу заливном, и скрещивание между ними не происходит.

Морфофизиологическая изоляция обусловлена несоответствием строения копулятивных органов и особенностями функционирования половых желез. Гибель гамет, нарушения мейоза и др. создают препятствия скрещиванию. Генетическая изоляция наступает тогда, когда скрещивающиеся особи имеют различия в кариотипах — морфологии хромосом, их количестве и др. В таком случае возможна гибель зигот и зародышей.

Эволюционный смысл изоляции популяций заключается в отсутствии «потока генов», — обмена генов между особями и накоплении новых мутаций, появлении отличий данной популяции от других популяций этого же вида.



Возможна также межвидовая изоляция. Наиболее важной ее формой является докопуляционная, препятствующая скрещиванию изоляция. Изоляция (препятствие к свободному скрещиванию особей из разных популяций), служит начальным этапом расхождения признаков между популяциями.

Изолированная популяция в течение ряда поколений имеет свой сформировавшийся генофонд, который вследствие отсутствия потока генов, становится уникальным. В ее генофонде возникают и накапливаются мутации, закрепляемые естественным отбором, что может привести к образованию новых видов.

Борьба за существование

Борьба за существование – противоречивые отношения между организмами. Территория для борьбы за существование – экосистема. Типы борьбы за существование:

- а) борьба за пищу
- б) за территорию
- в) за свет
- г) за самку

Формы борьбы: прямая борьба и конкуренция.

Прямая борьба может быть внутривидовой и межвидовой.

Внутривидовая борьба осуществляется в двух формах: активной и пассивной. Активная форма — состязание между хищниками одной популяции за добычу. Пассивная форма — гибель слабых особей популяции, обусловленная влиянием внешних и внутренних факторов, и выживание жизнестойких, наиболее адаптированных особей популяции. Результатом внутривидовой борьбы за существование является сохранение популяции вида за счет гибели слабых особей. Ввиду вышесказанного прямую борьбу можно считать причиной появления у организмов приспособлений (адаптаций).

Межвидовая борьба — протекает в форме отношений между организмами: хищник — жертва, паразит — хозяин. Примеры межвидовой борьбы — вытеснение жалоносной европейской пчелы в Австралии местной австралийской; поедание хищниками жертв; питание растений-паразитов за счет растения-хозяина. Результатом межвидовой борьбы за существование является использование одного вида другим в качестве пищи.

Конкуренция — процесс соревнования за одни и те же условия жизни. В основе конкуренции лежат различия между особями. Наиболее остро протекает конкуренция между особями одного вида, вследствие сходных потребностей.

Выделяют следующие виды конкуренции:

- -трофическая (за пищевые ресурсы);
- -топическая (один организм своей жизнедеятельностью вытесняет другой, например ель вытесняет березу);
 - репродуктивная (за самку);
 - -внутривидовая (между особями одного вида);
 - -межвидовая (между особями разных видов).

Организм, который выдерживает конкуренцию с другими организмами, называется конкурентоспособным.

Естественный отбор

Естественный отбор — происходящий в природе процесс избирательного выживания и воспроизведения организмов в ходе эволюции, действующий через сохранение и накопление полезных для вида признаков. Естественный отбор — фактор, приводящий к выживанию наиболее приспособленных особей гибели менее приспособленных, усложнению и повышению организации организмов, относительной приспособленности их к условиям обитания. Он действует на все

организмы в любом возрасте, но успешнее для видов с большим количеством мутаций. Естественный отбор направляет эволюционный процесс гетерогенной популяции и является результатом борьбы за существование. Он основывается на преимущественном выживании и оставлении потомства наиболее приспособленными особями и гибели менее приспособленных организмов. Характерные признаки естественного отбора: 1) естественный отбор - результат борьбы за существование; 2) естественный отбор - выживание приспособленных и оставление ими потомства; 3) естественный отбор – гибель менее приспособленных; 4) естественный отбор – направляющий фактор эволюции. Естественный отбор включает в себя два противоположных и взаимосвязанных процесса: выживание более приспособленных особей на основе полезных изменений и гибель форм с бесполезными или вредными признаками. В ходе естественного отбора основное значение имеет фенотип организма: окраска, способность быстро двигаться, устойчивость к внешним факторам и др. Однако за одинаковым фенотипом могут скрываться разные генотипы (АА, Аа).

Пример. Широкое распространение инсектицидов (ядов, убивающих насекомых) привело к возникновению устойчивости к ним многих видов насекомых. В популяции 1 устойчивость определялась доминантным геном, в популяции 2 − рецессивным геном. Физиологические механизмы устойчивости в них тоже различные. В популяции №1 яд накапливался в хитиновом покрове, в популяции №2 − накопление липидов способствовало растворению ядов. Таким образом, генетические и физиологические механизмы устойчивости оказались неодинаковыми в различных популяциях. Это означает, что только совокупность свойств насекомых (физиологических и генетических) повышает вероятность их устойчивости и оставления полноценного потомства. Гибнут те особи и популяции, которые не обладают этой совокупностью свойств. Таким образом, естественный отбор − направляющий фактор эволюции, т. к. направленно изменяет фенотипический облик популяций и их генотипический состав.

Выделяют три формы естественного отбора в популяциях: движущий (направленный), стабилизирующий и дизруптивный (разрывающий), – таблица 7.

Движущий (направленный) отбор — отбор, способствующий реализации лишь одного признака (направления изменчивости) организмов, направленный на сохранение нового пизнака (рис. 43).

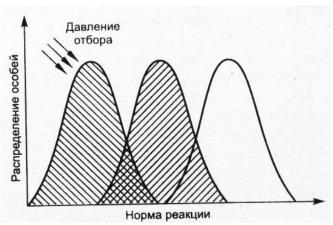


Рис. 43. Схема действия движущего отбора

Примеры движущей формы естественного отбора

Появление групп насекомых, устойчивых к инсектицидам; микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам.

Корни растений пустынь (саксаул) имеют длину до 20 м, благодаря которым приспособились к извлечению влаги из глубоких слоев почвы. Их листья в виде чешуек, что препятствует излишнему испарению и позволяет экономно расходовать влагу. Такая приспособленность растений пустынь могла возникнуть только путем естественного отбора. Шел отбор экземпляров, которые имели лучшее строение корней и листьев, и могли извлекать влагу из глубоких слоев почвы. Они выжили, благодаря положительным мутациям, и дали семена в большем количестве, чем растения неприспособленные.

Стабилизирующий отбор – отбор, направленный на сохранение в популяции ранее сложившегося, среднего признака (рис. 44). Примеры стабилизирующего отбора: у рыб сохраняется обтекаемая форма тела, плавники; у птиц сохраняется средняя длина крыла; строение цветков насекомоопыляемых растений не изменяется; средняя масса тела новорожденных.

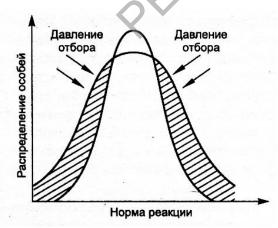


Рис. 44. Схема действия стабилизирующего отбора

Дизруптивный, или разрывающий отбор — отбор, способствующий двум или более признакам (направлениям изменчивости) организмов. Действие его направлено против сохранения среднего значения признака (рис. 45). Он приводит к разделению вида на два или более видов.

Примеры дизруптивного отбора

Среди насекомых островов, расположенных в открытом море, постоянно обдуваемых сильными ветрами происходит естественный отбор. Все насекомые, неспособные в полете противостоять сильным порывам ветра, уносятся в море и гибнут. Сохраняются или очень хорошие летуны, способные противостоять ветру, или очень плохие летуны, неспособные подняться.



Puc. 45. Схема действия дизруптивного отбора Все формы естественного отбора поддерживают равновесие популяций с окружающей средой.

Таблица 7 — Формы естественного отбора, выделяемые синтетической теорией эволюции (СТЭ)

Форма отбора	Характерные черты отбора	Примеры и результат
Движущий	Действие отбора направлено	Промышленный меланизм у
· ·	в новом направлении.	бабочек: на белоствольных
	Условия среды изменены. В	деревьях обитали белокрылые
	этих условиях происходит	бабочки. Со временем, под
	гибель особей со старыми	действием промышленного
	признаками и выживание с	смога, стволы потемнели,
	полезными мутациями. Был	белокрылые особи стали
	описан еще Ч. Дарвином.	рельефно выделяться и
	Современное описание с	склевываться птицами.
	позиций СТЭ разработано	Вследствие полезных
	Дж. Симпсоном.	мутаций появились тёмные
		бабочки, которые в

	_	,
		промышленных районах
		менее заметны для птиц на
		темных стволах, и менее
		подвержены истреблению.
		Имел место процесс
		дивергенции. Выжили особи с
		новыми признаками и дали
		потомство. Произошло
		смещение нормы реакции
		организма в сторону
		изменчивости признака.
		изменчивости признака.
Стабилизирующий	Действие отбора направлено	Живые ископаемые формы
Стаонынынрующий	на поддержание ранее	(рыба латимерия, ящерица
	сложившегося признака.	гаттерия); пятипалая
	Условия среды неизменны.	конечность у наземных
		позвоночных; средняя длина
	признаками, крайними	
	отклонениями от ранее	обтекаемая форма тела у рыб
	установившейся нормы	и др. Персистентные формы
	реакции. Отбор сохраняет	«живые ископаемые»
	норму. Его описал И.И.	сохранились в результате
	Шмальгаузен в 1946 г.	стабилизирующего отбора.
		Сохранились ранее
		образовавшиеся формы при
	~3`	постоянных условиях среды.
		Имел место процесс
		конвергенции.
Дизруптивный	Эта форма отбора	На океанических островах,
(разрывающий)	направлена против	где господствуют сильные
(puoparamo = ,)	сохранения среднего	ветры, выживают насекомые
	значения признака,	либо бескрылые, либо
	способствует сохранению	хорошие летуны. Насекомые
	двух или более крайних	со средней величиной крыла
	1	
	форм изменчивости	погибают Данная форма
	организмов. Дизруптивный	отбора ведет к внутривидовой
	отбор описал К. Мазер в	дифференцировке и
	1973 г.	полиморфизму.

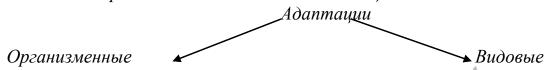
Адаптации как результат эволюции

Адаптации — целесообразные приспособления организмов, которые помогают им выживать и оставлять потомство.

Показатели сформированности адаптаций:

- а) жизнеспособность особей (способность организма нормально функционировать и развиваться);
- б) конкурентоспособность особей (способность побеждать в борьбе за существование);
 - в) фертильность способность к размножению.

Различают организменные и видовые адаптации.



Организменные адаптации свойственны организму.

В ходе эволюции закрепились следующие типы организменных адаптаций:

- 1) морфологические хитиновый покров членистоногих, опушенные листья, усики, колючки, особенности строения конечностей у животных;
- 2) физиологические устойчивые формы растений и животных к химическим препаратам; поддержание постоянной температуры тела теплокровных животных;
 - 3) этологические (поведенческие) брачные ритуалы, забота о потомстве;
 - 4) биохимические фотосинтез, биосинтез белков.

Видовые – адаптации, свойственные виду в целом (особенности организации и поведения – добывание пищи, соответствие в строении копулятивных органов у самок и самцов).

Развитие всех типов адаптаций ведет к образованию новых видов при наличии изоляции популяций.

Микроэволюция. Видообразование

Микроэволюция — процесс эволюции на видовом уровне (в популяции). Видообразование — процесс возникновения одного или нескольких новых видов на основе наследственной изменчивости и под действием естественного отбора.

Основные способы видообразования: 1) монофилетическое видообразование — превращение вида A в вид B путем преобразования вида A; 2) гибридизация — скрещивание вида A и B и образование вида C; 3) на основе дивергенции. По Дарвину видообразование обусловлено монофилией (происхождением видов от единого общего предка) и дивергенцией (расхождением признаков). Процесс видообразования связан главным образом с дивергенцией. К дивергенции признаков у организмов приводят мутации. Видообразованию способствуют: большая плодовитость, широкое расселение вида в природе, изоляция, способность особей к наследственной изменчивости,

Типы видообразования – аллопатрическое (географическое) и симпатрическое (экологическое).

Различия географического и экологического видообразования

Географическое (аллопатрическое) видообразование происходит при расширении ареала, или его расчленении на части горными хребтами, водными преградами. В севере и на юге ареала могут встречаться популяции с разными условиями жизни. Соответственно в них произойдут различные изменения генофонда, что приведет к образованию новых видов.

Экологическое (симпатрическое) видообразование происходит, когда в пределах одного биоценоза условия жизни популяций оказываются разными (например, одна популяция живет на свету, а другая – в тени). При этом отбор будет также идти в разных направлениях, что приведет к образованию новых видов. І. Аллопатрическое (географическое) видообразование — тесно связано с географической изоляцией. Ареал большой синицы разделился на 3 ареала: евроазиатский, южноазиатский и восточноазиатский, и, соответственно, сформировались 3 различных вида. Ареал ландыша майского разделен на 5 ареалов:



Пример аллопатрического (географического) видообразования: по обе стороны горного хребта травянистые растения представлены различными, но близкородственными видами. Они образовались в результате аллопатрического (географического) видообразования, которое после образования гор со временем привело к появлению различий между растениями, ранее относившимися к одному виду.

Примеры аллопатрического видообразования среди животных: барсук амурский и барсук европейский; соболь сибирский и соболь баргузинский; наличие трех подвидов большой синицы: евро-азиатского, южно-азиатского, восточно-азиатского и др.

2. Симпатрическое (экологическое) видообразование — связано с изменением условий обитания в пределах своего ареала. Это видообразование нередко осуществляется в пределах одного биоценоза. Способы симпатрического (экологического) видообразования

- 1. Образование новых подвидов, обусловленное экологической изоляцией, т. е. различными экологическими условиями мест обитания в данном биоценозе. Пример: правый берег пойма реки, затапливаемая часть биоценоза, а левый ее берег незатапливаемая часть биоценоза. Ввиду различных экологических условий в обеих частях одного биоценоза возникают различные экологические расы растений (популяции ястребинок с опушенными и неопушенными листьями) и др.
- 2. Образование новых подвидов, связанное с возникновением биологической (репродуктивной) изоляции. Постоянное скашивание пастбищ в один и тот же срок (в июле) привело к образованию сезонных рас погремка большого: первая раса растения, цветущие в июне, до скашивания и вторая растения, цветущие в августе, после скашивания. Обе расы (июньская и августовская) изолированы сроками цветения. Для них характерна т. н. репродуктивная изоляция.
- 3. Видообразование, происходящее на протяжении длительного времени в одном биоценозе. Пример: в озере, возраст которого составляет более тысячи лет, из одного исходного вида рыб возникло 5 новых видов.
- 4. Видообразование, происходящее на основе полиплоидии в неблагоприятных (экстремальных) условиях произрастания, а также на основе отдаленной гибридизации. Появление полиплоидных форм в популяции растений приводит к их репродуктивной изоляции и образованию новых видов. Поэтому значение полиплоидии в том, что полиплоиды являются материалом для естественного отбора.

В результате полиплоидии возникли циторасы у хризантем: 4n=24; 8n=48; 12n=72. Полиплоидные растения хризантем не скрещиваются с диплоидными растениями (2n =12), т. к. они генетически изолированы, обитают в других экологических условиях, и образуют экотипы, или хромосомные расы. Такой процесс нередко выявляется в природных популяциях растений, произрастающих на границах ареалов своего распространения, где экологические условия менее благоприятны, чем в центре ареала.

Распад вида на несколько подвидов чаще происходит вследствие биологической, или географической изоляции, освоения новых условий обитания, индивидуальной изменчивости и закрепления новых признаков. Изоляция является важным фактором видообразования, т. к. способствует появлению мутаций в популяции.

Задачи с ответами

Задача 1. В двух озерах, не сообщающихся между собой, живут различные виды рыб (карась, плотва, язь, лещ, судак). Учитывая, что основной структурной единицей вида является популяция, определите: а) сколько видов рыб живет в двух озерах?; б) сколько популяций рыб живет в двух озерах?; в) сколько популяций рыб живет в каждом озере?

Ответ: а) 5 видов рыб; б) 10 популяций; в) 5 популяций.

Задача 2. В естественных условиях обитают две группы мышей: у особей одной группы, благодаря мутации, увеличились части тела, что ускорило теплоотдачу, а у особей другой группы — таких мутаций не происходило. Какая группа особей в холодном климате имеет больше шансов на выживание, и какая форма естественного отбора характерна для этой группы мышей при неизменных климатических условиях?

Ответ: в холодном климате группа особей, у которой не происходило мутаций, имеет больше шансов на выживание; для нее характерен стабилизирующий отбор.

Задача 3. Некоторые особи серой крысы, благодаря широкому градостроительству, оказываются в новых условиях обитания и добывания пищи. Какие особи имеют больше шансов на выживание, и какая форма отбора происходит в данном случае среди крыс?

Ответ: мутантные особи, более адаптированные к новым условиям добывания пищи; среди этих особей происходит движущий отбор.

Задача 4. Определите аналогичные и гомологичные органы у растений:

- 1 Усики у мышиного горошка (листового происхождения). Функция опоры.
- 2 Усики у дикого винограда (стеблевого происхождения). Функция опоры.
- 3 Колючки прилистников белой акации (листового происхождения). Функция защиты.
 - 4 Колючки боярышника (стеблевого происхождения). Функция защиты.
 - 5 Колючки бодяка полевого (произошли из жилки листа). Функция защиты.
 - 6 Колючки листового происхождения у кактуса. Функция защиты.
- 7 Корневище ландыша видоизмененный побег. Функция вегетативного размножения, запасания.
- 8 Клубнелуковица гладиолуса видоизмененный побег. Функции вегетативного размножения, запасания.

Ответ: аналогичные органы -1, 2; 3-6; гомологичные органы -7, 8.

Тесты

- 1. Определите тип видообразования: в разных местообитаниях сформировались пять видов лютиков (географическое, экологическое).
- 2. Элементарными эволюционными факторами, под влиянием которых изменяется генофонд популяции, являются: а) мутации, б) новые комбинации генов, ведущие к появлению новых генотипов в популяциях, в) популяционные волны, г) географическая или биологическая изоляция популяций; д) все верно.
- 3. У морского животного имеются два подвида: один живет в литоральной зоне (зоне приливов), другой на расстоянии нескольких метров от первого, но глубже литоральной зоны. Как называется способ видообразования, который привел к образованию этих подвидов.
- 4. Классифицируйте организменные адаптации. 1- морфологические; 2- этологические: а) насиживание яиц; б) разные формы конечностей; в)

добывание и запасание пищи; г) брачные ритуалы; д) покровительственная окраска; е) форма раковины у моллюсков.

Главные направления эволюции. Макроэволюция

Выделяют два главных направления эволюции: биологический прогресс и биологический регресс.

Биологическим прогрессом А. Н. Северцов называл возрастание приспособленности потомков по сравнению с предками.

Критериями биологического прогресса являются:

- 1) увеличение численности особей.
- 2) расширение ареала.
- 3) прогрессивная дифференциация увеличение числа систематических групп, составляющих данный таксон.

Морфофизиологический прогресс – усложнение и совершенствование организации живых организмов.

Биологический регресс характеризуется снижением численности особей, (разрушением целостности ареала, уменьшением сужением разнообразия группы). Причина: отставание темпов эволюции группы от скорости изменения внешней среды. В состоянии биологического регресса находятся виды, занесенные в Красную книгу. Среди животных: уссурийский тигр, белый медведь, орел-беркут, беловежский зубр, выхухоль, орлан-белохвост, гигантская, филин, змееяд, скопа, черный аист, журавль серый, жаба камышовая и др. Среди растений: гинкго билоба, виды на границах ареалов распространения – водяной орех, чистоуст величавый, сальвиния плавающая. лобелия Дортмана, лилия-саранка и др.

Морфофизиологический регресс – упрощение в строении организмов на основе мутаций.

Макроэволюция – процесс эволюции на надвидовом уровне.

Отличительные признаки микроэволюции и макроэволюции приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнительная характеристика микроэволюции и макроэволюции

Сравниваемые признаки	Микроэволюция	Макроэволюция
1.При участии, каких	Мутации, борьба за	Дивергенция,
факторов эволюции	существование, волны,	конвергенция
происходит?	жизни, изоляция,	
	дивергенция	
2.Главная движущая	Естественный отбор	Естественный отбор
сила		
16. Какой это процесс	Видовой	Надвидовой
по отношению к		

виду		
17.В пределах каких	Популяция	Род, класс, тип, отдел
групп		
происходит?		
18. Масштабы	Малые масшабы,	Огромные масштабы,
эволюционных	процесс происходит в	процесс охватывает
процессов во	зоне ареала	континенты
времени?	популяции	
19.Доступны ли	Да	Нет
процессы		
человеку для		
наблюдения?		

Пути достижения биологического прогресса в макроэволюции

Пути достижения биологического прогресса исследовал советский биолог, теоретик эволюционного учения А.Н. Северцов (1866–1936). В макроэволюции А.Н. Северцов выделил следующие пути достижения биологического прогресса.

- 1. Арогенез
- 2. Аллогенез
- 3. Катагенез

Арогенез — путь эволюции группы организмов с их выходом в новую адаптивную зону, происходящий под влиянием ароморфозов, определяющих арогенез той или иной группы. Примеры арогенеза: возникновение и расцвет класса птиц; возникновение новых типов животных; возникновение новых отделов растений. В частности, в процессе эволюции, кольчатые черви приобрели ряд новых особенностей строения, поэтому появление этого типа животных рассматривается, как новый качественный уровень организации животных — арогенез и т. д.

Арогенезы тесно связаны с ароморфозами.

морфофизиологические Ароморфозы изменения общего значения, связанные с повышением уровня организации и жизнеспособности особей вида, арогенез той или иной группы организмов. определяющие Примерами ароморфозов у животных могут служить признаки, существенно повышающие общий уровень их анатомо-морфологической организации: трахейная система у насекомых; появление билатеральной симметрии тела у животных (плоские черви и т.д.); разделение нервной системы на центральную и периферическую, а центральной – на головной и спинной мозг (рыбы и т.д.), переход к лёгочному дыханию (земноводные и т. д.), возникновение крыла, трех, -четырёхкамерного сердца, теплокровности, развитие отделов мозга – промежуточного, среднего, коры головного дифференциация мозга у птиц; пищеварительного тракта, возникновение пятипалых конечностей у земноводных и др.

Примеры ароморфозов у растений: дифференциация тела растения на лист, стебель, корень; появление механических, проводящих, покровных и др. тканей; появление семени у голосеменных; появление цветка у покрытосеменных; возникновение фотосинтеза — основной ароморфоз для развития жизни на земле.

Аллогенез — путь эволюции группы организмов внутри одной адаптивной зоны, происходящий под влиянием алломорфозов (идиоадаптаций), определяющих аллогенез той, или иной группы. Аллогенез характеризуется возникновением близких (похожих) форм, различающихся своими алломорфозами (идиоадаптациями).

Пример аллогенеза: экологическая дифференциация у земноводных (одна адаптивная зона) в различных условиях среды обитания.



ренциация ярко выражена у представителей отряда парнокопытных.

Аллогенезы тесно связаны с алломорфозами.

Алломорфозы (идиоадаптации) — частные приспособительные изменения организмов, сформировавшиеся в конкретных условиях среды обитания без изменения общего уровня организации. Примеры алломорфозов у растений — возникновение ползучего стебля у земляники, колючки и опушенные листья у растений пустынь.

Примеры алломорфозов у животных: различные типы ротовых аппаратов у насекомых — грызуший, сосущий, колюще-сосущий и др., стадия куколки у бабочек, жуков; ласты тюленей, моржей; плавники у рыб; отсутствие шерсти у слона, покровительственная окраска; соответствие формы цветка форме тела насекомого-опылителя.

Под влиянием определенных экологических факторов формируются приспособления к конкретным условиям среды. Например, наземные (бурые) и водные (зеленые) лягушки внешне различаются по цвету кожных покровов:

*Катагене*з — путь эволюции группы организмов, связанный с их проникновением в более простую среду обитания, резким упрощением строения и образа жизни.

Дегенерация — приспособительные изменения организмов, возникающие в результате понижения и упрощения уровня общей организации организмов. Упрощение организации свидетельствует о процветании паразитических организмов.

Примеры дегенерации: утрата листьев, развитой корневой системы у ряски. Дегенерация связана с пассивным, паразитическим образом жизни и постоянством условий среды. Например, у бычьего цепня отсутствуют дыхательная, кровеносная, пищеварительная системы; упрощение организации у летучих мышей и др.

В ходе ароморфозов, идиоадаптаций и дегенераций у организмов появлялись различные приспособительные признаки. Направления эволюции и соответствующие им приспособительные признаки организмов, возникшие в ходе эволюции, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Главные направления эволюции

<u> 1аолица 9 – 1 лавные наг</u>	травления эво	люции	
Приспособительные	признаки	организмов,	Направление
возникшие			эволюции
в ходе эволюции			
Животные			Anguardos
Musomnoic		3// 4	Ароморфоз
Возникновение много	клеточности	W.	
Возникновение хордь	и у позвоночн	ых животных	
Образование пятипал	ых конечност	ей	
Образование у земно	оролиых в хо	ле эропюнии	
3-х камерного		вух кругов	
кровообращения	сердци, ді	ул кругов	
Образование у зег			
кровообращения; поя	вление у них .	легких	
р _{оочин} иоронно топ			
	покровности оявление у	у птиц и ч них 4-х	
камерного сердца	оявление у	них 4-х	
камерного сердца			
Усложнение строения	н головного м	озга	
Внутреннее оплодотв	орение		
Растения			
1. Возникновение фо	тосинтеза		

- 2. Дифференциация тела растения на лист, стебель, корень
- 3. Появление различных типов растительных тканей (механических, проводящих, покровных и др.)
- 4. Появление цветка и плода у покрытосеменных
- 5. Многообразие соцветий
- 6. Появление семени у голосеменных
- 7. Двойное оплодотворение у покрытосеменных
- 8. Появление покрытосеменных в мезозойскую эру

Животные

- 1. Образование ластов у тюленей и моржей
- 2. Образование плавников у рыб
- 3. Утрата конечностей у китов и змей
- 4. Утрата четырех пальцев из пяти у лошади
- 5. Утрата густого шерстного покрова у слона
- 6. Образование хобота у слона
- 7. Удлинение шеи у жирафа
- 8. Возникновение различных типов ротовых аппаратов у насекомых
- 9. Покровительственная окраска у животных

Растения

- 1. Появление лазающего стебля у винограда или ползучего стебля у земляники
- 2. Появление крыловидных придатков на плодах клена
- 3. Образование длинных корней у растений

пустынь

- 4. Появление приспособлений к опылению
- 5. Листопадность
- 6. Автотрофное питание
- 7. Появление различных жизненных форм

Алломорфоз (идиоадаптация)

8. Появление ветроопыляемых растений	
Животные	Дегенерация
1.Утрата органов пищеварения и кровообращения у паразитических ленточных червей	
Растения	
1. Редукция многоклеточных заростков у семенных растений	
2. Редукция архегониев у покрытосеменных растений	A
3. Утрата корней, хлорофилла и листьев у повилики	
4. Утрата листьев, развитой корневой системы у ряски	

Ароморфозы и алломорфозы у различных групп растений

Ароморфозы у водорослей: возникновение таллома, размножение зооспорами, спорами, появление различных форм полового процесса – изогамия, гетерогамия, оогамия.

Алломорфозы у вооорослей: наличие определённых пигментов, накопление специфических запасных веществ.

Ароморфозы у моховидных: появление различных тканей (проводящей, механической, покровной), дифференциация тела на стебель и лист.

Алломорфозы у моховидных. Для моховидных характерны: примитивный тип водного режима — водоносные клетки у сфагнума, накапливающие воду, органы прикрепления — ризоиды у кукушкина льна, олиготрофность — способность произрастать на бедных почвах, невысокая способность к фотосинтезу.

Ароморфозы папоротниковидных: дифференциация тканей более сложная, чем у моховидных, вегетативные органы — корневище, стебель укороченный и вайи (макрофильные листья), спорофитная линия эволюции.

Алломорфозы у папоротниковидных: разнообразие жизненных форм (древовидные, эпифиты, эпифиллы) и форм вегетативного размножения (корневище, лист), наличие спорангиев со специальным кольцом для рассеивания спор, гаметофит (заросток), на нижней стороне которого находятся ризоиды.

Ароморфозы у голосеменных: Появление пыльцы, семени, трахеид. Алломорфозы у голосеменных: лист игловидной формы, покрытый кутикулой для меньшего испарения влаги, семена с крыловидными придатками, пыльца с воздушными мешками.

Ароморфозы покрытосеменных растений: цветок, плод, двойное оплодотворение, сосуды ксилемы. Алломорфозы покрытосеменных: различная окраска цветков, нектарники, специальные приспособления у семян к распространению; различные формы вегетативного размножения (корневыми отпрысками, корневищами, усами и др.).

Закон смены путей эволюции А.Н. Северцова — в ходе эволюции происходит смена арогенеза аллогенезом или ароморфоза алломорфозом (рис. 46).

После выхода организмов в новую адаптативную зону (арогенеза) у них появляются ароморфозы — усложнения морфофизиологической организации, которые дают преимущества организмам в борьбе за существование, но не обеспечивают биологический прогресс.

Затем за ароморфозами у данной группы организмов вырабатываются алломорфозы (идиоадаптации) — частные приспособления, которые открывают перед организмами возможность прогрессивного развития без повышения уровня морфофизиологической организации.

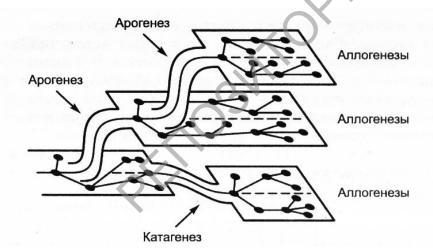


Рис. 46. Схема соотношений между арогенезом (ароморфозом), аллогенезом (идиоадаптацией) и катагенезом (дегенерацией) по А.Н. Северцову.

Способы осуществления эволюции и достижения биологического прогресса

Известны три способа осуществления макроэволюции и достижения биологического прогресса: *дивергенция*, конвергенция, параллелизм.

Дивергенция – процесс формирования различных признаков у родственных организмов. Дивергенция характеризуется как сходством, так и различиями. Сходство – общее происхождение организмов, различия возникают вследствие

приспособления к разным условиям среды. В основе дивергенции лежит экологическая дифференциация родственной группы организмов.

Примеры дивергенции

- 1. Дивергенция среди бесхвостых земноводных: а) бурые наземные лягушки; б) зеленые водные лягушки; в) квакши древесные лягушки и др. Формирование различных признаков у лягушек обусловлено их экологической дифференциацией, в результате чего, между особями, наряду со сходством появляются различия. Общие признаки морфофизиологической организации сохраняются ввиду общего происхождения особей. Наряду с этим между ними усиливаются различия, которые проявляются не только в особенностях морфофизиологической организации, но и в приспособлениях организмов к разным условиям среды.
- 2. Возникновение разных по морфологии подвидов галапагосских вьюрков. В основе дивергенции лежит экологическая дифференциация. Трофическая конкуренция за пищевые ресурсы привела к расселению вьюрков по экологически различающимся местообитаниям. Между особями появились различия по образу жизни, типу питания. Под воздействием элементарных факторов эволюции (мутационный процесс, изоляция, естественный отбор и др.) у особей появились новые признаки, например, различные формы клюва, которые привели к распаду исходного вида на два и более новых вида.
- 3. Процесс видообразования у гавайских цветочниц. Гавайские цветочницы представители семейства воробьиных, имеют сходную форму тела. Обитают в определенных ландшафтах. Одни гнездятся на плодоносящих деревьях, другие на ярко цветущем кустарнике, третьи на траве с преобладанием злаков. В зависимости от пищевой специализации клюв их сильно варьирует от короткого, массивного у зерноядных видов, до тонкого длинного и изогнутого у видов, питающихся нектаром. Выявлена также промежуточная форма клюва у птиц, использующих в пищу сочные плоды. Таким образом, в основе видообразования у гавайских цветочниц лежит процесс экологической дифференциации.
- 4. Дивергенция среди млекопитающих. В результате экологической дифференциации класс млекопитающих распался на отряды: парнокопытных, непарнокопытных, ластоногих и т. д.
- 5. Возникновение различных видов синиц. Известны разные виды синиц: городская, лесная и др. Эти виды образовались при участии многих факторов эволюции. В частности, в различных экологических условиях формировались различные признаки в ходе процесса дивергенции.
- 6. Разнообразие в строении нижних конечностей у птиц, обусловленное экологическими различиями мест обитания, различием способов движения и добычи пищи. Движения птиц разнообразны: они могут бегать (страусы), прыгать по земле (воробьи), плавать на поверхности (утки), в толще (пингвины) воды, лазать по деревьям (дятлы) и т. д.

Причины дивергенции:

- 1 трофическая конкуренция;
- 2 расселение организмов по разным экологическим нишам, и вследствие выхода из конкурентной борьбы, появление различий по образу жизни и способу питания;
- 3 действие элементарных факторов эволюции, обусловливающих появление новых признаков.

Результаты дивергенции:

- 1. Появление новых признаков, приводящих к распаду исходного вида на два дочерних;
 - 2. Возникновение гомологичных органов.

Конвергенция — процесс эволюционного развития двух или более неродственных групп организмов в сходном направлении, вследствие чего у них происходит образование аналогичных органов.

Примеры конвергенции: конечности у медведки (класс насекомые)

и крота (класс млекопитающие) имеют внешнее сходство, выполняют одинаковые функции, но образовались из разных эмбриональных зачатков.

В основе конвергенции лежит одинаковая экологическая среда обитания, вследствие чего между особями возникает внешнее сходство. Пример: сходная форма тела акулы, пингвина, дельфина. Сходство только внешнее, т. к. по строению отдельных систем эти организмы различаются. Дельфин относится к классу млекопитающих, акула – к хрящевым рыбам, пингвин – к классу птиц.

В результате конвергенции возникают аналогичные органы, разные по происхождению, но сходные по внешнему строению и выполняющие в одинаковой среде обитания сходную функцию.

Параллелизм — это процесс развития первоначально дивергировавших родственных групп организмов в сходном направлении. Параллелизм широко распространен среди сумчатых и плацентарных млекопитающих. Животные этих двух линий (волк и сумчатый волк; обыкновенный крот и сумчатый крот и др.) схожи, как по внешнему облику, так и по особенностям образа жизни. Примерами параллелизма являются: развитие саблезубости у различных представителей подсемейств кошачьих; эволюция одногорбого и двугорбого верблюдов в Африке и Центральной Азии; одинаковые группы крови у человека и шимпанзе. Путем параллелизма развивались приспособления к водному образу жизни в трех линиях эволюции ластоногих (моржи, ушастые и настоящие тюлени); у нескольких групп крылатых насекомых передние крылья преобразовались в надкрылья; кистеперые рыбы имели признаки строения, характерные земноводным.

Параллелизм объясняется сходством генотипа родственных групп и сходными рядами наследственной изменчивости, т. к. в генофондах родственных видов появились сходные мутации.

Тесты

- 1. Определите, к какому процессу (конвергенции или дивергенции) можно отнести названные виды организмов:?
- 1) медведка и крот (сходство форм передних конечностей); 2) лютик жестколистный и лютик едкий (различия в строении); 3) заяц-беляк и заяц-русак; 4) медведь белый и бурый; 5) акула и дельфин (форма тела); 6) виноградная улитка и улитка-прудовик (форма раковины); 7) речной рак и краб (клешни); 8) кенгуру и тушканчик (длинные задние конечности); 9) лягушка и жаба; 10) летучая мышь и птица (крылья); 11) кит и акула (форма тела).

Ответ: конвергенция: 1, 5. 8, 10, 11; дивергенция: 2, 3, 4, 6, 7, 9.

- 2. Возникновение сходных приспособлений к полету крыльев у насекомых, птиц и летучих мышей это пример: а) дивергенции; б) конвергенции; в) катагенеза.
- 3. Возникновение у птиц крыла, четырехкамерного сердца, коры головного мозга это пример: а) ароморфоза; б) идиоадаптации; в) дегенерации.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Биохимическая гипотеза происхождения жизни на Земле

Согласно биохимической гипотезе процесс возникновения жизни включает следующие этапы:

1. Начальный (подготовительный) этап

Земная кора — косное вещество. При температуре $8000\,^{\circ}\text{C}$ в ней осуществлялись термоядерные процессы, которые приводили к образованию газов: CO_2 , NO_2 , N_2 , CH_4 , CO. Образование трещин в земной коре привело к выделению газов и формированию первичной атмосферы, не содержащей O_2 . Когда температура понизилась до $100\,^{\circ}\text{C}$, произошла конденсация газов, выпали ливни, и земная кора оказалась под океаном.

- 2. Этап возникновения органических веществ, или абиогенный синтез. Абиогенный синтез синтез органических соединений без участия живых организмов, в результате которого, возникли аминокислоты, белки, липиды, пурины, пиримидины, нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, полисахариды и др. В 1953 г. американский биохимик С. Миллер сконструировал прибор, с помощью которого можно было имитировать условия первозданной Земли. Он использовал камеру со смесью NH₃, H₂, CH₄ «атмосферу» и воду «океан». Воду нагревали, и в «атмосферу» поступали водяные пары. В камеру с «атмосферой» монтировались электроды для получения электрических разрядов, имитировавших молнии источник энергии для химических реакций. В результате эксперимента были получены аминокислоты, органические кислоты, альдегиды, пуриновые и пиримидиновые основания, сахара.
 - 3. Образование коацерватных капель

Согласно коацерватной гипотезе Опарина-Холдейна коацерватные капли – соединение белковых молекул, которые соединялись друг с другом, и отделялись мембраной от окружающей среды.

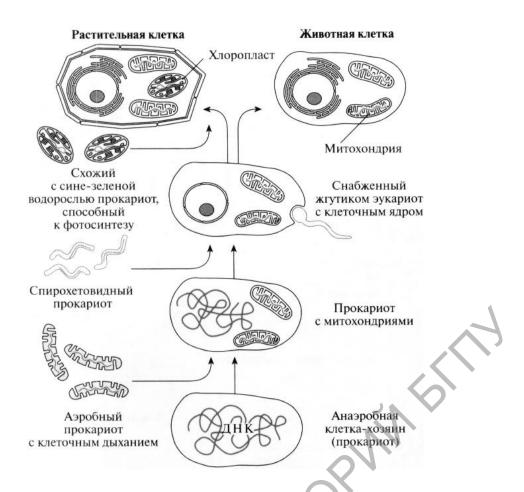
- 4. Возникновение примитивных самовоспроизводящихся организмов
- В результате взаимодействия ДНК с белком появились первые гетеротрофные организмы (гетеротрофные бактерии).
 - 5. Появление автотрофных организмов (цианобактерий)

Эволюция эукариотической клетки

Первыми сформировались прокариотические клетки (клетки бактерий и эндосимбионтов, разработанной Л.С. цианобактерий). Согласно гипотезе Маргулис, исходной клеткой была анэробная гетеротрофная прокариотическая. Такие анэробные клетки обладали амебоидным движением и питались аэробными бактериями. В цитоплазме анэробных гетеротрофных прокариот аэробные бактерии не переваривались, а превращались в митохондрии. В результате митохондриями. прокариотические клетки образовались c Аналогичное Гетеротрофные происхождение имеют жгутики. прокариоты питались спирохетовидными бактериями, клетки которых имели жгутики. В результате образовались животные клетки, снабженные жгутиком, в которых постепенно сформировалось ядро (рис. 47). Некоторые из подвижных эукариот поглотили цианобактерий, содержащих хлоропласты, т. е. способных к фотосинтезу. Так появились фотосинтезирующие клетки со жгутиком, давшие начало растительной клетке.

Многоклеточные организмы произошли от колониальных жгутиковых протистов. Гипотезы происхождения многоклеточных организмов были предложены Э. Геккелем и И.И. Мечниковым.

- Э. Геккель считал, что многоклеточные организмы гастреи, напоминавшие внешне гаструлу, произошли от вольвоксоподобных колониальных жгутиковых, у которых произошло впячивание одного полюса внутри колонии, в результате чего образовался второй внутренний слой клеток. Гастрея двухслойный организм, схожий по строению с современным примитивным кишечнополостным животным.
- И.И. Мечников считал, что двухслойные многоклеточные организмы фагоцителлы, произошли от колониальных жгутиковых, которые питались путем фагоцитоза. Клетки наружного слоя захватывали пищевые частицы, которые переваривались внутри колонии. Эти клетки размножались и образовали внутри колонии внутренний слой клеток. Далее произошло разделение функции наружного и внутреннего слоев клеток: клетки эктодермы стали выполнять защитную и двигательную функцию, а энтодермы пищеварительную.



Puc. 47. Возникновение эукариотической клетки и клеточных органелл согласно гипотезе эндосимбионтов

РАЗДЕЛ 6. *ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА* Место человека в современной системе органического мира

Согласно современной систематике, человек относится к типу Хордовые, подтипу Позвоночные, классу Млекопитающие, отряду Приматы, семейству Гоминиды, роду Человек, виду Человек разумный (таблица 10).

Таблица 10 — Положение человека в современной системе органического мира

Тип	Хордовые
Подтип	Черепные, или Позвоночные
Класс	Млекопитающие
Подкласс	Плацентарные (высшие млекопитающие)
Отряд	Приматы
Семейство	Гоминиды (Люди)
Род	Человек
Вид	Homo Sapiens (Человек разумный)

Признаки, позволяющие отнести человека к типу Хордовые: на ранних этапах эмбрионального развития скелет представлен хордой, полость глотки содержит жаберные щели, нервная трубка закладывается на спинной стороне. Тело имеет двустороннюю симметрию.

Признаки, позволяющие отнести человека к подтипу Позвоночные (Черепные): по мере развития происходит замена хорды на позвоночный столб, формирование черепа и челюстного аппарата, появление скелета парных свободных конечностей, наличие пяти отделов головного мозга, формирование сердца на брюшной стороне.

Признаки, позволяющие отнести человека к классу Млекопитающие: позвоночник разделен на пять отделов, кожа покрыта волосами и содержит потовые и сальные железы, наличие диафрагмы, четырехкамерное сердце, теплокровность.

Признаки, позволяющие отнести человека к подклассу Плацентарные: наличие матки и питание плода через плаценту.

Признаки, позволяющие отнести человека к отряду Приматы: общность строения скелета, всех систем, зародышевое сходство, наличие млечных желез и диафрагмы, общие заболевания, сходство эмоциональных реакций, наличие рудиментарных органов и атавизмов, передние конечности хватательного типа, наличие ногтей и др.

Отличия человека от животных:

- 1. Прямохождение
- 2. Наличие изгибов позвоночника.
- 3. Куполообразная форма стопы.
- 4. Перестройка кисти (большой палец противопоставляется остальным и расположен ниже, чем у человекообразных обезьян; развиты хорошо мышцы, противопоставляющие первый палец остальным; характерны подвижность суставов и мышц пальцев.
 - 5. Разделение функций между конечностями.
- 6. Увеличение объема и относительной массы головного мозга $(1400-1600 \text{ cm}^3)$, тогда как у человекообразных обезьян $500-600 \text{ cm}^3$.
- 7. Тазовый пояс у человека крупнее, чем у человекообразных обезъян, т. к. внутренние органы оказывают давление не на переднюю стенку живота, а на таз.
- 8. Плечевой пояс у человека развернут, вследствие прямохождения.
- 9. Совершенное развитие высшей нервной деятельности и второй сигнальной системы.
- 10. В ходе эволюции человека объем мозгового отдела черепа постепенно увеличивался, а размер лицевого отдела черепа постепенно уменьшался.

Доказательства животного происхождения человека:

- 1. Сравнительно-эмбриологические доказательства: наличие нервной трубки, хорды, зародышевых листков, оболочек (амнион, хорион, аллантоис), жабр у эмбриона, сходство ранних стадий эмбриогенеза.
- 2. Эволюционные доказательства: рудименты (аппендикс, ушные мышцы), атавизмы.
- 3. Сравнительно-анатомические (общий план строения скелета, мышечной, кровеносной, дыхательной и др. систем).

Этапы эволюции человека

Антропогенез – теория о происхождении и эволюции человека.

В палеогене (65 млн лет назад) появились насекомоядные млекопитающие, напоминающие грызунов. От них 58-52 млн лет назад произошли древесные лемуроиды (полуобезьяны), которые расселились по всем материкам. Они дали начало высшим приматам – 38 –36 млн лет назад. Высшие приматы разделились на две ветви – широконосых и узконосых обезьян. Узконосые и обезьяны развивались независимо. Узконосые обезьяны, широконосые вследствие экологической дивергенции, разделились на две ветви: гоминоиды - высшие приматы и низшие приматы. Среди гоминоидов 30 млн лет назад жил египтопитек, прогрессивная по строению мозга обезьяна, которая 25 млн лет назад дала начало дриопитекам- человекообразным обезьянам, жившим на деревьях (представитель – проконсул африканский). Эти древесные обезьяны дали начало двум ветвям: понгидной и гоминидной. Понгидная ветвь, в свою очередь, дала начало человекообразным обезьянам, а гоминидная ветвь дала Поэтому различают человеку. семейства: начало два понгид человекообразных обезьян и гоминид – людей.

Различают 4 этапа становления человека как биологического вида:

1) протоантроп — предшественник человека, или *австралопитек*; 2) архантроп — древнейший человек (питекантроп и синантроп); 3) палеоантроп — древний человек, или неандерталец; 4) неоантроп — современный человек, или кроманьонец.

Около 3–5 млн. лет назад гоминиды были представлены двуногими человекообразными обезьянами – *австралопитеками*, рост которых 140 см, масса тела 60 кг, объем мозга 500–600 см³. Австралопитек – это исходная форма предков человека. В то же время, это переходная форма, сочетавшая признаки человека и обезьяны. Они были прямоходящими, (ходили на двух ногах), жили среди скал, использовали примитивные орудия труда (палки, камни, кости), употребляли мясную пищу. Особенности строения их костей таза и конечностей позволили предположить, что австралопитеки ходили на двух конечностях.

Австралопитеки дали начало *человеку умелому* (Homo habilis), жившему 2,5 млн. лет назад, который изготавливал из гальки первые орудия труда, имел объем мозга 500–800 см³. Человек умелый дал начало древнейшему человеку

(архантропу), который жил 1,5-1 млн. лет назад. К древнейшему человеку относят *питекантропа и синантропа*.

Первый древнейший человек, или *питекантроп* (Homo erectus) был прямоходящим, физически развитым (рост 150 см, объем мозга 900 – 1000 см³). Жили стадами в пещерах около 1 млн лет назад, пользовались огнем. Внешний облик питекантропа воссоздал антрополог М.М. Герасимов (короткая шея, плоские носовые кости, низкий лоб, надбровные дуги хорошо выражены, – отсюда второе его название – обезьяночеловек). Изготавливал орудия труда – заостренные на конце палки. Прогрессивные черты строения скелета: небольшой свод стопы и изгиб позвоночника, что обеспечивало прямохождение.

Второй древнейший человек — *синантроп*. К синантропам относится Гельдейбергский человек (Германия), живший 400 тыс лет назад. Внешний *облик синантропа*: рост 150–160 см, объем мозга 850–1200 см³, низкий лоб, надбровные дуги хорошо выражены, нижняя челюсть без подбородочного выступа. Синантроп пользовался огнем, на его стоянках обнаружены толстые слои золы, пользовался скребком и рубилом, изготовленными из камня; вел стадный образ жизни, охотился на животных, разделывал туши, одевался в шкуры, мог спасаться от холода в шкурах животных.

Местом эволюции питекантропа и синантропа являлся биоценоз. В биоценозе они входили в цепи питания, т.е. в трофические связи, и тем самым участвовали в регуляции численности особей биоценоза. Их эволюция была направлена в сторону повышения интеллекта (быстроты мышления), при этом выживали сообразительные, т. е. те, которые могли противостоять холоду, хищникам и т. д. Усиливалась гармоничность в строении тела и органа труда – кисти. Совершенствовалась корреляция «мозг—рука».

Древнейшие люди дали начало *древнему человеку* – палеоантропу (неандертальцу), жившему 150 тыс лет назад. Место его находки – долина Неандерталь (Германия). Неандертальцы физически развиты, жили семейными группами в пещерах. Внешний облик: короткая шея, большое лицо, низкий лоб, массивные надбровные дуги, рост 155–165 см, объем мозга 1400 см³, извилин мало, подбородочный выступ развит слабо. Изготавливали более сложные орудия труда – скребки, остроконечники из камня и др., одевались в шкуры животных, пользовались огнем, в общении употребляли жесты и примитивную речь. У древнейших людей впервые возник общественный образ жизни.

прямая походка, прямой лоб, малая ширина носа, высокий свод черепа, подбородочный выступ, свидетельствующий о развитии речи. Образ жизни кроманьонцев: жили родовым обществом, строили жилища, украшали их рисунками, изготавливали одежду их шкур, при общении пользовались речью, приручали животных, окультуривали растения. Изменения в строении мозга ответственных развитие умственных касались 30H, за (формировались зоны коры головного мозга, связанные с развитием речи и лобные доли). Кроманьонец был более сообразителен и гармоничен. Благодаря сообразительности, научился уходить от хищников. Он вышел из биоценоза и вывел из него животных и растений, которыми питался. Впервые занялся земледелием. Таким образом, появились первые окультуренные растения. Труд стал фактором, защитившим кроманьонца от борьбы за существование, а значит и от естественного отбора. Труд в значительной степени вытеснил движущую форму естественного отбора в антропогенезе. В эволюции человека появилась биологическая стабилизация.

В современных популяциях человека преобладает стабилизирующий отбор. Биологическими факторами эволюции человека являются все факторы и Биологические факторы СИЛ эволюции. (движущие антропогенеза), исходя из теории естественного отбора, были открыты Ч. Дарвином и обоснованы им в книге «Происхождение человека и половой отбор», которая была опубликована в 1871 г. Например, наследственность, изменчивость, борьба за существовние, движущая форма естественного отбора явились биологическими факторами антропогенеза. Роль социальных факторов в антропогенезе научно обосновал Ф. Энгельс. В 1896 г. опубликована работа Ф. Энгельса «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека», в которой показано, что труд – основной фактор эволюции человека. Рука, освобожденная от функций опоры, стала использоваться для изготовления орудий труда, морфологически функционально (большой изменилась И противопоставляться остальным). Развитию коры головного мозга и мышления у предков современного человека способствовали использование орудий труда, огня, приготовление мясной пищи, появление членораздельной речи. Основные направления гоминизации: совершенствование руки как прямохождение. Среди мозга, других социальных факторов антропогенеза следует отметить: речь, сознание, мышление. На современном этапе антропогенеза преобладает действие социальных факторов.

Человеческие расы

Расы — исторически сложившиеся экологические группы вида Человек разумный, объединенные общностью происхождения, а также наследственных, внешних особенностей (цвет кожи, глаз, волос). С биологической точки зрения расы — экотипы вида Homo Sapiens, адаптировавшиеся к различным климатическим условиям. Возникновение рас является результатом действия

такого биологического фактора эволюции, как географическая изоляция. В формировании человеческих рас (расогенезе) также немаловажную роль сыграли:

1) наследственная изменчивость, естественный отбор; 2) дивергенция; 3) аллогенез — частные приспособления; 4) параллелизм развития; 5) закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Человеческие расы рассматриваются также как систематические подразделения внутри вида Homo Sapiens. Различают европеоидную (евразийскую), монголоидную (азиатско-американскую), негроидно-австралоидную расы.

Представители европеоидной расы характеризуются узким лицом, узким выступающим носом, тонкими губами, мягкими прямыми, или волнистыми волосами, белым цветом кожи, цветом глаз от голубого до черного. Светлая кожа европеоидов пропускает ультрафиолетовые лучи и способствует предохранению организма от недостатка витамина D. Формирование узкого носа у европеоидов является приспособлением для согревания вдыхаемого воздуха.

Для представителей негроидно-австралоидной расы характерны: широкий нос, толстые губы, черный цвет глаз и кожи, черные курчавые волосы. Формирование широкого носа и толстых губ у представителей негроидной расы является приспособлением для испарения и высокой теплоотдачи. Темная кожа защищает представителей негроидной расы от ультрафиолетовых лучей, ожогов, а курчавые волосы защищают их голову от перегрева за счет воздушных прослоек.

Для представителей монголоидной расы характерны: плоское широкое лицо, выступающие скуловые кости, узкие глазные щели и косой разрез глаз, складка кожи у внутреннего угла глаз — эпикантус, жесткие черные прямые волосы, желтовато-смуглый цвет кожи и др. Эпикантус у представителей монголоидной расы является приспособлением к перенесению пылевых бурь.

Факторы возникновения рас: расселение и изоляция древних людей на разных континентах в различных климатических условиях.

Все расы равноценны в биологическом и психическом отношении, находится на одном и том же уровне эволюционного развития. Единство рас человека подтверждается появлением потомства в смешанных браках. Различия между расами обусловлены общественно-экономическими условиями, уровнем развития экономики, культуры.

Тесты

- 1. Древние ископаемые люди, относящиеся к палеоантропам это:
- а) австралопитеки; б) питекантропы; в) кроманьонцы; г) неандертальцы.
- 2. Основные направления эволюции человека: а) совершенствование руки как органа труда; б) прямохождение; в) усложнение мозга; г) все верно.
- 3. Вымершие человекообразные обезъяны, жившие на деревьях: a) австралопитеки; **б)** дриопитеки; в) орангутаны.

- 4. Отличиями человека от животных являются: а) способность изготовлять и использовать орудия труда; б) прямохождение и строение черепа; в) большой объем головного мозга; г) членораздельная речь; д) абстрактное мышление; е) все верно.
- 5. Животное происхождение человека и существование общего предка с современными человекообразными обезъянами объясняется: а) общностью строения скелета; б) общностью строения всех систем организма; в) внутриутробным развитием зародыша; г) наличием млечных желез и диафрагмы; д) зародышевым сходством на определенных стадиях, наличием рудиментов и атавизмов; е) все верно.
- 6. Расположите последовательно этапы становления человека как биологического вида: 1) архантроп; 2) палеоантроп; 3) неоантроп; 4) протоантроп.
- 7. Труд «Происхождение человека и половой отбор» написал: а) Ж. Ламарк; **б)** Ч. Дарвин; г) Ф. Энгельс.
- 8. Исходными формами предков человека являются: a) синантропы; б) австралопитеки; в) питеканьропы; г) неандертальцы.
- 9. Обезъяночеловеком (древнейшим) называют: а) питекантропа; б) сннантропа; в) неандертальца.
- 10. Первые современные люди: а) неандертальцы; б) кроманьонцы; в) питекантропы.
- 11. Человек разумный относится к типу а) млекопитающих; б) плацентарных; в) хордовых.
- 12. Человек разумный относится к классу: а) плацентарных; **б)** млекопитающих, в) хордовых.
- 13. Человеческие расы возникли под влиянием такого фактора эволюции, как: а) волны численности; б) мутации; в) географическая изоляция; г) естественный отбор.
- 14. К анатомо-морфологическим особенностям человека, связанным с прямохождением относятся: *а) сводчатая стопа*; б) цветовое зрение; в) противопоставление большого пальца кисти руки остальным пальцам; г) появление четырех изгибов позвоночника;; д) преобладание мозгового отдела черепа над лицевым.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Даливеля О.В., Кукушкина Л.М. Генетические нарушения и их проявление у лиц с особенностями психофизического развития: учебно-метод пос., Минск, БГПУ, 2009.-76 с.
- 2. 3аяц Р.Г. Основы общей и медицинской генетики / Р.Г. 3аяц, И.В. Рачковская. Минск, Вышэйшая школа, 2003. 232 с.
- 3. *Каминская* Э. А. Сборник задач по генетике. Минск. Вышэйшая школа, 1977. 128 с.
- 4. *Кукушкина Л.М.* Генетические и клинические особенности детей с нарушениями психофизического развития: учебно-метод. пос., Минск, БГПУ, 2003. 37 с.
- 5. Лемеза Н.А., Камлюк Л.В., Лисов Н.Д. Биология для поступающих в вузы: учебное пос., издание 9-е. Минск. «Издательство Юнипресс», 2010. 624 с.
- 6. Лисов Н.Д. Общая биология: 11 кл. /Н.Д. Лисов и др. Минск, 2002.
- 7. *Маврищев В.В., Кулеш В.Ф., Бонина Т.А.* Основы экологии: учеб. пос., Минск, БГПУ, 2009.-258 с.
- 8. Орехова В.А., Лашковская Т.А., Шейбак М.П. Медицинская генетика.— Минск: Вышэйшая школа, 1998.
- 9. *Песецкая Л.Н.* Сборник задач с решениями по генетике /Л.Н. Песецкая, Г.Г. Гончаренко. Минск: Сэр-Вит, 2004. 144 с.
- 10. Песецкая Л.Н. Биология: краткий курс. Минск: «Аверсэв», 2007. 317 с.
- 11. *Прищепа И.М.* Биология: тестовые задания. / И.М. Прищепа. и др.— Минск: «Новое знание», 2006. 760 с.
- 12. Рувинский А.О. Общая биология. /А.О. Рувинский и др. М, 1990. 600 с.
- 13. Цинкевич В.А. Олимпиады по биологии. Минск: Аверсэв, 2009. 143 с.
- 14. Шевченко В.А., Топорнина Н.А., Стволинская Н.С. Генетика человека. Учебник для вузов. М., Владос, 2002. 240 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Раздел 1. Основы цитологии

Клеточная теория

Клетка – структурная и функциональная единица жизни

Химический состав клетки

Обмен веществ и энергии – основа жизнедеятельности клетки

Генетический код. Биосинтез белка

Фотосинтез

Морфология хромосом

Воспроизведение клетки

Размножение организмов

Онтогенез

Раздел 2. Основные закономерности наследственности и изменчивости

Основные генетические представления и понятия

Закономерности наследования признаков

Генетика пола. Хромосомное определение пола

Наследование, сцепленное с полом

Взаимодействие неаллельных генов

Генетика популяций

Основные закономерности изменчивости

Генетические основы селекции

Генетика человека

Раздел 3. Взаимодействие организмов со средой

Абиотические факторы

Биотические факторы

Действие экологических факторов на организмы

Экосистема

Раздел 4. Биосфера

Биосфера, ее границы и состав

Круговорот веществ и энергии в биосфере

Биосфера в период научно-технического прогресса

Раздел 5. Эволюция живых систем

Развитие эволюционных представлений

Эволюционное учение Ч. Дарвина

Доказательства эволюции

Вид и его критерии

Основные положения синтетической теории эволюции (СТЭ)

Элементарные факторы эволюции

Адаптации как результат эволюции

Микроэволюция. Видообразование

Главные направления эволюции. Макроэволюция

Происхождение жизни на Земле

Раздел 6. Происхождение и эволюция человека

Место человека в современной системе органического мира

Этапы эволюции человека

Человеческие расы

Литература

Оглавление

PELLOS NILOS NILOS