**Методы клеточной биологии**

**1. Микроскопирование**

* Электронный микроскоп увеличивает до 107 раз, что позволяет изучать микроструктуру органоидов. Метод не работает с живыми объектами.
* Световой микроскоп увеличивает до 2000 раз (обычный школьный – от 100 до 500 раз) Метод позволяет изучать процессы, происходящие в живой клетке (митоз, движение органоидов и т.п.)

**2. Ультрацентрифугирование.** Клетки разрушаются и помещаются в центрифугу. Компоненты клетки разделаются по плотности (самые тяжелые части собираются на дне пробирки, самые легкие – на поверхности). Метод позволяет избирательно выделять и изучать органоиды, например, можно разделить малые (70S) и большие (80S) рибосомы.

**3. Рентгеноструктурный анализ** – изучение картины рассеивания рентгеновских лучей при прохождении их через кристалл. Позволяет выяснить взаимное расположение атомов в молекуле. Например, можно определить третичную структуру белка.

**4. Метод меченых атомов (радиография).** Если в определенном веществе заменить нормальные атомы на радиоактивные (например, N14 на N15), то его химические свойства не изменятся, но местонахождение этого атома в организме (в клетке) можно будет регистрировать.

**5. Иммуногистохимия.** Если к антителам прикрепить маркеры (радиоактивные или флюоресцентные), а затем ввести в клетку, то они соединятся с антигенами и можно будет обнаружить их местонахождение.

**Клеточная теория**

1а. Все живые организмы на Земле состоят из клеток, сходных по строению, …

1б. …химическому составу и функционированию. Это говорит об общем происхождении всего живого на Земле.

1в. Клетка является основной единицей:

* структурной (организмы состоят из клеток)
* функциональной (функции организма выполняются за счет работы клеток)
* размножения (размножение происходит за счет половых клеток).

2а. Все новые клетки образуются из уже существующих клеток путем деления и не могут образовываться из неклеточной массы.

2б. Рост и развитие многоклеточного организма происходит за счет роста и размножения одной или нескольких исходных клеток.

**Ученые**

1665 **Гук** открыл клетки на срезе пробки.

1680 **Левенгук** открыл одноклеточные организмы (сперматозоиды, эритроциты, инфузории, бактерии)

1831 **Броун** открыл ядро в растительных клетках.

1838 **Шлейден** выяснил, что ядро есть во всех растительных клетках, сделал вывод, что все растения построены из клеток, сходных по строению.

1839 **Шванн** открыл ядро в животных клетках, вывел первую клеточную теорию (п.1а).

1858 **Вирхов** дополнил клеточную теорию (п.2а).

Развитие микробиологии

**Роберт Гук**, 1665: открыл клетки на срезе пробки.

**Франческо Реди**, 1668: описал цикл развития мясной мухи и доказал невозможность ее самозарождения. Опыт: взял несколько кувшинов, положил в них гниющее мясо, часть кувшинов оставил открытыми, а часть закрыл пробкой, в следующем опыте – кисеёй. В открытых кувшинах появились мухи, в закрытых – нет.

**Антуан Ван Левенгук**, 1680: открыл живые клетки– инфузории, сперматозоиды, эритроциты, бактерии

**Лаццаро Спалаццани**, 1760: доказал невозможность самозарождения инфузорий, открыл консервирование. Опыт: взял колбу с мясным бульоном, запаял её и прокипятил. Пока колба оставалась закрытой, бульон в ней не портился. (Сторонники теории витализма сказали, что жизненная сила не может попасть в запаянный сосуд.)

**Эдуард Дженнер**, 1769: открыл оспопрививание. Работа: заметил, что пастухи и доярки меньше остальных болеют черной (человеческой оспой). Предположил, что это связано с тем, что они контактируют с коровьей оспой. Втёр слизь из оспенных пузырьков коровы в царапины на плече мальчика, а затем заразил его человеческой оспой, мальчик не заболел.

**Луи Пастер**, 1860-1880:

* Обосновал микробную теорию брожения, открыл анаэробные микроорганизмы, предложил пастеризацию (выдерживание продукта при температуре 60-80 градусов, пищевые качества сохраняются, бактерии погибают).
* Доказал, что самозарождение жизни не происходит. Сторонники теории витализма сказали Спалаццани, что жизненная сила не может попасть в запаянный сосуд. Пастер вытянул и загнул горлышко колбы, запаял, прокипятил, отломил кончик. Воздух мог контактировать с бульоном, но бактерии из воздуха не попадали туда, оседали на изгибе.
* Теоретически обосновал методику прививания (открытого Дженнером), создал прививку против бешенства.

**Роберт Кох**, 1870-1890: создал методику выделения в чистом виде и размножения на питательных средах бактерий – возбудителей заболеваний, что позволило соотнести определенную болезнь с определенным возбудителем. Открыл возбудителя туберкулеза (палочку Коха)

**И.И.Мечников**, 1880-1900: в России открыл фагоцитоз, в дальнейшем в институте Пастера создал фагоцитарную теорию иммунитета.

**Пауль Эрлих**, 1890-1910: в институте Коха разработал гуморальную теорию иммунитета (взаимодействия антител и антигенов), в 1907 создал первый химиотерапевтический препарат сальварсан против сифилиса.

**Химический состав клетки**

**Макроэлементы** (по 0,1%-0,01%, кроме главных)

* CONH (98%) – главные макроэлементы, входят в состав органических веществ – белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот.
* Р – входит в состав НК, АТФ, фосфолипидов, костей.
* Na, K – поддерживают осмотическое давление, создают электрический заряд на мембране.
* S – серные мостики в белках.
* Cl – поддерживает осмотическое давление, входит в состав желудочного сока, окислитель в лизосомах.
* Ca – входит в состав костной ткани, нужен для сокращения мышц и свертывания крови.
* Mg – входит в состав реакционного центра хлорофилла и рибосом.
* Fe – входит в состав гемоглобина и цитохромов.

**Микроэлементы** (от 0,001% и меньше), например:

* Zn – входит в состав инсулина, ДНК- и РНК-полимераз.
* I – входит в состав тироксина
* F – входит в состав зубной эмали

**Сравнение элементарного и химического состава  
живой и неживой природы**

**Есть только в живых организмах**, в неживой природе отсутствуют:

* элементы – нет
* вещества – БЖУНКи.

**Больше всего в живых организмах:**

* элементов – CONH
* вещества – [воды](http://bio-faq.ru/bio/bio047.html).
* Вода составляет 70-80% от массы живых организмов.
* Строение молекулы: электронная плотность смещена к кислороду, на нем частичный отрицательный заряд, на водородах – частичный положительный, молекула – диполь. Между + и – могут образовываться водородные связи.

### Функции воды

* 1. Благодаря маленьким дипольным молекулам вода является лучшим **растворителем** для полярных (гидрофильных) веществ. В растворенном состоянии вещества очень быстро реагируют между собой.
* 2. **Транспортная** функция: в растворенном состоянии вещества передвигаются по организму.
* 3. Вещества, на поверхности которых нет полных или частичных зарядов (гидрофобные), не могут взаимодействовать с молекулами воды, вода их выталкивает (жир, бензин). На этом основано строение и работа **биологических мембран**.
* 4. Вода обладает аномально высокой **теплоемкостью** (может поглотить много тепла и при этом почти не нагреться). За счет этого она защищает клетку от резких перепадов температуры.
* 5. Вода, как и все жидкости, **несжимаема**, обеспечивает опору для клеток (тургор) и целых организмов (гидроскелет).
* 6. Вода сама может участвовать в химических реакциях как **реагент** (реакции гидролиза, фотосинтеза и т.п.).

**Осмос**

Осмос – это движение воды через мембрану в сторону более высокой концентрации веществ.

**Пресная вода**

Концентрация веществ в цитоплазме любой клетки выше, чем в пресной воде, поэтому вода постоянно заходит внутрь клеток, которые соприкасаются с пресной водой.

* Если эритроцит попадает в пресную воду, то за счет осмоса он наполняется водой до отказа и лопается.
* У пресноводных простейших для удаления лишней воды имеется сократительная вакуоль.
* У водорослей имеется твердая клеточная стенка, которая не дает клетке лопаться.

**Пересоленая вода**

Если эритроцит попадает в пересоленую воду, то за счет осмоса вода выходит из него, и он сморщивается.

Если человек будет пить морскую воду, то в его организм поступит много солей, концентрация плазмы крови возрастет, вода будет за счет осмоса выходить из клеток в кровь. Эти соли нужно будет выводить с мочой, причем количество необходимой для этого мочи превысит количество выпитой воды.

**Изотонический раствор**

Морским и паразитическим простейшим не нужна сократительная вакуоль, потому что концентрация веществ в их цитоплазме такая же, как в соленой воде, и осмос не происходит.

Физиологический раствор – это 0,9% раствор хлорида натрия. Такую же концентрацию имеет плазма нашей крови, в такой среде эритроциты не будут ни лопаться, ни сморщиваться. В больницах раствор для капельницы делают на основе физраствора (в нем растворяют лекарства).

**Белки**

Белки (протеины) составляют 50% от сухой массы живых организмов.

Белки состоят из аминокислот. У каждой аминокислоты есть

* радикал (по ним аминокислоты отличаются друг от друга)
* аминогруппа и кислотная (карбоксильная) группа, при взаимодействии которых получается **пептидная связь**, поэтому белки еще называют полипептидами.

Пептидная связь:

**Структуры белка**

**Первичная структура** – цепочка из аминокислот, связанных пептидной связью (сильной, ковалентной). Чередуя 20 аминокислот в разном порядке, можно получать миллионы разных белков. Если поменять в цепочке хотя бы одну аминокислоту, строение и функции белка изменятся (генная мутация, например, СКА). Поэтому первичная структура считается самой главной в белке.

**Вторичная структура** – спираль. Удерживается водородными связями (слабыми).

**Третичная структура** – глобула (шарик). Четыре типа связей:

* дисульфидная (серный мостик) сильная,
* остальные три (ионные, гидрофобные, водородные) – слабые.

Форма глобулы у каждого белка своя, от нее зависят функции. При денатурации форма глобулы меняется, и это сказывается на работе белка.

**Четвертичная структура** – имеется не у всех белков. Состоит из нескольких глобул, соединенных между собой теми же связями, что и в третичной структуре. (Например, гемоглобин.)

**Свойства белков**

**1. Комплементарность**: способность белка по форме подходить к какому-нибудь другому веществу как ключ к замку.

**2. Денатурация**: изменение формы глобулы белка, вызванное внешними воздействиями (температура, кислотность, соленость, присоединение других веществ и т.п.)

* Если воздействия на белок слабые (изменение температуры на 1°), то происходит обратимая денатурация; после снятия воздействия белок вернется в исходную форму.
* Если воздействие сильное (100°), то денатурация необратимая. При этом разрушаются все структуры, кроме первичной, а затем цепочки белков перепутываются между собой, образуя неправильные связи.

**Работа адренорецептора**

В мембрану клеток встроены сигнальные белки (рецепторы). Они проходят сквозь мембрану, снаружи у них имеется рецепторная часть, а внутри клетки – реакционная.

Рецепторная часть по форме как ключ к замку подходит к молекуле адреналина (гормона надпочечников, выделяющегося при стрессе) – это **комплементарность**.

Присоединение адреналина к рецепторной части белка – это слабое воздействие. Адренорецептор обратимо **денатурирует**, и это изменение формы передается на внутриклеточную (реакционную) часть, которая проводит химическую реакцию, сообщающую клетке о присоединении адреналина.

Ферменты (энзимы) – это биологические катализаторы, они ускоряют химические реакции за счет тесного соприкосновения молекул реагирующего вещества (субстрата) и фермента.

С субстратом взаимодействует не весь белок, а только небольшой его участок – активный центр. Он подходит к субстрату по форме, как ключ к замку ([комплементарность](http://bio-faq.ru/bio/bio049.html)). Присоединение субстрата к активному центру – это слабое воздействие, белок-фермент из-за этого обратимо [денатурирует](http://bio-faq.ru/bio/bio049.html), при этом молекулы субстрата(ов):

* очищаются от водной оболочки;
* деформируются (например, поляризуются);
* определенным образом располагаются в пространстве (например, сближаются).

Всё это приводит к ускорению реакции.

**Сравнение ферментов и неорганических катализаторов**

1) И те и другие одинаково ускоряют прямую и обратную реакции.

2) Ферменты обладают специфичностью, т.е. каждый фермент проводит только одну определенную реакцию с одним определенным субстратом.

3) Ферменты работают гораздо быстрее (ускоряют реакции в миллионы и миллиарды раз, а неорганические катализаторы – в сотни и тысячи раз).

4) При нагревании все химические реакции ускоряются, а реакции, катализируемые ферментами, замедляются, потому что при нагревании белок денатурирует, и активный центр перестает подходить к субстрату как ключ к замку.

**Функции белков**

1. Сигнальная (рецепторная)

* [адренорецептор](http://bio-faq.ru/bio/bio049.html) сообщает клетке о присоединении адреналина
* родопсин разлагается под воздействием света и запускает цепочку реакций, возбуждающих палочку

2. [Ферментативная (каталитическая)](http://bio-faq.ru/bio/bio050.html)

* амилаза расщепляет крахмал до мальтозы
* каталаза расщепляет перекись водорода до воды и кислорода
* ДНК-полимераза синтезирует ДНК

3. Строительная (структурная)

* коллаген придает упругость соединительной ткани
* в основном из кератина состоят рога, копыта, ногти, волосы

4. Двигательная

* актин и миозин входят в состав [миофибрилл](http://bio-faq.ru/bio/bio032.html)
* динеин и кинезин обеспечивают движение хромосом по нитям веретена деления

5. Транспортная

* гемоглобин переносит кислород
* калий-натриевая АТФ-аза за счет энергии АТФ выкачивает из клетки 3 натрия и закачивает 2 калия

6. Защитная

* антитела (иммуноглобулины) присоединяются к антигенам, уменьшая их активность
* белки системы комплемента разрушают оболочку бактерий

7. Регуляторная

* [инсулин](http://bio-faq.ru/bio/bio037.html) ускоряет работу глюкозных переносчиков в мембране
* гормон роста (соматотропин) усиливает рост организма

8. Запасные (резервные)

* казеин – белок молока
* много белков содержится в семенах, например, бобовых

**Углеводы**

Имеют общую формулу Сх(Н2О)у, отсюда название.

Содержание: в организмах животных около 5%, в растениях и грибах – до 70% (за счет клеточной стенки).

**3 группы углеводов**

1. **Моносахара** (растворяются в воде и имеют сладкий вкус)

* Пентозы (пятиуглеродные)
  + Рибоза (входит в состав [АТФ](http://bio-faq.ru/bio/bio054.html), РНК)
  + Дезоксирибоза (входит в состав ДНК)
* Гексозы (шестиуглеродные)
  + Глюкоза (главный субстрат клеточного дыхания)
  + Фруктоза (входит в состав фруктов и меда)
  + Галактоза (входит в состав лактозы)

2. **Дисахара** (состоят из двух моносахаров, растворяются в воде, имеют сладкий вкус)

* Сахароза (свекловичный, тростниковый, пищевой сахар) состоит из глюкозы и фруктозы. Транспортируется по флоэме растений.
* Лактоза (молочный сахар) состоит из глюкозы и галактозы. Входит в состав молока.
* Мальтоза (солодовый сахар) состоит из двух глюкоз. Образуется при гидролизе крахмала амилазой.

3. **Полисахара** (состоят из множества моносахаров, в воде не растворяются, вкуса не имеют)

* Полимеры глюкозы:
  + Крахмал – запасной углевод у растений
  + Гликоген – запасной углевод у животных и грибов
  + Целлюлоза – компонент клеточной стенки растений
* Полимеры других веществ
  + Хитин – компонент клеточной стенки грибов и панциря членистоногих
  + Муреин (пептидогликан) – компонент клеточной стенки бактерий

**Функции углеводов:**

* энергетическая – глюкоза, крахмал
* строительная (структурная) – целлюлоза, хитин

**Липиды**

Это группа органических веществ, которые не растворяются в воде (гидрофобны), но растворяются в органических растворителях – бензине, эфире.

1) **Жиры** – сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и жирных (высших карбоновых) кислот. Функции:

* длительный запас энергии (при окислении 1 грамма жира выделяется 38,9 кДж – в 2 раза больше, чем при окислении 1 грамма углеводов или белков)
* запас воды (при окислении 1 г жира получается 1,1 г воды) например, у верблюда в горбах
* механическая защита (подкожная жировая клетчатка, жировая капсула почек)
* теплоизоляция (у кита метровый слой подкожного жира)
* придает плавучесть, например, китам и акулам

2) **Фосфолипиды** – по строению похожи на жиры, но вместо одной жирной кислоты у них фосфорная. За счет этого головка фосфолипида приобретает полярность, а значит гидрофильность; хвост фосфолипида остается неполярным (гидрофобным). В воде фосфолипиды образуют двойной слой (бислой): поворачиваются головками к воде, а хвосты прячут внутрь. Так создается основа для всех биологических мембран.

3) **Стероиды**:

* холестерин: придает устойчивость мембранам животных клеток
* гормоны коркового слоя надпочечников, например, альдостерон
* половые гормоны: прогестерон, эстроген

**АТФ**

По строению относится к [нуклеотидам](http://bio-faq.ru/bio/bio055.html), состоит из:

* моносахарида рибозы
* азотистого основания аденина
* трех остатков фосфорной кислоты, причем последние два остатка присоединены с помощью особой, макроэргической связи, в которой содержится много энергии (40 кДж/моль).

Функция: служит универсальным источником энергии в клетках.

АТФ + вода ↔ АДФ + Ф + Е(40кДж)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| аденозин- **три**фосфорная кислота |  | аденозин- **ди**фосфорная кислота |

АТФ синтезируется при [энергетическом обмене](http://bio-faq.ru/bio/bio004.html): вещества распадаются (окисляются), при этом выделяется энергия, которая запасается в макроэргических связях:

АТФ распадается при

* [пластическом обмене](http://bio-faq.ru/bio/bio004.html), при этом из ее макроэргических связей выделяется энергия, которая идет на синтез органических веществ
* движении, например, [миозина по актину](http://bio-faq.ru/bio/bio032.html)

Синтез и распад АТФ в клетке идет постоянно, время жизни одной молекулы – менее 1 минуты, за сутки каждая молекула АТФ распадается (и тут же синтезируется) 2-3 тысячи раз.

Дополнительные функции АТФ (кроме энергетической):

* Вместе с другими нуклеозидтрифосфатами (ГТФ, ЦТФ, ТТФ, УТФ) является исходным продуктом при синтезе нуклеиновых кислот.
* Является предшественником при синтезе циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) – вторичного посредника передачи в клетку гормонального сигнала [адреналина](http://bio-faq.ru/bio/bio049.html) и глюкагона
* Является аллостерическим эффектором некоторых  ферментов.

**ДНК**

Дезоксирибонуклеиновая кислота – полимер, состоит из нуклеотидов.

**Нуклеотид** ДНК состоит из

* азотистого основания (в ДНК 4 типа: аденин, тимин, цитозин, гуанин)
* моносахара дезоксирибозы
* фосфорной кислоты

Нуклеотиды соединяются между собой прочной ковалентной связью через сахар одного нуклеотида и фосфорную кислоту другого. Получается**полинуклеотидная цепь**. На одном ее конце – свободная фосфорная кислота (5’-конец), на другом – свободный сахар (3’-конец). (ДНК-полимераза может присоединять новые нуклеотиды только к 3’-концу.)

Две полинуклеотидные цепи соединяются друг с другом слабыми водородными связями между азотистыми основаниями. Соблюдаются 2 правила:

* принцип комплементарности: напротив аденина всегда стоит тимин, напротив цитозина – гуанин (они подходят друг другу по форме и числу водородных связей – между А и Г две связи, между Ц и Г – 3).
* принцип антипараллельности: там, где у одной полинуклеотидной цепи 5’-конец, у другой – 3’-конец, и наоборот.

Получается **двойная цепь** ДНК.

Она скручивается в **двойную спираль**, один виток спирали имеет длину 3,4 нм, содержит 10 пар нуклеотидов. Азотистые основания (хранители генетической информации) находятся внутри спирали, защищенные.

1868 **Мишер** открыл ДНК в ядрах клеток гноя («нуклеус» – ядро).

1944 **Эвери** доказал, что наследственная информация в хромосомах записана в ДНК, а не в белках (опыт с пневмококками).

1951 **Чаргафф**: количество аденина в ДНК равняется количеству тимина, а количество цитозина равняется количеству гуанина

1953 **Ватсон и Крик** открыли строение ДНК (двойная спираль)

### Функции ДНК

**1. Репликация (редупликация, удвоение)**  
Специальные ферменты раскручивают двойную спираль ДНК на две одинарных, затем фермент ДНК-полимераза достраивает каждую одинарную до двойной по принципу комплементарности. Получаются две дочерние двойные молекулы ДНК, каждая из них состоит из одной старой цепи и одной новообразованной (это называется «полуконсервативность»).

**2. Транскрипция** – переписывание информации с ДНК на иРНК  
В определенном участке (гене) специальные ферменты разрывают водородные связи, получается две одинарных цепочки. На одной из них (кодирующей) фермент РНК-полимераза строит иРНК по принципу комплементарности. Затем иРНК отсоединяется и уходит в цитоплазму, а цепочки ДНК снова соединяются между собой.

**3. Репарация** (восстановление ДНК)  
Если одна из цепей ДНК повреждена, то ее можно восстановить, используя вторую цепь и принцип комплементарности.

**РНК**

**1) информационная (матричная) – иРНК (мРНК):**

* транспортирует информацию о строении белка из ядра к рибосоме
* участвует в трансляции: к ее кодонам присоединяются антикодоны тРНК

**2) транспортная – тРНК:**

* транспортирует аминокислоты к рибосоме
* участвует в трансляции: ее антикодоны присоединяются к кодонам иРНК

**3) рибосомная – рРНК:** входит в состав рибосом, осуществляет трансляцию

рРНК самая большая по размерам и по содержанию в клетке  
тРНК самая маленькая по размерам  
иРНК меньше всего в клетке

**Отличия РНК от ДНК**

1) рибоза вместо дезоксирибозы  
2) нет тимина, аденину комплементарен урацил  
3) одноцепочечная

**Структуры РНК**

* первичная – цепочка нуклеотидов
* вторичная – плоская, образуется за счет водородных связей между комплементарными основаниями одной цепи
* третичная – пространственная, имеет определенную форму

Например, вторичная структура тРНК имеет форму клеверного листа.

* С одной стороны к тРНК прикреплена определенная аминокислота.
* С другой стороны у тРНК имеется антикодон – три нуклеотида, которые по принципу комплементарности присоединяются к кодону иРНК, таким образом нужная аминокислота встает на свое место.

**Строение клетки**

**Оболочка**

У растений, грибов и бактерий оболочка состоит из клеточной стенки («плотной оболочки») и плазматической мембраны (ПМ).

**Клеточная стенка** у растений состоит из целлюлозы (клетчатки), у грибов из хитина, у бактерий из муреина (пептидогликана). Она обеспечивает клетке опору, защиту и **тургор** (состояние клетки, когда ее клеточная стенка натянута из-за давления воды изнутри).

**Строение плазматической мембраны (ПМ)**

1. Основу ПМ составляет двойной слой (бислой) [фосфолипидов](http://bio-faq.ru/bio/bio053.html), которые стоят[гидрофобными](http://bio-faq.ru/bio/bio047.html) хвостами друг к другу, а [гидрофильными](http://bio-faq.ru/bio/bio047.html) головками – наружу (к воде). Между молекулами фосфолипидов нет никаких связей (их держит вместе вода), поэтому ПМ обладает большой гибкостью и текучестью. Толщина бислоя – 10 нм.

2. В состав ПМ входят белки трех видов:

* **погруженные** белки являются ферментами.
* **периферические** белки не дают погруженным изменить свое положение в мембране и тем самым разорвать «ферментативный конвейер».
* **пронизывающие** белки являются рецепторами и каналами.
* 3. У животных клеток:
* выделяют **гликокаликс** – молекулярный «лес» на поверхности ПМ, состоящий  из наружных частей сигнальных белков, гликолипидов и гликопротеидов.
* для придания прочности в состав ПМ животных входит [холестерин](http://bio-faq.ru/bio/bio053.html).

**Мембрана**

#### Функции, выполняемые двойным слоем фосфолипидов

1) Отделяет клетку от окружающей среды

2) Образует контакты между животными клетками:

* простой: ПМ соседних клеток сближены
* замок: ПМ соседних клеток вместе с участком цитоплазмы вдавливаются друг в друга, чем достигается большая поверхность соприкосновения и более прочная механическая связь.
* десмосома: соединение, прочно склеивающее клетки за счет трансмембранных белков

### Функции, выполняемые другими молекулами мембраны

1) Отдача и получение информации:

* когда наружная (рецепторная) часть сигнального белка испытывает какое-нибудь воздействие (присоединение вещества, изменение температуры), она обратимо денатурирует. Изменение формы передается на внутриклеточную часть сигнального белка, которая проводит химическую реакцию. Внутри клетки появляется вторичный посредник, дающий клетке знать об изменениях снаружи (пример – адренорецептор)
* углеводы (гликолипиды), входящие в состав [гликокаликса](http://bio-faq.ru/bio/bio058.html), передают другим клеткам информацию о своей клетке.

2) Избирательная проницаемость: транспортные белки переносят через мембрану вещества, которые не могут пройти путем диффузии. Каждый транспортный белок переносит только одно определенное вещество (комплементарность, специфичность), при изменении условий белок может изменить свою работу ([денатурация](http://bio-faq.ru/bio/bio049.html), например, глюкозная пермеаза под действием инсулина начинает двигаться быстрее).

**Цитоскелет**

#### Образование и движение ложноножек (псевдоподий)

Под тем участком мембраны, в котором должна образоваться псевдоподия, начинается образование пучка (актиновых) микрофиламентов, которые толкают мембрану вперед, образуется вырост.

* молекулы миозина, прикрепленные к органоидам и цитоскелету, движутся по этому пучку
* если конец псевдоподии прикрепился к поверхности, то клетка подтягивается (амебовидное движение)
* если конец псевдоподии не закрепился, тогда она втягивается назад (фагоцитоз)

**Ядро**

#### Хромосомы и хроматин

Когда клетка не делится (в период интерфазы) наследственный материал (ДНК + белок) находится в состоянии **хроматина** – тонких нитей, невидимых в световой микроскоп. В этом состоянии происходит считывание наследственной информации (транскрипция, репликация).  
   
В первой фазе деления клетки хроматин скручивается (спирализуется, конденсируется) до состояния **хромосом** – толстых коротких нитей, видимых в световой микроскоп. В таком состоянии считывать наследственную информацию нельзя, зато хромосомы легко делить. В конце деления хромосомы расплетаются (деспирализуются, деконденсируются) до состояния хроматина.

### Строение ядра

Покрыто двойной **ядерной оболочкой** (кариолеммой). В ней имеются отверстия (поры), через которые происходит обмен веществами между ядром и цитоплазмой. Наружная ядерная мембрана непосредственно переходит в мембрану ЭПС.

Внутри ядро заполнено полужидкой внутренней средой – **ядерным соком** (кариоплазмой).

В кариоплазме находится **хроматин** – деконденсированная форма наследственного материала клетки. Хроматин подвешен изнутри за ядерную мембрану (образуются трехмерные опероны).

Внутри ядра имеется одно или несколько **ядрышек** – участков, в которых синтезируется рРНК и происходит сборка субъединиц рибосом (при участии белков, синтезированных в цитоплазме и доставленных в ядро через поры).

Органоиды клетки

**Эндоплазматическая сеть**  
Совокупность мембранных каналов и полостей, пронизывающих всю клетку. Бывает двух видов – гладкая (агранулярная) и шероховатая (гранулярная, гранулы – это рибосомы). На гранулярной ЭПС идет синтез белка, на гладкой – синтез липидов и углеводов. Внутри каналов ЭПС синтезированные вещества накапливаются и транспортируются по клетке.

**Аппарат Гольджи**  
Стопка плоских мембранных полостей, окруженных пузырьками. По каналам ЭПС вещества поступают в АГ, там накапливаются и химически модифицируются (например, от белков отрезаются лишние участки). Затем готовые вещества заключаются в пузырьки и отправляются по месту назначения.

**Лизосомы**  
Пузырьки, заполненные пищеварительными ферментами. Образуются в АГ. Пищеварительная вакуоль, в которой происходит переваривание пищи, получается после слияния фагоцитозного пузырька с лизосомой. Кроме того, лизосомы могут переваривать ненужные части клетки или целые клетки, например, у головастика постепенно исчезает хвост.

**Вакуоли**  
Пузырьки, заполненные каким-либо содержимым. У животных вакуоли временные, занимают около 5% клетки. У растений и грибов имеется крупная центральная вакуоль, занимающая до 90% объема зрелой клетки. Её содержимое у растений называется клеточный сок, мембрана – тонопласт.

**Митохондрии**

Покрыты двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет выросты внутрь – кристы, они увеличивают площадь внутренней мембраны, чтобы расположить на ней как можно больше ферментов клеточного дыхания.

Внутренняя среда митохондрии называется матрикс. В нем находятся кольцевая ДНК и мелкие (70S) рибосомы, за счет них митохондрии самостоятельно делают для себя часть белков, поэтому их называют полуавтономными органоидами. (Теория симбиогенеза считает, что раньше митохондрии и пластиды были свободными бактериями, которые были поглощены крупной клеткой, но не переварены.)

Функция: митохондрии принимают участие в клеточном дыхании (являются «энергетическими станциями клетки»).

### Кислородное дыхание (средняя сложность)

**1. Гликолиз**  
Происходит в цитоплазме. Глюкоза окисляется до двух молекул пировиноградной кислоты (ПВК), при этом образуется 4 атома водорода на переносчиках НАДах и энергия на 2 АТФ.

**2. Окислительное декарбоксилирование и цикл Кребса**  
Происходит в матриксе митохондрий. ПВК окисляется полностью до углекислого газа, при этом образуется 20 атомов водорода на переносчиках и энергия на 2 АТФ.

**3. Дыхательная цепь**  
Происходит на внутренней мембране митохондрий. 24 атома водорода окисляются кислородом, при этом образуется вода и энергия на 34 АТФ.

**Пластиды**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Бывают трех видов:   * **хлоропласты** – зеленые, функция – фотосинтез * **хромопласты** – красные и желтые, являются полуразрушенными хлоропластами, могут придавать яркую окраску лепесткам и плодам. * **лейкопласты** – бесцветные, функция – запас веществ.   **Строение хлоропластов**  Покрыты двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет выросты внутрь – тилакоиды. Стопки коротких тилакоидов называются граны, они увеличивают площадь внутренней мембраны, чтобы расположить на ней как можно больше ферментов фотосинтеза.  Внутренняя среда хлоропласта называется строма. В ней находятся кольцевая ДНК и мелкие (70S) рибосомы, за счет них хлоропласты самостоятельно делают для себя часть белков, поэтому их называют полуавтономными органоидами.  **Фотосинтез (средняя сложность)**  1. Световая фаза. Происходит на свету в гранах хлоропластов. Под действием света происходит разложение (фотолиз) воды, получается кислород, который выбрасывается, а так же атомы водорода и энергия АТФ, которые используются в следующей стадии.  2. Темновая фаза. Происходит как на свету, так и в темноте (свет не нужен), в строме хлоропластов. Из углекислого газа, полученного из окружающей среды и атомов водорода, полученных в предыдущей стадии, за счет энергии АТФ, полученной в предыдущей стадии, синтезируется глюкоза. |  |
|  |

**Рибосомы**

Самые мелкие органоиды, диаметром 20 нм. Состоят из двух субъединиц, большой и малой. Химический состав – 50% белков, 50% рРНК, причем рибосома, лишенная белков, тоже работает, только медленнее.

Рибосомы образуются в [ядрышке](http://bio-faq.ru/bio/bio062.html) из рРНК, синтезированной на ядрышковом организаторе (участке хромосомы, содержащем много копий рРНК) и белков, поступивших из цитоплазмы. Сформированные субъединицы рибосом выходят из ядра через ядерные поры.

Функция рибосом – синтез белков. В белоксинтезирующей системе участвуют все 3 вида РНК:

* рРНК входит в состав рибосомы
* иРНК является матрицей для трансляции
* тРНК приносит АК и присоединяется по принципу комплементарности к кодону иРНК

Синтез любого белка начинается в цитоплазме. В мембране шероховатой [ЭПС](http://bio-faq.ru/bio/bio063.html) имеются рецепторы для лидерной последовательности с которой начинаются те белки, которые должны попасть в ЭПС. Они затягиваются туда и дальнейший синтез белка идет внутрь ЭПС, так что рибосома оказывается лежащей на ее поверхности.

Выделяют рибосомы 2 видов: 80S-рибосомы находятся в цитоплазме эукариот, а 70S – в митохондриях, пластидах и цитоплазме прокариот. Сходство рибосом бактерий, митохондрий и пластид подтверждает [теорию симбиогенеза](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html).

**Органоиды эукариотической клетки**

Эукариотическая клетка состоит из оболочки, цитоплазмы и ядра.

**Оболочка** обязательно содержит плазматическую мембрану. Кроме нее, у растений и грибов имеется клеточная стенка, а у животных – [гликокаликс](http://bio-faq.ru/bio/bio058.html).

У растений и грибов выделяют **протопласт** – все содержимое клетки, кроме клеточной стенки.

**Цитоплазма** – это внутренняя полужидкая среда клетки. Состоит из гиалоплазмы, включений и органоидов. В цитоплазме выделяют

* экзоплазму (кортикальный слой, лежит непосредственно под мембраной, не содержит органоидов)
* эндоплазму (внутренняя часть цитоплазмы).

**Гиалоплазма** (цитозоль) – это основное вещество цитоплазмы, коллоидный раствор крупных органических молекул (БЖУНКов).

* Обеспечивает взаимосвязь всех компонентов клетки
* В ней происходят основные процессы обмена веществ, например, гликолиз.
* Совершает круговое движение (циклоз, за счет цитоскелета).

**Включения** – это необязательные компоненты клетки, которые могут появляться и исчезать в зависимости от состояния клетки. Например: капли жира, гранулы крахмала, зерна белка.

**Органоиды** бывают мембранные и немембранные.

Мембранные органоиды бывают [одномембранные](http://bio-faq.ru/bio/bio063.html) (ЭПС, АГ, лизосомы, вакуоли) и **двухмембранные** ([пластиды](http://bio-faq.ru/bio/bio065.html), [митохондрии](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html)).

К **немембранным** органоидам относятся [рибосомы](http://bio-faq.ru/bio/bio066.html) и [клеточный центр](http://bio-faq.ru/bio/bio068.html).

К органоидам обычно не относят плазматическую мембрану, ядро и его компоненты, а так же [цитоскелет,  жгутики и реснички](http://bio-faq.ru/bio/bio068.html).

**Цитоскелет**

**Цитоскелет** состоит из

* микрофиламентов (из белка актина, по нему движется миозин)
* микротрубочек (из белка тубулина, по нему движутся кинезин и динеин)

**Функции цитоскелета:**

* в [экзоплазме](http://bio-faq.ru/bio/bio067.html):
  + амебовидное движение
  + экзо- и эндоцитоз (фагоцитоз, пиноцитоз).
* в [эндоплазме](http://bio-faq.ru/bio/bio062.html)
  + круговое движение цитоплазмы (циклоз)
  + движение органоидов (в их мембрану встроены миозин и кинезин).

Кроме цитоскелета

* из актина и миозина состоят двигательные органоиды мышечных клеток – миофибриллы
* из тубулина и динеина состоят центриоли, нити веретена деления, а так же жгутики и реснички.

**Центриоли** имеются только у животных. Это полые цилиндры, по окружности которых располагаются 9 триплетов микротрубочек. Две центриоли, расположенные перпендикулярно друг другу, образуют клеточный центр. Во время деления клетки центриоли расходятся к полюсам и участвуют в организации веретена деления.

**Жгутики и реснички** отличаются друг от друга только длиной (реснички короче). Состоят из 9 дуплетов микротрубочек, еще 2 микротрубочки расположены в центре Ж/Р. Снаружи Ж/Р покрыты плазматической мембраной клетки, в основании Ж/Р (в экзоплазме) лежит базальное тело (центриоль). За счет работы динеина микротрубочки скользят друг по другу, Ж/Р бьется как хлыст.

### Транспорт крупных частиц

1. Эндоцитоз (внутрь)

* фагоцитоз – захват и поглощение клеткой крупных частиц (открыл Мечников): в том месте, где поверхность клетки соприкасается с частицей, образуется углубление, ПМ окружает частицу со всех сторон. Затем часть ПМ отделяется и внутри цитоплазмы оказывается фагоцитозный пузырек с веществом внутри. Например: амеба поглощает пищу, фагоцит поглощает чужеродную частицу
* пиноцитоз – захват и поглощение капель жидкости

2. Экзоцитоз (наружу): пузырьки с веществами, образовавшимися в клетке, подходят к ПМ, мембрана пузырька сливается с мембраной ПМ и становится ее частью, а вещество оказывается наружи. Например: клетки поджелудочной железы выбрасывают инсулин, амеба выбрасывает непереваренные частицы пищи.

**Мембранный транспорт**

#### Пассивный

(идущий по градиенту концентрации и/или заряда без затрат энергии)

**1) Простая диффузия** – прохождение веществ непосредственно между фосфолипидами

МОГУТ

* мелкие гидрофобные (кислород)
* средние гидрофобные (стероиды)
* мелкие полярные (вода)

НЕ МОГУТ

* средние полярные (глюкоза)
* мелкие заряженные (протоны)
* средние заряженные (аминокислоты)
* крупные молекулы (белки)

**2) Облегченная диффузия** (вещество связывается с переносчиком и такой комплекс диффундирует через мембрану, например –  транспорт глюкозы)

**3) Канальный транспорт** (через белки-каналы, например, калиевые и натриевые каналы, участвующие в создании потенциала действия)

### Активный

(идущий против градиента концентрации и/или заряда  
с затратами энергии АТФ)

**1) Первичноактивные транспортные белки** (Na-К АТФ-аза с затратой энергии АТФ выкачивает из клетки ионы натрия и закачивает ионы калия)

**2) Вторичноактивные транспортные белки** (работают за счет градиента другого вещества, который создается за счет первичноактивного транспорта, например, аминокислоты в кишечнике всасываются за счет симпорта с натрием).

**3) Векторный транспорт** (вещество, зашедшее пассивно, внутри клетки с затратой энергии модифицируется, так что его концентрация внутри остается низкой, например, глюкоза превращается в гликоген)

**4) Эндоцитоз** (фаго- и пиноцитоз) происходит за счет активности цитоскелета, лежащего под мембраной.

**Обмен веществ**

**Обмен веществ (метаболизм)** – это совокупность всех химических реакций, которые происходят в организме. Все эти реакции делятся на 2 группы

**1. Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция, биосинтез)** – это когда из простых веществ делаются (синтезируются) более сложные. Например:

* при фотосинтезе из углекислого газа и воды синтезируется глюкоза
* в клетках человека из простых органических веществ (аминокислот, глюкозы и т.п.) принесенных кровью от пищеварительной системы, синтезируются сложные органические вещества, например, из аминокислот – белки, из глюкозы – гликоген.

**2. Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция, распад)** – это когда сложные вещества распадаются до более простых, и при этом выделяется энергия. Например:

* в пищеварительной системе человека сложные органические вещества пищи (белки, жиры, углеводы) распадаются на более простые (белки на аминокислоты, углеводы на глюкозу), при этом выделяется энергия в виде тепла.
* глюкоза окисляется кислородом до углекислого газа и воды, при этом образуется энергия, которая запасается в 38 АТФ.

**Внимание,**[АТФ!](http://bio-faq.ru/bio/bio054.html)  
При энергетическом обмене все вещества распадаются, а АТФ – синтезируется. При пластическом обмене все вещества синтезируются, а АТФ – распадается.

**Питание организмов**

**Автотрофы** – никого не едят, делают органические вещества сами из неорганических. Энергию для этого могут получать из 2 источников

* автофототрофы – из света. Это растения и фотосинтезирующие бактерии
* автохемотрофы – за счет окислительно-восстановительных реакций. Например, серобактерии окисляют сероводород до серы, железобактерии окисляют двухвалентное железо до трехвалентного

**Гетеротрофы** – получают органические вещества в готовом виде, с пищей. Энергию получают, окисляя эти вещества. К гетеротрофам относятся животные, грибы и большинство бактерий.

**Способы питания гетеротрофов**

1. хищники – убиваю жертву, а затем съедают. (Лев)
2. паразиты – поедают живую жертву. Например, у человека:
   * вирус – гриппа
   * бактерия – холерный вибрион
   * простейшее – дизентерийная амеба
   * членистоногое – чесоточный зудень
   * червь – аскарида
   * гриб – кандида
3. сапрофиты – питаются мертвыми организмами. (личинки мясных мух)
4. симбионты – получают питание от другого организма на взаимовыгодной основе. [Например](http://bio-faq.ru/bio/bio007.html), микориза (грибокорень) – это симбиоз гриба и растения. Растение дает грибу глюкозу, которую делает при фотосинтезе, а гриб растению – соли и воду.

**Обмен веществ у растений**

[Пластический обмен](http://bio-faq.ru/bio/bio004.html)**– фотосинтез**

В зеленых листьях на свету  
В хлоропластах с помощью хлорофилла  
Из углекислого газа и воды  
Синтезируется глюкоза и кислород

[Энергетический обмен](http://bio-faq.ru/bio/bio004.html)**– дыхание**

Во всех живых клетках растения  
Глюкоза окисляется кислородом  
До углекислого газа и воды  
При этом выделяется энергия

**Отличия фотосинтеза и дыхания**

1. фотосинтез – это пластический обмен, при нем образуется органическое вещество (глюкоза). А дыхание – это энергетический обмен, и при нем выделяется энергия
2. фотосинтез происходит только в зеленых листьях растения и только на свету, а дыхание – во всех живых клетках круглосуточно

**Примеры дыхания растений:**

1. Если комнатное растение слишком сильно поливать, то в почве будет слишком много воды, слишком мало воздуха, корни задохнутся и растение погибнет
2. На болотах растения плохо растут, т.к. в болотистой почве корни не могут расти вглубь, там нечем дышать
3. После полива рекомендуется рыхлить почву, чтобы к корням лучше поступал кислород

**Фотосинтез**

**Световая фаза**

Квант света попадает на хлорофилл первой фотосистемы. Хлорофилл возбуждается, его электрон отрывается и по цепочке переносчиков (ЭТЦ) передается на наружную поверхность тилакоида, где соединяется с НАДФом, получается НАДФ–. В ФС1 остается «дырка».

Квант света попадает на хлорофилл второй фотосистемы. Хлорофилл возбуждается, его электрон отрывается и по ЭТЦ передается в первую фотосистему (заполняет там «дырку»). ЭТЦ забирает у электрона энергию и тратит ее на закачку протонов из стромы внутрь тилакоида. В хлорофилле ФС2 остается «дырка».

Чтобы её заполнить, марганецсодержащий ферментный комплекс разлагает воду (фотолиз воды) до

* кислорода, который выбрасывается в атмосферу
* электронов, которые заполняют «дырку» в ФС2
* протонов, которые накапливаются внутри тилакоида.

Внутри тилакоида накапливается положительный заряд (протоны, закачанные ЭТЦ и протоны, полученные при фотолизе). Снаружи тилакоида (в строме) накапливается отрицательный заряд (НАДФ–). Когда разность потенциалов (напряжение) достигает 200 мВ, начинает работать встроенный в мембрану тилакоида белок-канал протонная АТФ-синтетаза (АТФ-аза). Протоны через нее выходят из тилакоида в строму, там соединяются с НАДФ–, получается НАДФ-Н. Движение протонов – это электрический ток, за счет него АТФ-аза вырабатывает АТФ.

#### Темновая фаза фотосинтеза

Фермент рибулозобифосфат-карбоксилаза/оксигеназа (рубиско) присоединяет углекислый газ к пятиуглеродному сахару рибулозобифосфату (РБФ). Получается нестойкое 6-углеродное соединение, которое распадается до двух молекул трехуглеродной фосфоглицериновой кислоты (ФГК). ФГК поступает в сложную комплексную реакцию – цикл Кальвина.

Полученные в световой фазе АТФ и Н в цикле Кальвина тратятся на восстановления поглощенного СО2 до углеводной группы НСОН. 2 трехуглеродных ФГК превращаются в одну пятиуглеродную РБФ, т.е. снова получается исходное вещество, готовое к приему следующего СО2. Углеводные группы НСОН постепенно накапливаются, когда их станет 6 штук – образуется глюкоза.

### Фотодыхание

В случае недостатка СО2 рубиско может присоединять к РБФ кислород, получается ФГК, которая возвращается в цикл Кальвина, и фосфогликолевая кислота, которая в митохондриях окисляется до углекислого газа и аминокислоты серина.

**Значение фотодыхания:**

* Днем, когда устьица закрыты, в листьях возникает недостаток СО2, но фотосистемы продолжают работать, образуя АТФ и НАДФ-Н. Их надо куда-то расходовать – они расходуются «вхолостую» на фотодыхание.
* В процессе фотодыхания получаются аминокислоты, необходимые для синтеза белков.

#### Значение фотосинтеза

1) 1-2% энергии солнечного света трансформируется в энергию химических связей глюкозы. Фотосинтез поставляет питание для всех остальных организмов на Земле.

2) Атмосфера насыщается кислородом.

* Кислородное дыхание является самым выгодным способом энергетического обмена.
* Кислородная атмосфера (за счет озонового экрана) защищает живые организмы от губительного ультрафиолетового излучения.

3) Из атмосферы поглощается углекислый газ, который мог бы вызвать парниковый эффект (перегрев Земли).

### Последствия вырубки леса

1) Разрушается среда обитания для жителей леса (животных, грибов, лишайников, трав). Они могут полностью исчезнуть.

2) Лес своими корнями удерживает верхний плодородный слой почвы. Без поддержки почву может унести ветром (получится пустыня) или водой (получатся овраги).

3) Лес с поверхности своих листьев испаряет очень много воды. Если убрать лес, то влажность воздуха в данной местности уменьшится, а влажность почвы увеличится (может образоваться болото).

Тезис о том, что после вырубки леса уменьшится количество кислорода, неверен с экологической точки зрения (лес, как развитая экосистема, поглощает животными и грибами столько же кислорода, сколько вырабатывает растениями).

**Энергетический обмен у гетеротрофов**

**1) Подготовительная стадия**  
Происходит в пищеварительной системе. Полученные с пищей БЖУНки разлагаются до простых органических веществ (аминокислот, моносахаров и т.п.). Энергия, которая при этом выделяется, рассеивается в форме тепла (АТФ не образуется).

**2) Гликолиз**  
Происходит в цитоплазме. Кислород не требуется. Глюкоза окисляется до двух молекул пировиноградной кислоты (ПВК), при этом образуется 4 атома водорода на переносчиках НАДах и энергия на 2 АТФ.

Гликолиз состоит из 10 ферментативных реакций. Третья реакция (фосфорилирование фруктозо-6-фосфата до фруктозо-1,6-дифосфата) является управляющей: конечный продукт клеточного дыхания – АТФ – является аллостерическим ингибитором фосфофруктокиназы.

**3) Утилизация продуктов гликолиза**  
а) В присутствии кислорода продукты гликолиза могут окисляться дальше с получением дополнительной энергии ([кислородное дыхание](http://bio-faq.ru/bio/bio074.html) происходит в митохондриях, ПВК окисляется до углекислого газа, водороды – до воды, образуется 36 АТФ).

б) [В бескислородных условиях](http://bio-faq.ru/bio/bio073.html) дальнейшее окисление ПВК и НАД•Н невозможно, поэтому гликолиз является единственным источником энергии. Для него требуется НАД окисленный (без водородов). Водороды при бескислородном дыхании идут на восстановление ПВК (АТФ при этом не образуется).

**Брожение**

Термин [«гликолиз»](http://bio-faq.ru/bio/bio072.html) может обозначать

* окисление глюкозы до 2 [ПВК](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html) и 4 [НАД](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html)-Н, с выделением энергии 2 АТФ (строгое применение термина)
* окисление глюкозы до конечных продуктов бескислородного дыхания (брожения) – спирта, молочной кислоты и т.п. (расширенное применение).

Спирт, молочная кислота и т.п. получаются в процессе утилизации продуктов (строгого) гликолиза.

**Молочно-кислое (МК) брожение**

Проводится МК-бактериями, а так же многими эукариотами в бескислородных условиях (мышцы человека при активной работе, гельминты внутри ЖКТ, корни растений при избытке воды в почве).

ПВК восстанавливается водородами до МК.

МК-бактерии погибают при 3-5% МК в среде. У человека МК расщепляется в печени.

МК-брожение используется при приготовлении МК-продуктов.

**Спиртовое брожение**

Проводится дрожжами (царство грибы, отдел аскомицеты) при недостатке кислорода (в аэробных условиях дрожжи проводят кислородное дыхание).

ПВК расщепляется до углекислого газа и ацетальдегида, водороды восстанавливают ацетальдегид до этанола.

Дрожжи погибают при концентрации спирта 9-12% (крепость столового вина).

Спиртовое брожение используется при изготовлении алкогольных напитков и хлеба (углекислый газ поднимает тесто).

**Кислородный этап**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Термин «кислородное дыхание» может обозначать   * весь энергетический обмен, происходящий при наличии кислорода   + [подготовительная стадия](http://bio-faq.ru/bio/bio072.html) (0 АТФ)   + [гликолиз](http://bio-faq.ru/bio/bio072.html) (2 АТФ)   + окислительное декарбоксилирование (0 АТФ)   + цикл Кребса (2 АТФ)   + окислительное фосфорилирование (34 АТФ) * либо только процессы, происходящие после гликолиза.   **Окислительное декарбоксилирование**  Происходит в [матриксе](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html) митохондрий, [ПВК](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html) окисляется до углекислого газа, водорода на переносчиках, а так же ацетила (присоединенного к коферменту А). Ацетил-КоА получается также при распаде белков и жиров, так что, начиная с цикла Кребса, энергетический обмен универсален для всех БЖУНКов.  **Цикл Кребса**  Происходит в матриксе митохондрий. Ацетил (2С) присоединяется к щавелево-уксусной кислоте (4С), получается лимонная кислота (6С).  В ходе цикла Кребса лимонная кислота превращается в щавелевоуксусную, так что снова получается исходное вещество, готовое к приему следующего ацетила.  Ацетил окисляется полностью до углекислого газа и водородов на переносчиках, при этом образуется 2 АТФ.  **Окислительное фосфорилирование**  Происходит на кристах митохондрий. 24 атома водорода, полученные в предыдущих стадиях, окисляются кислородом, при этом образуется вода и энергия на 34 АТФ.  Таким образом, всего при кислородном окислении глюкозы получается 38 АТФ. |  |
|  |

**Окислительное фосфорилирование**

Цепь переносчиков (электронотранспортная цепь, ЭТЦ) встроена в мембрану[крист](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html).

24 атома водорода, полученные в предыдущих стадиях, окисляются электронотранспортной цепью (распадаются на протон и электрон).

Электроны движутся по ЭТЦ, ЭТЦ забирает у электронов энергию и тратит ее на закачку протонов из [матрикса](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html) митохондрий в межмембранное пространство (протонный резервуар). В межмембранном пространстве накапливается положительный заряд.

Дойдя до конца ЭТЦ, электроны поступают в матрикс, где восстанавливают кислород, полученный при дыхании, до иона О2–. Таким образом, в матриксе накапливается отрицательный заряд.

Когда разность потенциалов (напряжение) между матриксом и протонным резервуаром достигает 200 мВ, начинает работать встроенный в мембрану крист белок-канал протонная АТФ-синтетаза (АТФ-аза). Протоны через нее выходят из протонного резервуара в матрикс, там соединяются с О2–, получается вода. Движение протонов – это электрический ток, за счет него АТФ-аза вырабатывает АТФ.

В кристах митохондрий бурого жира, характерного для младенцев млекопитающих, имеются отверстия, так что разность потенциалов там не накапливается, АТФ не образуется, вся энергия превращается в тепло.

**Обмен веществ у бактерий**

#### Гетеротрофное питание

Органические вещества получают в готовом виде, часть их окисляют для получения энергии (большинство бактерий).

* бактерии, использующие кислородное дыхание, работают аналогично[митохондриям](http://bio-faq.ru/bio/bio064.html): за счет [ЭТЦ](http://bio-faq.ru/bio/bio075.html) выкачивают протоны из цитоплазмы наружу, создается разность потенциалов, за счет которой встроенная в плазматическую мембрану АТФ-аза синтезирует АТФ.
* многие бактерии используют [брожение](http://bio-faq.ru/bio/bio073.html), например, молочнокислое, маслянокислое, пропионовокислое и т.п.

### Фотосинтез

Органические вещества синтезируют самостоятельно, энергию для этого берут из света

* цианеи содержат хлорофилл А, характерный для высших растений, при фотосинтезе выделяют кислород.
* эубактерии содержат только бактериохлорофиллы и кислорода не выделяют, т.к. получают [протоны и электроны](http://bio-faq.ru/bio/bio069.html) не из воды, а из других соединений, например, зеленые и пурпурные серные бактерии – из сероводорода (при этом выделяется сера).

### Хемосинтез

Органические вещества синтезируют самостоятельно, энергию для этого берут из окислительно-восстановительных реакций (открыто русским ученым Виноградским).

* нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до азотистой или азотной кислоты,
* серобактерии окисляют сероводород до сернистой или серной кислоты
* железобактерии окисляют железо двухвалентное до трехвалентного
* водородные бактерии окисляют водород до воды.

**Биосинтез белка**

**Реакции матричного синтеза**

При реакциях матричного синтеза образуются полимеры, строение которых полностью определяется строением матрицы. В основе реакций матричного синтеза лежит комплементарное взаимодействие между нуклеотидами.

### Репликация (редупликация, удвоение ДНК)

**Матрица** – материнская цепочка ДНК  
**Продукт** – новосинтезированная цепочка дочерней ДНК  
**Комплементарность** между нуклеотидами материнской и дочерней цепочек ДНК

Двойная спираль ДНК раскручивается на две одинарных, затем фермент ДНК-полимераза достраивает каждую одинарную цепочку до двойной по принципу комплементарности.

### Транскрипция (синтез РНК)

**Матрица** – кодирующая цепочка ДНК  
**Продукт** – РНК  
**Комплементарность** между нуклеотидами кДНК и РНК

В определенном участке ДНК разрываются водородные связи, получается две одинарных цепочки. На одной из них по принципу комплементарности строится иРНК. Затем она отсоединяется и уходит в цитоплазму, а цепочки ДНК снова соединяются между собой.

### Трансляция (синтез белка)

**Матрица** – иРНК  
**Продукт** – белок  
**Комплементарность** между нуклеотидами кодонов иРНК и нуклеотидами антикодонов тРНК, приносящих аминокислоты

Внутри рибосомы к кодонам иРНК по принципу комплементарности присоединяются антикодоны тРНК. Рибосома соединяет между собой аминокислоты, принесенные тРНК, получается белок.

**Генетический код**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Это способ, с помощью которого информация о последовательности двадцати аминокислот закодирована с помощью последовательности четырех нуклеотидов. Свойства генкода **1) Триплетность** Одна аминокислота кодируется тремя нуклеотидами. В ДНК они называются триплет, в иРНК – кодон, в тРНК – антикодон. Всего существует 64 триплета, 61 из них кодирует аминокислоты, а 3 являются стоп-сигналами – показывают рибосоме место, в котором надо прекратить синтез белка.  **2) Вырожденность (избыточность)** Кодонов, кодирующих аминокислоты, существует 61, а аминокислот только 20, поэтому большинство аминокислот кодируются несколькими кодонами. Например, аминокислота аланин кодируется четырьмя кодонами – ГЦУ, ГЦЦ, ГЦА, ГЦГ. Исключение – метионин, он  кодируется одним кодоном АУГ – у эукариот это старт-кодон при трансляции.  **3) Однозначность** Каждый кодон кодирует только одну аминокислоту. Например, кодон ГЦУ кодирует только одну аминокислоту – аланин.  **4) Непрерывность** Между отдельными триплетами нет никаких разделителей («знаков препинания»). Из-за этого при выпадении или вставке одного нуклеотида происходит «сдвиг рамки считывания»: начиная с места мутации считывание триплетного кода нарушается, синтезируется совершенно другой белок.  **5) Универсальность** Генетический код одинаков для всех живых организмов на Земле. |  |
|  |

**Этапы биосинтеза белка**

**1. Транскрипция** (переписывание информации с ДНК на иРНК). В определенном участке ДНК разрываются водородные связи, получается две одинарных цепочки. На одной из них по принципу комплементарности строится иРНК. Затем она отсоединяется и уходит в цитоплазму, а цепочки ДНК снова соединяются между собой.

**2. Процессинг** (только у эукариот) – созревание иРНК: удаление из нее участков, не кодирующих белок, а так же присоединение управляющих участков.

**3. Экспорт иРНК из ядра в цитоплазму** (только у эукариот). Происходит через ядерные поры; всего экспортируется примерно 5% от общего количества иРНК в ядре.

**4. Синтез аминоацил-тРНК.** В цитоплазме имеется 61 фермент аминоацил-тРНК-синтетаза. Он комплементарно узнает аминокислоту и тРНК, которая должна ее переносить, и соединяет их между собой, при этом затрачивается 1 АТФ.

**5. Трансляция (синтез белка).**Внутри рибосомы к кодонам иРНК по принципу комплементарности присоединяются антикодоны тРНК. Рибосома соединяет между собой аминокислоты, принесенные тРНК, получается белок.

**6. Созревание белка.** Вырезание из белка ненужных фрагментов, присоединение небелковых компонентов (например, гема), соединение нескольких полипептидов в четвертичную структуру.

**Процессинг**

Это процесс превращения транскрипта (пре-иРНК, полученной при транскрипции) в зрелую иРНК, пригодную для трансляции. Стадии процессинга:

**1) Кэпирование**  
К 5'-концу транскрипта присоединяется кэп («шапочка», англ.), состоящая из модифицированного гуанина.

**2) Полиаденирование**  
К 3'-концу транскрипта присоединяется от 100 до 200 адениновых нуклеотидов.

**3) Сплайсинг**  
Это процесс вырезания из транскрипта нужных участков и склеивания их между собой. У эукариот из транскрипта выбрасывается в среднем 5/6 длины.

**Зрелая иРНК состоит из 5 участков:**

**1) Кэп** необходим для

* экспорта иРНК из ядра;
* предотвращения разрушения 5'-конца иРНК в результате действия экзонуклеаз;
* инициации трансляции.

**2) 5'-НТО** (нетранслируемая область) кодирует частоту трансляции. К 5'-НТО могут присоединяться репрессоры или активаторы, изменяющие способность данной иРНК соединяться с рибосомой.

**3) Кодирующая область** – с неё производится трансляция. Она начинается со старт-кодона АУГ и заканчивается одним из трех стоп-кодонов.

**4) 3'-НТО** кодирует скорость разрушения данной иРНК нуклеазами. К 3'-НТО могут присоединяться репрессоры или активаторы, изменяющие скорость разрушения.

**5) Поли-А** тоже отвечает за срок жизни иРНК в цитоплазме.

**Трансляция**

#### 1. Инициация

1. Метиониновая тРНК заходит в аминокислотный участок  малой субъединицы рибосомы.

2. Эти двое присоединяются к старт-кодону иРНК

3. Эти трое присоединяют большую субъединицу рибосомы, при этом метиониновая тРНК переходит в пептидный участок рибосомы, а А-участок остается свободным

### 2. Элонгация

1. К кодону, находящемуся в А-участке, за счет броуновского движения одна за другой подходят имеющиеся в цитоплазме тРНК. Антикодон одной из них оказывается комплементарен кодону, они соединяются.

2. Рибосомная РНК катализирует образование пептидной связи между двумя находящимися радом (в А- и П-участках) аминокислотами. При этом вся цепочка, находившаяся в П-участке, «перевешивается» на аминокислоту, находящуюся в А-участке.

3. Рибосома сдвигается на один кодон. Пустая тРНК уходит в цитоплазму, тРНК с полипептидом оказывается в П-участке, а в А-участке оказывается новый, еще не транслированный кодон.

### 3. Терминация

Когда в А-участке оказывается один из трех стоп-кодонов, к нему присоединяется белок освобождения. Он отсоединяет белковую цепочку от рибосомы, синтез белка прекращается.

Регуляция синтеза белка у прокариот

**Оперон** – это функциональная единица ДНК прокариот. Строение:

1. Промотор – участок, к которому присоединяется фермент РНК-полимераза
2. Оператор – участок, которому присоединяется репрессор, который не дает РНК-полимеразе двигаться по ДНК
3. Структурные гены – содержат информацию о структуре белка. У прокариот в одном опероне находятся гены нескольких белков, необходимых для осуществления какой-либо биохимической реакции.
4. Терминатор – участок, в котором РНК-полимераза отсоединяется от ДНК.

Лактозный оперон открыли Жакоб, Моно и Львов в 1961 г. Его работа:

1. Когда в среде нет лактозы, кишечная палочка не вырабатывает ферменты, необходимые для ее расщепления, потому что к оператору присоединен репрессор, который не дает происходить транскрипции.
2. Когда в среде появляется лактоза, то она соединяется с белком-репрессором, он денатурирует и отсоединяется от оператора. Теперь ничто не мешает РНК-полимеразе делать иРНК, на которой рибосомы тут же делают белки.
3. Белки-ферменты расщепляют лактозу, в том числе и ту, что была присоединена к репрессору, он возвращается на место, транскрипция прекращается.

Регуляция синтеза белка у эукариот

У прокариот, если какой-нибудь участок транскрибируется, то он автоматически транслируется, т.е. **регуляция синтеза белка у прокариот осуществляется на уровне транскрипции**.

У эукариот транскрипция и трансляция пространственно разделены (транскрипция в ядре, трансляция в цитоплазме), и регуляция синтеза белка происходит в три этапа

* транскрипция
* экспорт из ядра
* трансляция

**Регуляция синтеза белка у эукариот осуществляется в основном на уровне трансляции**, когда регуляторные вещества присоединяются к управляющим участкам 3’-НТО и 5’-НТО.

* 5'-НТО отвечает за частоту трансляции
* 3'-НТО отвечает за время жизни иРНК в цитоплазме.

Транскрипция у эукариот регулируется почти так же, как у прокариот. Разница:

* у эукариот транскрипция может не только подавляться репрессорами, присоединенными к операторам, но и стимулироваться активаторами, присоединенными к энхансерам.
* опероны у эукариот пространственные, т.е. участок, к которому присоединен репрессор, может находиться не в том же участке хромосомы, где лежат промотор и структурные гены, и приближаться к ним за счет укладки ДНК в интерфазном ядре.

**ВИЧ и СПИД**

ВИЧ-инфекция вызывается вирусом иммунодефицита человека. На последней стадии ВИЧ-инфекции иммунная система человека полностью разрушается и организм поражается условно-патогенными микроогранизмами (в норме живущими в организме и не причиняющими вреда), такая стадия называется СПИД (синдром приобретённого иммунодефицита), она заканчивается смертью больного.

Почему иммунная система человека не справляется с ВИЧ.

* Он паразитирует на управляющих клетках иммунной системы – лимфоцитах Т-хелперах.
* ВИЧ относится к ретровирусам, т.е. в его жизненном цикле есть обратная транскрипция. Она происходит с большим количеством ошибок, так что ВИЧ очень быстро мутирует и выработать длительно действующие антитела против него невозможно.
* Внутри ВИЧа содержится фермент интеграза, которая вставляет ДНК-провирус в хромосомы клетки. В виде провируса ВИЧ может затаиться в клетке; в таком случае иммунная система не может определить, что клетка поражена.
* ВИЧ выходит из клетки путем почкования (экзоцитоза), при этом одеваясь липидной оболочкой (суперкапсидом). Зараженная клетка может долго жить и продуцировать вирусы.

ВИЧ нестоек, в окружающей среде быстро разрушается. Передается от человека к человеку через кровь, сперму, грудное молоко:

* при половых сношениях;
* от матери к плоду во время беременности и родов;
* от матери ребенку и от ребенка матери при грудном вскармливании;
* при переливании крови;
* через загрязненные медицинские инструменты.

Наиболее высока заболеваемость наркоманов, использующих для введения наркотиков общие шприцы.

Профилактика:

* ограничение числа половых партнеров и использование презервативов;
* применение одноразовых медицинских инструментов;
* обязательное исследование крови доноров;
* борьба с наркоманией, проституцией;
* проведение массовых обследований на ВИЧ-инфекцию, включая анонимные.

**Репликация**

Удвоение ДНК происходит в синтетической фазе [интерфазы](http://bio-faq.ru/bio/bio108.html).  Каждая молекула ДНК превращается в две одинаковые дочерние молекулы ДНК. Это нужно для того, чтобы во время деления клетки каждая дочерняя клетка получила свою копию ДНК.

Фермент ДНК-хеликаза разрывает водородные связи между азотистыми основаниями, двойная цепочка ДНК расплетается на две одинарных. Затем фермент ДНК-полимераза достраивает каждую одинарную цепочку до двойной по принципу [комплементарности](http://bio-faq.ru/bio/bio055.html).

Каждая дочерняя ДНК содержит одну цепочку из материнской ДНК и одну новосинтезированную – это принцип **полуконсервативности**.

Согласно принципу **антипараллельности** цепочки ДНК лежат друг к другу противоположными концами. ДНК может удлиняться только 3'-концом, поэтому в каждой репликационной вилке только одна из двух цепочек синтезируется непрерывно. Вторая цепочка (отстающая) растет в 5'-направлении с помощью коротких (100-200 нуклеотидов) фрагментов Оказаки, каждый из которых растет в 3'-направлении, а затем с помощью фермента ДНК-лигазы присоединяется к предыдущей цепочке.

Скорость репликации у эукариот – 50-100 нуклеотидов в секунду. В каждой хромосоме имеется множество точек начала репликации, от каждой из которых расходятся 2 репликационные вилки; за счет этого вся репликация занимает около часа.

Концевая недорепликация

[ДНК-полимераза](http://bio-faq.ru/bio/bio088.html) не может начинать цепочку ДНК, для этого существует фермент праймаза, который на матрице ДНК синтезирует РНК-фрагмент (праймер, 10-20 нуклеотидов), от [3'-конца](http://bio-faq.ru/bio/bio055.html) которого начинает работать ДНК-полимераза. Праймер затем удаляется, а это место достраивается ДНК-полимеразой следующего по счету [фрагмента Оказаки](http://bio-faq.ru/bio/bio088.html).

На конце хромосомы у последнего фрагмента Оказаки нет «следующего», поэтому некому достроить ДНК на пустом месте, получившемся после удаления праймера. Поэтому после каждой репликации у дочерних хромосом укорачиваются оба 5'-конца (**концевая недорепликация**).

На концах хромосом имеются участки, не несущие наследственной информации – теломеры. Их укорочение не приносит вреда; у человека они рассчитаны примерно на 60 репликаций. Больше 60 раз (число Хейфлика) клетки человека поделиться не могут, поскольку концевая недорепликация начинает затрагивать гены.

Стволовые клетки (в коже, красном костном мозге, семенниках) должны делиться гораздо больше, чем 80 раз. Поэтому в них функционирует фермент теломераза, который после каждой репликации удлиняет теломеры.

Теломераза удлиняет выступающий 3'-конец ДНК, так что он увеличивается до размера фрагмента Оказаки. После этого праймаза синтезирует на нем праймер, и ДНК-полимераза удлиняет недореплицированный 5'-конец ДНК.

**Геном эукариот**

**Ген** – это участок ДНК, несущий информацию о строении одного полипептида или одной РНК.

**Геном** – это совокупность генов одинарного набора хромосом. В состав генома человека входит примерно 40 тысяч генов. Примерно 10 тысяч из них являются генами «домашнего хозяйства», т.е. работают во всех клетках. Остальные 30 тысяч «генов роскоши» работают только в определенных тканях и органах.

**Генотип** – это совокупность всех генов организма (в диплоидных клетках состоит из двух геномов – отцовского и материнского).

У эукариот около 5% ДНК составляют **экзоны** (участки гена, кодирующие белок), 25% – **интроны** (участки гена, которые транскрибируются, но затем удаляются при сплайсинге), а остальные 70% составляют **спейсеры** – нетранскрибируемые участки ДНК между генами. К ним относятся участки:

* принимающие участие в компактизации ДНК
* принимающие участие в укладке хроматина в интерфазном ядре, в том числе прикрепляющие ДНК к ядерной оболочке изнутри
* центромеры – участки, к которым прикрепляются нити веретена деления
* теломеры – концевые участки хромосом, выполняющие роль буфера против концевой недорепликации
* промоторы, операторы, энхансеры и терминаторы

**Строение хромосом**

Наследственный материал клетки (НМК) состоит наполовину из ДНК и наполовину из белков. Большинство белков НМК относится к гистонам (щелочным белкам). Белки НМК участвуют в упаковке ДНК, а так же регулируют и осуществляют транскрипцию, репликацию и репарацию.

В состав генома человека входит около 3 миллиардов нуклеотидов, таким образом, в каждом клеточном ядре содержится ДНК длиной около метра. Чтобы поместиться в ядре, нить ДНК упаковывается.

### Уровни компактизации ДНК

**1. Нуклеосомный.** Двойная цепочка ДНК наматывается на множество одинаковых белковых комплексов – кóров. Каждый кор состоит из 8 молекул белков-гистонов. Кор с намотанной на него (1,67 оборота) ДНК называется нуклеосома, участок свободной ДНК между нуклеосомами называется линкер.

**2. Нуклеомерный.** Это фибрилла, состоящая из нуклеомеров (сближенных нуклеосом) и одиночных нуклеосом.

**3. Хромомерный.** Нуклеомерная фибрилла формирует петли; каждая петля, возможно, содержит один ген. В таком виде наследственный материал находится в интерфазном ядре (состояние хроматина).

**4. Хромонемный.** Петли укладываются в стопки (хромонемы).

**5. Хромосомный.** Хромонемы сближаются, получаются плотные образования, хорошо видимые в световой микроскоп – хромосомы.

Хромосома – это наиболее компактная форма [наследственного материала клетки](http://bio-faq.ru/bio/bio091.html) (по сравнению с нитью ДНК укорочение составляет примерно 1600 раз). У большинства эукариот ДНК скручивается до такой степени только на время деления.

Хромосома может быть одинарной (из одной хроматиды) и двойной (из двух хроматид). Хроматида – это нуклеопротеидная нить, половинка двойной хромосомы.

**Участки хромосомы**

**Центромера** (первичная перетяжка)

* это место соединения двух хроматид;
* к центромере присоединяются нити веретена деления

По сторонам от центромеры лежат **плечи** хромосомы. В зависимости от места расположения центромеры хромосомы делят на

* равноплечие (метацентрические)
* неравноплечие (субметацентрические)
* палочковидные (акроцентрические) – имеется только одно плечо.

**Вторичная перетяжка** – ядрышковый организатор, содержит гены рРНК, имеется у одной – двух хромосом в геноме.

**Теломеры** – концевые участки хромосом, содержащие до 10 тысяч пар нуклеотидов с повторяющейся последовательностью ТТАГГГ. Теломеры не содержат генов, они

* защищают концы хромосом он действия нуклеаз – ферментов, разрушающих ДНК
* обеспечивают прикрепление концов хромосом изнутри к ядерной оболочке
* защищают гены от [концевой недорепликации](http://bio-faq.ru/bio/bio089.html).

**Наборы хромосом**

Одинарный (гаплоидный) набор хромосом характерен для половых клеток (гамет), двойной (диплоидный) – для соматических клеток.

* Одинарный набор превращается в двойной в момент оплодотворения
* Двойной набор превращается в одинарный в момент независимого расхождения двойных хромосом в анафазе I [мейоза](http://bio-faq.ru/bio/bio096.html).

Хромосома может быть одинарной (из одной хроматиды) и двойной (из двух хроматид). Хроматида – это половинка двойной хромосомы.

* Одинарная хромосома превращается в двойную в процессе репликации,
* Двойная хромосома превращается в две одинарные в начале анафазы[митоза](http://bio-faq.ru/bio/bio094.html) и анафазы II мейоза.

При обозначении наборов хромосом

* n означает число наборов (n – одинарный, 2n – двойной)
* с означает количество хроматид по отношению к количеству наборов (n2c – одинарный набор двойных хромосом, 2n2c – двойной набор одинарных хромосом)

Наборы хромосом:

* 2n4c (двойной набор двойных хромосом) – перед любым делением
* 2n2c (двойной набор одинарных хромосом) – после митоза
* n2c (одинарный набор двойных хромосом) – после первого деления мейоза
* nc (одинарный набор одинарных хромосом) – после второго деления мейоза.

**Митоз**

Митоз – это деление соматических клеток (клеток тела). Биологическое значение митоза – получение клеток-копий. (Все соматические клетки организма получены из одной исходной клетки [зиготы] путем митоза.) Продолжительность митоза – 1-2 часа.

1) Профаза

* хроматин спирализуется до состояния хромосом
* ядрышки исчезают
* центриоли расходятся к полюсам клетки, в цитоплазме начинается формирование веретена деления

2) Прометафаза (в ЕГЭ отсутствует)

* ядерная оболочка распадается (в ЕГЭ относится к профазе)
* продолжается формирование веретена деления: от каждой центриоли к каждой центромере протягивается микротрубочка, начинается движение хромосом (в ЕГЭ относится к метафазе)

3) Метафаза

* заканчивается формирование веретена деления: хромосомы выстраиваются по экватору клетки, образуется метафазная пластинка
* хроматиды отделяются друг от друга по всей длине, кроме центриолей

4) Анфаза

* дочерние хромосомы отделяются друг от друга (хроматиды становятся хромосомами)
* дочерние хромосомы расходятся к полюсам

5) Телофаза

* хромосомы деспирализуются до состояния хроматина
* появляются ядро и ядрышки
* нити веретена деления разрушаются
* происходит цитокинез – разделение цитоплазмы материнской клетки на две дочерних

**Отличие митоза от мейоза**

**По итогам**

* После [митоза](http://bio-faq.ru/bio/bio094.html) получается 2 клетки, а после [мейоза](http://bio-faq.ru/bio/bio096.html) – 4.
* После митоза получаются соматические клетки (клетки тела), а после мейоза – половые клетки (гаметы – сперматозоиды и яйцеклетки; у растений после мейоза получаются споры).
* После митоза получаются одинаковые клетки (копии), а после мейоза – разные (происходит рекомбинация наследственной информации).
* После митоза количество хромосом в дочерних клетках остается таким же, как было в материнской, а после мейоза уменьшается в 2 раза (происходит редукция числа хромосом; если бы её не было, то после каждого оплодотворения число хромосом возрастало бы в два раза; чередование редукции и оплодотворения  обеспечивает постоянство числа хромосом)

**По ходу**

* В митозе 1 деление, а в мейозе – 2 (из-за этого получается 4 клетки)
* В профазе первого деления мейоза происходит конъюгация (тесное сближение гомологичных хромосом) и кроссинговер (обмен участками гомологичных хромосом), это приводит к рекомбинации
* В анафазе первого деления мейоза происходит независимое расхождение гомологичных хромосом (приводит к рекомбинации и редукции)

**Биологическое значение**

* митоза – копирование клеток,
* мейоза – [рекомбинация и редукция](http://bio-faq.ru/bio/bio096.html).

**Мейоз**

Мейоз – это деление, при котором получаются половые клетки (у растений – споры). Биологическое значение митоза:

* рекомбинация (перемешивание наследственной информации)
* редукция (уменьшение количества хромосом в 2 раза).

В мейозе происходит два деления подряд.

* В профазе первого деления мейоза (в профазе I), кроме [обычных для профазы событий](http://bio-faq.ru/bio/bio094.html), происходит конъюгация (тесное сближение) гомологичных хромосом. Образуются биваленты; между их четырьмя хроматидами происходит обмен участками (кроссинговер), это приводит к рекомбинации.
* В метафазе I на экваторе клетки выстраиваются биваленты.
* В анафазе I происходит независимое расхождение гомологичных хромосом (к полюсам клетки расходятся двуххроматидные хромосомы). Независимость заключается в том, что каждая пара хромосом расходится независимо от других пар (на этом основан третий закон Менделя).
* В телофазе I мейоза формируются гаплоидные ядра и происходит цитокенез.

В интерфазе между двумя делениями мейоза удвоения хромосом не происходит, поскольку они и так двойные.

Второе деление мейоза ничем не отличается от [митоза](http://bio-faq.ru/bio/bio094.html). Как и в митозе, в анафазе II мейоза к полюсам клетки расходятся одинарные сестринские хромосомы (бывшие хроматиды).

**Клеточный цикл**

Это период жизни клетки от момента её образования путем деления материнской клетки до собственного деления или смерти.

Клеточный цикл состоит из двух периодов:

* интерфаза (состояние, когда клетка НЕ делится);
* деление ([митоз](http://bio-faq.ru/bio/bio094.html) или [мейоз](http://bio-faq.ru/bio/bio096.html)).

Интерфаза состоит из нескольких фаз:

* пресинтетическоая (G1): клетка растет, в ней происходит активный синтез РНК и белков, увеличивается количество органоидов; кроме этого, происходит подготовка к удвоению ДНК (накопление нуклеотидов)
* синтетическая (S): происходит удвоение ДНК (у животных – еще и удвоение центриолей)
* постсинтетическая (G2): клетка готовится к делению, синтезирует необходимые для деления вещества, например белки веретена деления.

У дифференцировавшихся клеток, которые более не делятся, после деления не наступает фаза G1, такое состояние называют фазой покоя G0. Для того чтобы клетка вышла из фазы G0, ей необходимо воздействие фактора роста (например, соматотропина).

В клеточном цикле существует несколько точек контроля. Наиболее важные  – G1/S (проверяется целостность ДНК) и G2/M (проверяется полнота репликации). Если клетка не проходит точку контроля, то ее клеточный цикл останавливается до устранения повреждений либо наступает [апоптоз](http://bio-faq.ru/bio/bio109.html)(запрограммированная клеточная смерть).

Не Различают две формы клеточной смерти – некроз и апоптоз. Отличия:

* Апоптоз запускается физиологическими факторами, например, активацией белка р53, а некроз – нефизиологическими, например, механическим повреждением, атакой комплемента, длительным отсутствием кислорода.
* Апоптоз – это генетически запрограммированный активный процесс, требующий затраты АТФ, а некроз – пассивный процесс, может происходить при +4°.
* При апоптозе клетка сморщивается и распадается на фрагменты, окруженные плазматической мембраной («апоптозные тельца»), их поглощают соседние клетки или фагоциты. При некрозе клеточная мембрана разрушается, содержимое клетки выливается в межклеточную жидкость, это приводит к развитию воспаления (покраснение, опухоль, жар, боль), повреждаются соседние клетки.

Примеры апоптоза:

* исчезновение хвоста у головастика;
* исчезновение перепонок между пальцами у плода человека;
* самоуничтожение Т-лимфоцитов, реагирующих на белки организма (во время [созревания](http://bio-faq.ru/bio/bio125.html) в тимусе)
* самоуничтожение В-лимфоцитов, производящих некачественные антитела во время [клональной селекции](http://bio-faq.ru/bio/bio125.html);
* самоуничтожение клеток, содержащих мутации или чужеродный белок (например, вирусный).

Усиленный апоптоз может приводить к раннему старению и дегенерации (болезнь Альцгеймера). Проявлением недостаточности апоптоза служит неконтролируемое деление атипичных клеток (возникновение [опухолей](http://bio-faq.ru/bio/bio110.html)).

кроз и апоптоз

**Опухоли**

Опухоли и кисты (патологические полости) состоят из клеток, в которых из-за мутаций нарушена регуляция [клеточного цикла](http://bio-faq.ru/bio/bio108.html) (регуляция деления, роста и дифференцировки).

Опухоли сдавливают окружающие ткани, что приводит к нарушению функции органа.  Кроме того, **злокачественная опухоль** (в отличие от доброкачественной):

* проникает в окружающие ткани **(инвазия)**;
* **метастазирует** (клетки плохо скреплены между собой, легко отделяются, переносятся в другое место и там дают метастазы – дочерние опухоли);
* выделяет **токсины**, подавляющих противоопухолевый и общий иммунитет, способствующих развитию у больных общего отравления («интоксикации») и физического истощения («астении»).

Причины возникновения злокачественных опухолей (причины возникновения мутаций):

* Курение – главный изменяемый фактор. (В отличие от рака простаты и прямой кишки, рак легких неизлечим.)
* Другие факторы образа жизни: алкогольные напитки (рак ротовой полости и пищевода), гиподинамия и избыточный вес (рак толстой кишки и молочной железы), избыточное потребление мяса (рак кишечника).
* Онкогенные вирусы. (Вызывают мутации, приводящие к  канцерогенезу – мутации онкогенов, например гена [р53](http://bio-faq.ru/bio/bio111.html).)
* Наследственная предрасположенность, например, наследственные нарушения репарации или [апоптоза](http://bio-faq.ru/bio/bio109.html).
* Повышенный радиационный фон и химическое загрязнение среды.
* Мутации накапливаются с возрастом, поэтому рак обычно характерен для пожилых людей.
* Чтобы клетка смогла неконтролируемо и неограниченно делиться, она должна преодолеть множество систем защиты (в опухолях человека находят в среднем около 10 мутаций).
* Например,  в злокачественных клетках:
* 1. Нарушена работа точек контроля [клеточного цикла](http://bio-faq.ru/bio/bio108.html) (проверка целостности ДНК), это  позволяет клетке с мутациями размножаться.
* 2. Нарушен механизм [апоптоза](http://bio-faq.ru/bio/bio109.html)  
  Например, белок р53 экспрессируется во всех клетках организма. При отсутствии повреждений генетического аппарата р53 неактивен. При появлении повреждений ДНК (двуцепочечных разрывов) р53 активируется и запускает транскрипцию белков апоптоза. Папилломавирус человека имеет белок, разрушающий белок p53. В результате ПВЧ приводит к развитию рака шейки матки (т.е. является онковирусом).
* 3. Активирован ген [теломеразы](http://bio-faq.ru/bio/bio089.html), так что снимается ограничение числа клеточных делений (лимит Хейфлика), связанное с сокращением размера теломеров из-за концевой недорепликации.
* 4. Часто наблюдается избыточная экспрессия факторов роста и их рецепторов.
* 5. Наблюдаются изменения в цитоскелете и потеря чувствительности к контактному торможению. (Нормальные клетки млекопитающих, растущие в культуре, перестают делиться, когда им не хватает свободного места).

**Отличие полового и бесполого размножения**

1) В бесполом размножении участвует один организм, а в половом – два.

2) В бесполом размножении участвуют соматические клетки, размножающиеся митозом, а в половом – половые клетки (гаметы), полученные путем мейоза. Следовательно, при бесполом размножении дети получаются одинаковые, а при половом – разные.

3) При половом размножении происходят большие затраты энергии (на поиск полового партнера и т.п.). При бесполом размножении затраты энергии меньше. Сдедовательно, при одинаковых затратах бесполым путем можно получить больше потомства и в более короткие сроки.

**Главным отличием полового размножения от бесполого** **является рекомбинация** (разные дети; за счет этого создается материал для естественного отбора).

Многие организмы могут размножаться как половым, так и бесполым путем (например, кишечнополостные).

* В хороших условиях организму выгодно делать детей таких же, как он, хорошо приспособленных, т.е. размножаться бесполым путем.
* В плохих условиях организму нет смысла делать детей таких же, как он, плохо приспособленных, поэтому он размножается половым путем, делает разных детей, в надежде, что кто-то из них случайно окажется более приспособленным, чем родитель.

**Способы бесполого размножения**

**1) Деление одноклеточных** (амеба).

**2) Спорообразование**

* споры бактерий не служат для размножения, т.к. из одной бактерии образуется одна спора. Они служат для переживания неблагоприятных условий и расселения (ветром).
* споры грибов и растений служат для размножения.
  + митоспоры образуются путем митоза у некоторых водорослей и грибов
  + мейоспоры образуются путем мейоза у высших растений и грибов

**3) Почкование:**дочерние особи формируются из выростов тела материнского организма (почек) – у кишечнополостных, дрожжей. (Если молодые особи не отделяются от материнского организма, то получается колония.)

**4) Фрагментация:** материнский организм делится на части, каждая часть превращается в дочерний организм. (Спирогира, кишечнополостные, морские звезды.)

**5) Вегетативное размножение** растений: размножение с помощью вегетативных органов.

* корнями – малина
* листьями – фиалка
* специализированными видоизмененными побегами:
  + луковицами (лук)
  + корневищем (пырей)
  + клубнем (картофель)
  + усами (земляника)

Вегетативное размножение используется в сельском хозяйстве для точного воспроизведения всех признаков материнского организма.

3-5 способы основаны на **регенерации** – способности живых организмов восстанавливать повреждённые ткани и органы. Происходит за счет наличия в организме стволовых клеток, способных превращаться в любые другие клетки. У человека, например, постоянно обновляется кожа. У более простых организмов возможно восстановление целых органов.

**Способы полового размножения**

**1) Гаметогамия:** с помощью гамет

* изогамия – гаметы одинаковые (хламидомонада)
* анизогамия – гаметы разные (бурые водоросли)
* оогамия – яйцеклетка крупная неподвижная (человек)

Гермафродит – это организм, который образует и женские, и мужские гаметы (большинство высших растений [однодомные], кишечнополостные, плоские и некоторые кольчатые черви, моллюски). Большинство гермафродитов оплодотворяется перекрестно; самооплодотворяется, например, бычий цепень.

**2) Гаметангиогамия**  – слияние половых органов – гаметангиев (аскомицеты [сморчки]).

**3) Слияние двух соматических клеток**

* у базидиомицетов (подберезовики) называется «соматогамия»
* у зеленой водоросли спирогиры называется «конъюгация»: две нити спирогиры сближаются, образуются копуляционные мостики, содержимое одной нити перетекает в другую, получается одна нить из зигот, вторая – из пустых оболочек.

**4) Конъюгация** у инфузорий: две инфузории сближаются, макронуклеус разрушается, микронуклеус делится мейозом, из 4 ядер 3 разрушаются, одно делится митозом, затем инфузории обмениваются ядрами, в каждой инфузории свое ядро сливается с чужим, получается диплоидное ядро, оно делится, образуется микронуклеус и будущий макронуклеус.

**5) «Девственное размножение»**

* партеногенез: ребенок развивается из неоплодотворенной яйцеклетки (тли, дафнии, трутни у пчел)
* андрогенез: ребенок развивается из оплодотворенной яйцеклетки, имеющей только ядро сперматозоида (ядро яйцеклетки разрушается) – шелкопряд, табак, кукуруза

**Половые клетки**

Женские гаметы – яйцеклетки, образуются в яичниках. Отличия яйцеклеток от нормальных клеток:

* одинарный набор хромосом;
* запас питательных веществ для развития зародыша
* очень большой размер, чтобы эмбриональное развитие происходило быстрее (во время дробления клетки только делятся, не тратят время на рост)

Мужские гаметы – сперматозоиды, образуются в семенниках (яичках). Человеческий сперматозоид состоит из головки, шейки и хвостика.

* В передней части головки находится акросома (лизосома, ферменты которой переваривают оболочку яйцеклетки),
* в головке находится ядро;
* в шейке находится крупная спиральная митохондрия, которая обеспечивает сперматозоид энергией;
* хвостик – это жгутик.

Стадии гаметогенеза (образования половых клеток):

* размножение (диплоидные предшественники половых клеток делятся митозом)
* рост
* созревание (происходит мейоз).

При овогенезе их четырех клеток, образующихся после мейоза, только одна становится яйцеклеткой, а остальные три (редукционные, полярные, направительные тельца) получаются очень маленькие и быстро погибают. Это нужно для того, чтобы собрать всю цитоплазму и все запасные вещества в одной клетке.

При сперматогенезе после стадии созревания происходит четвертая стадия – формирование, когда клетки нормального строения превращаются в сперматозоиды.

**Определение пола**

#### Хромосомное

1) Пол зависит от наличия или отсутствия одной хромосомы.

* У человека ХY – мужчина, ХХ – женщина.
* У птиц гетерохромосомным полом являются самки.

2) Пол зависит от общего количества половых хромосом .

* У некоторых бабочек при одной половой хромосоме получается самка, а при двух – самец.
* У некоторых клопов – наоборот, одна хромосома у самцов, две у самок.
* У дрозофилы имеется Y, но пол зависит от количества хромосом Х. Разница с человеком обнаруживается по мутантам ХХY и Х0.

3) У пчел и муравьев самцы образуются из неоплодотворенной яйцеклетки (партеногенез) и имеют одинарный набор хромосом, а самки имеют двойной.

### Нехромосомное

1) Пол может закономерно меняться в течение жизни.

* Молодые особи – самки, с течением жизни  превращаются в самцов (некоторые рыбы, земноводные).
* У огурцов и кабачков на молодом растении образуются только мужские цветки, затем поровну мужские и женские, а ближе к концу цветения – только женские.

2) Пол может зависеть от условий жизни.

* У некоторых плаунов при большой влажности из споры прорастает женский заросток, а при маленькой влажности – мужской.
* У крокодилов пол ребенка зависит от температуры – чем жарче, тем больше получается самок.

**Онтогенез**

Это индивидуальное развитие организма от момента его зарождения до смерти. Моментом зарождения при половом размножении считается оплодотворение, а при бесполом – обособление от родительского организма.

Периоды онтогенеза (при половом размножении у многоклеточных животных)

**1) Зародышевое (эмбриональное) развитие** – с момента оплодотворения до выхода из яйца (рождения). Включает стадии

* дробления,
* гаструляции
* органогенеза.

**2) Постэмбриональное развитие** (ювенильный период) продолжается до наступления полового созревания. Бывает двух видов:

* Прямое – когда ребенок похож на родителя, только меньше по размерам и у него недоразвиты некоторые органы (млекопитающие, птицы).
* Непрямое (с превращением, с метаморфозом) – когда ребенок (личинка) сильно отличается от родителя (лягушки, насекомые).

**3) Взрослое состояние (репродуктивный период)** – с момента начала размножения до момента его окончания.

**4) Старость** – с момента утраты способности к размножению до смерти. Характеризуется затуханием функций организма, ухудшением здоровья. Существуют две противоположные теории старения:

* Это вредный, разрушительный процесс. Происходит из-за того, что в организме постепенно накапливаются мутации и вредные вещества.
* Это полезный, генетически запрограммированный процесс. Уровень метаболизма снижается для того, чтобы уменьшить вероятность развития раковых заболеваний (таким образом, старение продлевает жизнь).

**Дифференцировка**

Все соматические клетки одного организма имеют одинаковую ДНК, поскольку они были получены из одной исходной клетки – зиготы – путем митоза. Различия в строении между ними связано с тем, что в них работают разные гены (происходит дифференциальная [экпрессия](http://bio-faq.ru/bio/bio081.html) генов). Например, из 40 тыс. генов человека в каждой клетке включены около 12 тыс.; 10 тыс. из них одинаковые во всех клетках («гены домашнего хозяйства»), а 2 тыс. генов в каждой ткани включены свои («гены роскоши»).

Дифференцировка – это процесс приобретения клеткой специфических свойств (за счет включения определенного набора «генов роскоши»).

Механизмы дифференцировки (почему между клетками с одинаковой ДНК возникают различия):

**1) цитоплазматическая сегрегация**  
Внутри цитоплазмы клетки различные сигнальные вещества (транскрипционные факторы) распределены неравномерно, поэтому после деления получаются две клетки с не совсем одинаковым содержимым, в них включатся различные гены.

**2) эмбриональная индукция**  
На клетку воздействуют сигнальные вещества, выделяемые другими клетками. Например, если зачаток нервной трубки одного зародыша пересадить в эктодерму на брюшной стороне другого зародыша, то вокруг пересаженной нервной трубки сформируется комплекс осевых органов и получится двойной зародыш.

Отключение генов роскоши в соматических клетках происходит путем метилирования цитозина. Ферменты транскрипции не могут работать на метилированных участках, поэтому синтез соответствующих белков не происходит. Такой способ отключения генов никак не влияет на наследственную информацию, потому что метилирование не нарушает комплементарность метил-цитозина с гуанином. Ферменты репликации позволяют сохранять выключенное состояние гена в ряду клеточных делений.

В любой соматической клетке большая часть генов отключена, поэтому вырастить из соматической клетки новый организм невозможно. Даже в стволовых клетках человека многие гены отключены, так что, например, из клетки ККМ можно получить любую клетку крови, но нельзя получить клетку другой ткани.

При образовании половых клеток происходит обратный процесс – деметилирование, поэтому развитие нового организма начинается «с нуля». Этим свойством половых клеток пользуются при клонировании, когда соматическую клетку, из которой хотят вырастить новый организм, сливают с яйцеклеткой, лишенной ядра. Гены ядра соматической клетки деметилируются и такая искусственная «зигота» может развиться в новый организм. (Теломеры в хромосомах соматической клетки укороченные, поэтому клон будет жить меньше).

**Эмбриональное развитие**

**1) Дробление**  
Зигота, полученная в результате оплодотворения, приступает к делению. Интерфаза между делениями очень короткая, в ней происходит только удвоение ДНК, а рост клеток и размножение органоидов не происходит (потому что яйцеклетка и так была очень большая и содержала все необходимые запасы). В процессе дробления клетки постепенно уменьшаются, пока не достигают нормальных размеров.

**2) Бластуляция**  
В процессе дробления образуется бластула – полый шарик из одного слоя клеток. Его стенка называется бластодерма, полость – бластоцель.

**3) Гаструляция**  
Затем бластула превращается в гаструлу – двухслойный шарик. Наружный слой клеток бластулы называется эктодерма, внутренний – энтодерма, отверстие в гаструле называется первичный рот, он ведет в кишечную (гастральную) полость – гастроцель.

**4) Органогенез (образование органов)**  
Начинается с нейруляции – образования нервной пластинки в эктодерме на спинной стороне зародыша. В энтодерме

* под нервной пластинкой закладывается хорда,
* по бокам от хорды – мезодерма.

**В дальнейшем**

* из эктодермы образуется кожа и нервная система;
* из энтодермы – пищеварительная и дыхательная система;
* из мезодермы – всё остальное (скелет, мышцы, кровеносная, выделительная, половая системы).

**Постэмбриональное развитие**

Бывает двух видов:  
1) **Прямое** – когда ребенок похож на родителя, только меньше по размерам и у него недоразвиты некоторые органы (млекопитающие, птицы).  
2) **Непрямое** (с превращением, с метаморфозом) – когда ребенок (личинка) сильно отличается от родителя (лягушки, насекомые).

**Личинка лягушки (головастик)** не похожа на взрослое земноводное, а похожа на рыбу:

* у головастика нет конечностей
* дыхание жаберное
* двухкамерное сердце
* один круг кровообращения
* имеется боковая линия.

Постепенно (в течение 3-4 месяцев) эти «рыбьи» органы заменяются на органы взрослых земноводных.

**У всех насекомых развитие непрямое** (с превращением), делится на 2 вида:  
1) С полным превращением – из яйца развивается личинка, она питается, растет, затем превращается в покоящуюся стадию куколку, внутри которой происходит полная перестройка всех органов, из куколки выходит взрослое насекомое (имаго). Полное превращение характерно для:

* чешуекрылых (бабочек);
* жесткокрылых (жуков);
* двукрылых (мух и комаров);
* перепончатокрылых (пчел, ос, шмелей) и т.п.

2) Неполное превращение – когда отсутствует стадия куколки, личинка в процессе линек постепенно превращается в имаго. Неполное превращение характерно для:

* тараканов;
* полужесткокрылых (клопов);
* прямокрылых (кузнечиков, саранчи)

**Виды мутаций**

**Генные** – изменение строения одного гена. Это изменение последовательности нуклеотидов: выпадение, вставка, замена и т.п. Например, замена А на Т. Причины – нарушения при удвоении ДНК. Примеры: серповидноклеточная анемия, фенилкетонурия.

**Хромосомные** – изменение строения хромосом: выпадение участка, удвоение участка, поворот участка на 180 градусов, перенос участка на другую (негомологичную) хромосому и т.п. Причины – нарушения при кроссинговере. Пример: синдром кошачьего крика.

**Геномные** – изменение количества хромосом. Причины – нарушения при расхождении хромосом.

* Полиплоидия – кратные изменения (в несколько раз, например, 12 → 24). У животных не встречается, у растений приводит к увеличению размера.
* Анеуплоидия – изменения на одну-две хромосомы. Например, одна лишняя двадцать первая хромосома приводит к синдрому Дауна.

**Цитоплазматические** – изменения в ДНК митохондрий и пластид. Передаются только по женской линии, т.к. митохондрии и пластиды из сперматозоидов в зиготу не попадают. Пример у растений – пестролистность.

**Соматические** – мутации в соматических клетках (могут быть четырех вышеназванных видов). При половом размножении по наследству не передаются. Передаются при бесполом размножении – вегетативном у растений, почковании и фрагментации у кишечнополостных.

**Причины мутаций**

Мутации – это изменения ДНК клетки (изменение строения или количества хромосом). Мутации передаются по наследству, служат материалом для естественного отбора.

У эукариот один ген мутирует в одной гамете из ста тысяч. В геноме человека около 40 тысяч генов, следовательно, две из пяти человеческих гамет содержат новую, только что возникшую мутацию (а кроме того, множество рецессивных мутаций, возникших у предков).

Причины мутаций:

* физические (ультрафиолетовое и радиационное излучение, высокая температура)
* химические (воздействие мутагенов, например, спирта)
* биологические (вирусы и мобильные генетические элементы могут встраивать свою ДНК в хромосомы клетки)

Закон гомологических рядов Н.И.Вавилова: «Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости. Зная ряд мутаций у одного вида, можно предвидеть нахождение сходных мутаций у других близких видов и родов».

Например, род пшеница состоит из нескольких видов (твердая, мягкая, карликовая и т.п.) В каждом из этих видов встречаются озимые и яровые, остистые и безостые, красно- и белозерные сорта. Эти же мутации встречаются и у других родов семейства злаков.

**Виды мутаций**

**Мутационная.** Мутации – это изменения в ДНК клетки. Бывают 3 видов:

* Генная – изменение строения гена (серповидноклеточная анемия)
* Хромосомная – изменение строения хромосомы (синдром кошачьего крика)
* Геномная – изменение количества хромосом (синдром Дауна)

**Наследственная** – потому что передается по наследству.  
**Генотипическая** – потому что изменения происходят в генотипе (в ДНК), поэтому она и передается по наследству.

**Неопределенная** – потому что нельзя заранее определить, какая именно произойдет мутация.  
**Индивидуальная** – потому что мутации у каждого организма происходят свои.  
Например: обработаем мешок пшеницы радиацией. Во всех семенах произойдут мутации, но какие именно – неизвестно, в каждом семени будут разные.

**Неприспособительная** – потому что мутации не приспосабливают организм к условиям жизни. Большинство мутаций – вредные. Мутации поставляют материал для естественного отбора, именно ЕО приспосабливает организмы к условиям.   
Например: тысячи лет подряд в результате мутаций рождались темные березовые пяденицы, они были более заметны на белом фоне, поэтому погибали.

**Виды ненаследственной изменчивости**

**Модификационная**, потому что на основе одного генотипа можно получить несколько разных модификаций. Например, можно разрезать корень одуванчика на 2 части и посадить их в разные условия; вырастут разные растения, хотя генотип у них одинаковый.

**Ненаследственная** – потому что не передается по наследству.  
**Фенотипическая** – потому что изменения происходят в фенотипе, т.е. в признаках организма, а ДНК при этом не изменяется, поэтому и по наследству модификации не передаются. (в ДНК), поэтому она и передается по наследству.

**Определенная** – потому можно заранее определить, какие изменения произойдут.  
**Групповая (массовая)** – потому что модификации в сходных условиях происходят одинаковые.  
Например: можно отправить 100 человек на юг. Все они загорят (групповая), и мы это заранее знаем (определенная).

**Приспособительная** – потому что модификации зависят от окружающей среды и приспосабливают организм к ним. Например, загар помогает коже задерживать ультрафиолетовый свет.

Для модификационной изменчивости характерны границы, внутри которых могут происходить изменения. Они заложены в генотипе, называются **«норма реакции»**. Например, белый человек никогда не сможет загореть до состояния негра.

**Комбинативная изменчивость**

Возникает при перекомбинации (перемешивании) генов отца и матери. Является разновидностью наследственной изменчивости, только не передается по наследству в полной мере.

Источники:

* Кроссинговер при мейозе (гомологичные хромосомы тесно сближаются и меняются участками).
* Независимое расхождение хромосом при мейозе (каждая пара гомологичных хромосом расходится независимо от других пар).
* Случайное слияние гамет при оплодотворении.

**Примеры**

У цветка ночная красавица есть ген красного цвета лепестков А, и ген белого цвета а. Организм Аа имеет розовый цвет лепестков. Таким образом, у ночной красавицы нет гена розового цвета, розовый цвет возникает при сочетании (комбинации) красного и белого гена.

У человека есть наследственное заболевание серповидноклеточная анемия. АА – норма, аа – смерть, Аа – СКА. При СКА человек не может переносить повышенных физических нагрузок, при этом он не болеет малярией, т.е. возбудитель малярии малярийный плазмодий не может питаться неправильным гемоглобином. Такой признак полезен в экваториальном поясе; для него нет гена, он возникает при сочетании генов А и а.

**Генетика**

1866 **Грегор Мендель** открыл основные закономерности генетики. (Работа не была понята современниками.)

1900 **Корренс, Чермак, деФриз** – независимо друг от друга переоткрыли законы Менделя

1902 **Саттон и Бовери** независимо друг от друга предположили, что гены находятся в хромосомах. Предположение было отвергнуто, поскольку генов – десятки тысяч, а хромосом – десятки, и сцепление должно встречаться постоянно, но этого не происходит.

1906 **Вильгельм Иогансен** ввел понятия «аллель», «ген», «генотип», «фенотип». Доказал неэффективность отбора в чистых линиях.

1911 **Томас Морган** обосновал хромосомную теорию наследственности, изучал механизмы сцепления генов, наследования пола у животных.

1928 **Николай Кольцов** первым высказал идею матричного синтеза.

1944 **Томас Эвери** смог заразить мышей смесью авирулентного пневмококка и ДНК, выделенной из убитого нагреванием вирулентного пневмококка (доказал, что именно ДНК является носителем наследственной информации).

1945 – **Бидл и Тейтем** обнаружили, что у гриба нейроспоры генная мутация приводит к утрате штаммом способности синтезировать какую-либо необходимую для роста аминокислоту. Выдвинули концепцию «один ген – один фермент» (показали, что именно записано в генах).

**Мендель**

Основные положения:

* Гибридологический метод – скрещивание родителей, получение гибридного потомства и изучение его признаков.
* Моногибридное скрещивание – скрещивание организмов, отличающихся только по одному признаку.
* Чистая линия – группа растений, которые при самоопылении не дают расщепления (гомозиготы по всем генам).

В отличие от многих других ученых своего времени Мендель:

* упростил задачу, исследовал наследование только одного признака (моногибридное скрещивание чистых линий)
* поставил серию опытов так, чтобы исключить возможность искажения результатов (взял самоопыляемое растение, оставлял в цветке только пестики, тычинки удалял, затем опылял перекрестно)
* получил большую выборку данных, так что стали заметны статистические закономерности (например, при получении соотношения 3:1 у него было 6023 и 2001 горошины.)

Работа Менделя

* Скрестил чистую линию желтого гороха и чистую линию зеленого гороха. Все потомство (первого поколения) получилось желтое (закон единообразия)
* Самоопылил гибридное желтое потомство. Во втором поколении получилось расщепление: 25% зеленых, 75% желтых (закон расщепления). Вывод: в полностью желтом первом поколении зеленый признак не исчез и не растворился, а просто спрятался.

Аллельные гены **Ген** – участок хромосомы, отвечающий за определенный признак (фен). Совокупность всех генов организма называется **генотип**, совокупность признаков – **фенотип**.

У диплоидных организмов за каждый признак отвечают два гена (один от отца, другой от матери). Такие гены называются **аллельными**, они находятся в гомологичных хромосомах.

В половых клетках (гаплоидных) за каждый признак отвечает только один ген (на этом основано «правило чистоты гамет»).

**Аллель** – одна из форм одного и того же гена, определяет один из вариантов развития признака.

Обычно выделяют два аллеля: **доминантный** (соответствует нормальному гену) и **рецессивный** (объединяет в себя множество различных мутаций данного гена, приводящих к тому, что ген не работает).

При множественном аллелизме выделяют больше двух аллелей, например, в наследовании группы крови участвует три (IA, IB, I0). Диплоидный организм имеет два таких аллеля (один от папы, другой от мамы) в разных сочетаниях.

Организм, у которого аллельные гены одинаковы, называется **гомозиготным**(по данному признаку). Если аллельные гены разные – **гетерозиготным**. В гетерозиготе **доминантный** признак проявляется в фенотипе, а **рецессивный**– скрывается. [[подробнее о взаимодействии аллельных генов]](http://bio-faq.ru/bio/bio136.html)

**Моногибридное скрещивание**

#### Расщепления нет

Все потомство одинаковое – значит, скрещивали двух гомозигот, это первый закон Менделя, закон единообразия («При моногибридном скрещивании чистых линий все потомство получается единообразное»).

### 3:1

Скрещивали двух гетерозигот, это второй закон Менделя, закон расщепления («При самоопылении гибридов первого поколения во втором поколении получается расщепление 3:1, три части потомства имеют доминантный признак, одна часть – рецессивный»).

### 1:1

Скрещивали гетерозиготу и рецессивную гомозиготу, это анализирующее скрещивание.

У диплоидного организма при диаллельном наследовании возможно три сочетания аллелей:

* АА – доминантный признак
* Аа – доминантный признак
* аа – рецессивный признак.

Если у организма рецессивный фенотип, то его генотип – рецессивная гомозигота. При доминантном фенотипе генотип неизвестен (доминантная гомозигота или гетерозигота), чтобы определить генотип проводят анализирующее скрещивание (с рецессивной гомозиготой).

* Если всё потомство получается одинаковое (единообразное, расщепления нет), то анализируемый организм является доминантной гомозиготой.
* Если в потомстве получается расщепление 1:1, то анализируемый организм был гетерозиготой.
* **полное доминирование:** гетерозигота имеет доминантный фенотип. Встречается, когда продукт гена требуется в небольших количествах, например, является регулятором. Например: желтый цвет гороха доминирует над зеленым, праворукость над леворукостью.
* **Неполное доминирование (промежуточный характер наследования):**гетерозигота имеет фенотип, промежуточный между доминантным и рецессивным. Встречается, когда продукт гена является конечным продуктом и требуется в больших количествах. Например: у цветка ночной красавицы гомозиготы имеют красные и белые лепестки, гетерозигота – розовый.

### 1:2:1

* Скрещивали двух гетерозигот при неполном доминировании

### 1:2

* Скрещивали двух гетерозигот при летальном гене, например серповидноклеточная анемия (СКА)  
  АА – норма  
  Аа – легкая форма болезни (больной не переносит физических нагрузок, не болеет малярией)  
  аа – тяжелая форма болезни, смерть.
* **Кодоминирование:** оба признака проявляются одновременно, независимо. Например, при наследовании группы крови человека эритроцит IAIA будет иметь на поверхности мембраны антиген (агглютиноген) А, эритроцит IBIBбудет иметь антиген В, эритроцит IAIВ будет иметь оба антигена.

**Третий закон Менделя**

Дигибридное скрещивание – скрещивание организмов, отличающихся двумя признаками.

Мендель скрестил чистую линию желтого гладкого гороха с чистой линией зеленого морщинистого. Все потомство получилось желтым гладким.

P AABB x aabb  
G  (AB)     (ab)  
F1       AaBb

Мендель дал этому потомству самоопылиться. В потомстве второго поколения получилось расщепление 9:3:3:1.

P AaBb x AaBb  
G  (AB)    (AB)  
     (Ab)    (Ab)  
     (aB)    (aB)  
     (ab)    (ab)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | AB | Ab | aB | ab |
| AB | AABB ж.г. | AABb ж.г. | AaBB ж.г. | AaBb ж.г. |
| Ab | AABb ж.г. | AAbb ж.м. | AaBb ж.г. | Aabb ж.м. |
| aB | AaBB ж.г. | AaBb ж.г. | aaBB з.г. | aaBb з.г. |
| ab | AaBb ж.г. | Aabb ж.м. | aaBb з.г. | aabb з.м. |

9 A\_B\_ желтые гладкие  
3 A\_bb желтые морщинистые  
3 aaB\_ зеленые гладкие  
1 aabb зеленые морщинистые

Общее количество желтых горошин составило 9+3=12, общее количество зеленых 3+1=4; 12:4 – это 3:1; с гладкими/морщиныстыми горошинами получилось то же самое.

**Третий закон Менделя (закон независимого наследования): расщепление по каждой паре признаков происходит независимо от других пар признаков.**

Основываясь на третьем законе, можно проводить ди- и полигибридные скрещивания не только решеткой Пеннета, но и перемножением вероятностей. Например, скрещивание AaBb x AaBb можно рассмотреть как два независимых скрещивания Aa x Aa и Bb x Bb.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Результаты скрещивания Aa x Aa | |
|  |  | 3/4 А\_ | 1/4 аа |
| Результаты  скрещивания Bb x Bb | 3/4 B\_ | 9/16 A\_B\_ | 3/16 aaB\_ |
| 1/4 bb | 3/16 A\_bb | 1/16 aabb |

**Взаимодействие неаллельных генов**

**1. Комплементарность** – признак проявляется при наличии доминантных аллелей в обеих аллельных парах.  
Например, при скрещивании двух белых цветов душистого горошка все потомство получается пурпурным, а во втором поколении получается расщепление 9:7

|  |  |
| --- | --- |
| 9 А\_В\_ | пурпурный |
| 3 А\_bb | белый |
| 3 aaB\_ |
| 1 aabb |

Получение краски (антоциана) – многостадийный процесс, для его завершения требуются оба фермента.

**2. Доминантный эпистаз**  – наличие доминантного гена в одной аллельной паре подавляет проявление признака, кодируемого другой аллельной парой.  
Например, при скрещивании черной и белой кошки потомство получается белое, во втором поколении получается расщепление 13:3

|  |  |
| --- | --- |
| 9 А\_В\_ | Ген А (супрессор) не дал проявиться гену В |
| 3 А\_bb | проявляться некому |
| 3 aaB\_ | ген В проявился |
| 1 aabb | проявляться некому |

В – синтез меланина, b – меланин не синтезируется  
А – пигментные клетки не могут попасть в волос, а – могут.

**3. Рецессивный эпистаз** – наличие рецессивного гена в одной аллельной паре подавляет проявление признака, кодируемого другой аллельной парой.  
Пример: при скрещивании черных и белых мышей все потомство получается агути (рыжевато-серое), во втором поколении получается расщепление 9:3:4

|  |  |
| --- | --- |
| 9 А\_В\_ | агути |
| 3 А\_bb | черный |
| 3 aaB\_ | белый |
| 1 aabb |

При наличии аа меланин не вырабатывается, под действием гена В меланин распределяется по волосу.

**4. Полимерия** – признак зависит от количества доминантных аллелей в нескольких разных аллельных парах.  
Например, у человека кумулятивная полимерия – чем больше доминантных генов, тем сильнее выражен признак.  
ААВВ – негр  
АaВВ, ААВb – темный мулат  
ААbb, aaBB, AaBb – средний мулат  
Aabb, aaBb – светлый мулат  
aabb – белый.

**Сцепленное наследование генов**

Биологической основой третьего закона Менделя является независимое расхождение хромосом при мейозе. Поэтому третий закон верен только для генов, находящихся в разных парах гомологичных хромосом.

Если гены находятся в одной паре гомологичных хромосом, то они наследуются вместе (сцеплено), потому что не могут разойтись независимо друг от друга.

Все гены, находящиеся в одной хромосоме, образуют группу сцепления. Закон Моргана: «Количество групп сцепления равняется количеству хромосом в гаплоидном наборе».

При полном сцеплении (встречается, например, у самцов дрозофил) дигетерозигота образует только два типа гамет.

Гораздо чаще встречается неполное сцепление, когда из-за кроссинговера при мейозе происходит обмен участками хромосом. Тогда дигетерозигота образует 4 типа гамет в неравном соотношении: большую часть составляют гаметы с группой сцепления, меньшую – рекомбинантные (кроссоверные) гаметы.

Доля рекомбинантных гамет (частота перекрёста) зависит от расстояния между генами в хромосоме, измеряется в условных единицах морганидах (сантиморганидах). Фраза «расстояние между генами А и В равняется 10 морганид» означает, что рекомбинантных гамет получится в сумме 10% (5%+5%), а нормальных – 90% (45% и 45%).

Если гены находятся близко друг к другу, то вероятность перекреста между ними мала (например, 1%).

Чем дальше гены друг от друга, тем сильнее возрастает возможность повторного перекреста между ними. Если перекрест между генами произойдет два раза, то получатся «сцепленные» гаметы, и расстояние между генами (измеряемое по количеству рекомбинантных детей) окажется меньше, чем действительное. Поэтому при составлении генетических карт достоверными считаются расстояния до 5 морганид.

При расстоянии между генами 50 морганид или больше перекрест точно попадает между ними несколько раз. Если он произойдет нечетное число раз, то получатся рекомбинантные гаметы, а если четное – то «нормальные».

Процесс кроссинговера случаен; длина средней хромосомы – около 1000 морганид. Поэтому при большом расстоянии между генами (например, 100 морганид) в половине случаев кроссинговер попадает четное число раз, в половине нечетное. Получится 50% нормальных, 50% рекомбинантных гамет, т.е. четыре типа гамет по 25% каждой – так же, как при независимом наследовании по третьему закону Менделя. Из-за этого сцепление обнаруживается гораздо реже, чем оно имеет место на самом деле.

**Генетическаие карты**

Для хорошо изученных видов (например, дрозофилы) в 20 веке разными учеными были проведены тысячи анализирующих дигибридных скрещиваний. Сопоставление расстояний между различными генами в одной группе сцепления позволило построить полную генетическую карту группы, т.е. определить правильный порядок генов в ней.

Знание близко лежащих друг к другу (т.е. тесно сцепленных) генов позволяет отбирать маркеры для важных скрытых генов, чтобы с помощью этих маркеров определять наличие важного гена в организме до его проявления в виде признака.

Например, чтобы определить наличие у быка гена высокой молочности, надо убедиться, что у быка присутствует какой-либо тесно сцепленный с молочностью признак (а раньше  приходилось ждать, пока дочери этого быка родят и начнут давать молоко).

Для того чтобы сопоставить группу сцепления с определенной хромосомой, использовались хромосомы с измененной структурой. Проводилось дигибридное анализирующее скрещивание, в котором один признак был «хромосома с измененной структурой», а другой – один из признаков группы сцепления.

**Генетика половых хромосом**

На ранних стадиях дробления одна из двух Х-хромосом в каждой клетке женщины инактивируется, при последующих делениях она остается инактивированной. В результате женский организм получается мозаичным – в одной части клеток работает материнская Х-хромосома, в другой – отцовская.

Инактивированная хромосома в интерфазе находится в конденсированном расстоянии, ее можно увидеть в микроскоп (тельце Барра). По его наличию или отсутствию можно диагностировать синдром Клайнфельтера (ХХY) и Шерешевского-Тернера (Х0).

### Сцепление с полом

У человека Y-хромосома гораздо меньше, чем Х-хромосома, поэтому она не содержит некоторые гены.  Эти гены у мужчин имеются только в одном экземпляре (в Х-хромосоме), поэтому такой ген всегда проявляется, даже если он рецессивный. Например, по гемофилии женщина может быть нормальной ХНХН, носительницей ХНХh и больной XhXh, а мужчина – только здоровый XHY или больной XhY.

Вероятность гемофилии у мужчин 1/6660. Для того чтобы женщина болела гемофилией, она должна получить два редких гена h, вероятность такого совпадения – около 1 из 40 млн.

**Экспрессия и пенентрантность**

Ген, имеющийся в генотипе в необходимом для проявления количестве (1 аллель для доминантных признаков и 2 аллеля для рецессивных) может проявляться в виде признака в разной степени у разных организмов (экспрессивность) или вообще не проявляться (пенетрантность). Причины:

* модификационная изменчивость (воздействие условий окружающей среды)
* комбинативная изменчивость (воздействие других генов генотипа).

**Экспрессивность** – степень фенотипического проявления аллеля. Например, аллели групп крови АВ0 у человека имеют постоянную экспрессивность (всегда проявляются на 100%), а аллели, определяющие окраску глаз, – изменчивую экспрессивность. Рецессивная мутация, уменьшающая число фасеток глаза у дрозофилы, у разных особей по разному уменьшает число фасеток вплоть до полного их отсутствия.

**Пенетрантность** – вероятность фенотипического проявления признака при наличии соответствующего гена. Например, пенетрантность врожденного вывиха бедра у человека составляет 25%, т.е. болезнью страдает только  1/4 рецессивных гомозигот. Медико-генетическое значение пенетрантности: здоровый человек, у которого один из родителей страдает заболеванием с неполной пенетрантностью, может иметь непроявляющийся мутантный ген и передать его детям.

**Методы генетики человека**

Гибридологический метод не подходит для человека по морально-этическим соображениям, а так же из-за малочисленного потомства и позднего полового созревания. Поэтому для изучения генетики человека применяют косвенные методы.

**1) Цитогенетический** – изучение под микроскопом хромосомного набора. Позволяет соотносить хромосомные аномалии (нарушение количества и/или строения хромосом) с различными болезнями и синдромами. Например, при синдроме Дауна имеется одна лишняя 21-ая хромосома.

Берут кровь человека, выделяют лейкоциты, обрабатывают веществами, стимулирующими деление, ждут начала митоза и фиксируют препарат, затем дифференциально окрашивают (получается чередование полос, по которому можно узнать каждую хромосому).

Во время беременности можно взять клетки плода (кровь из пуповины, либо амниотическую жидкость, либо фрагменты плаценты) и изучить их хромосомный набор; при обнаружении крупных мутаций – сделать аборт.

**2) Биохимический** – изучение химического состава организма. Обнаружив биохимическую аномалию, можно целенаправленно искать ее причину (мутацию в определенном гене).

При медико-генетическом консультировании метод позволяет узнать, являются ли пациенты гетерозиготами по патологическому гену. Например, гетерозиготы по гену фенилкетонурии не болеют, но в их крови можно обнаружить слегка повышенное содержание фенилаланина.

**3) Генеалогический** – изучение родословных. Позволяет определить способ наследования признака:

* доминантный признак (праворукость) проявляется в каждом поколении
* рецессивный – через поколение (голубой цвет глаз)
* признак, сцепленный с полом, чаще проявляется у одного пола (гемофилия)

Механизм наследования гемофилии был выявлен при изучении родословной английской королевы Виктории.

При медико-генетическом консультировании метод  позволяет рассчитать вероятность рождения детей с наследственными заболеваниями.

**4) Близнецовый** – сравнение однояйцевых близнецов, позволяет изучать модификационную изменчивость (определять, какие признаки и как именно зависят от окружающей среды).

Однояйцевые близнецы получаются, когда один зародыш на стадии 30-60 клеток делится на 2 части, и каждая часть вырастает в ребенка. Такие близнецы всегда одного пола, похожи друг на друга очень сильно (потому что у них совершенно одинаковый генотип). Отличия, которые возникают у таких близнецов в течение жизни, связаны с воздействием окружающей среды.

Разнояйцевые близнецы (не изучаются в близнецовом методе) получаются, когда в половых путях матери одновременно оплодотворяются две яйцеклетки. Такие близнецы могут быть одного или разного пола, похожи друг на друга как обычные братья и сестры.

**Методы селекции**

Селекция происходит в два этапа: сначала создается наследственное разнообразие, а потом производится искусственный отбор.

**Способы создания наследственного разнообразия**

1) Скрещивание (гибридизация)

* отдаленная гибридизация – скрещивание организмов разных сортов, подвидов, видов. При этом получаются новые сочетания генов
* близкородственное скрещивание (инбридинг) – при этом скрытые рецессивные гены переходят в гомозиготное состояние и проявляются (происходит закрепление признака)

2) Мутагенез

* Если обработать мешок пшеницы радиацией, то в каждом семени произойдут мутации
* Если обработать зиготу растения колхицином, то в ней произойдет**полиплоидия**.

**Способы отбора**

1) Искусственный (признаки полезны для человека, могут быть вредны для организма)

* **массовый отбор – проводится по фенотипу** (по экстерьеру). Устаревшая методика селекции растений, сейчас не применяется.
* **индивидуальный отбор – проводится по генотипу**, т.е. с учетом данных о фенотипе родителей, потомства и других родственников.

2) Естественный отбор при селекции ослаблен, но все равно присутствует, например, пшеница растет в поле, на нее воздействуют все факторы окружающей среды.

**Гетерозис**

Гетерозис (гибридная сила) – это явление, при котором гибридное потомство первого поколения очень сильно превосходит родителей по жизнестойкости, продуктивности и т.п. Причиной этого является гетерозиготность гибрида почти по всем аллельным парам, т.е. АаBbCcDdEe… Уже во втором поколении эффект гетерозиса пропадает, потому что разрушается удачное сочетание генов. Гетерозис сейчас получают искусственно, скрещивая в семенных хозяйствах специально подобранные инбредные линии, т.е. линии, полученные путем многократного самоопыления и гомозиготные по большинству генов.

Отдаленная гибридизация (аутбридинг) часто приводит к гетерозису. Но межвидовые гибриды (например, мул) не размножаются половым путем, потому что хромосомы отца и матери не могут конъюгировать, процесс мейоза нарушается на ранней стадии и половые клетки не образуются. Карпеченко смог решить эту проблему у растений: он обработал зиготу от межвидового скрещивания (редьки и капусты) колхицином, количество хромосом удвоилось, в каждой клетке получилось по 2 капустных генома и по 2 редечных. При мейозе капустные хромосомы конъюгировали с капустными, редечные с редечными, образовались половые клетки, произошло половое размножение гибридов.

**Генная инженерия**

1) **Ультрацентрифугирование**  
Клетки разрушаются и помещаются в центрифугу. Части клетки разделяются по плотности (самые тяжелые собираются на дне пробирки, самые легкие – на поверхности). Так  получают фракцию РНК клетки.

2) **Гельэлектрофорез**  
Молекулы помещают в гель и создают электрическое поле, в котором заряженные молекулы двигаются. Чем крупнее и разветвленнее молекула, тем медленнее она продвигается через гель. Так можно разделить фракцию РНК на отдельные молекулы.

3) **Обратная транскрипция**  
Ревертаза – это фермент, выделенный из РНК-содержащих вирусов, он позволяет синтезировать ДНК на матрице РНК.

4) **Полимеразная цепная реакция**  
К ДНК добавляют короткие синтетические праймеры и ДНК-полимеразу термофильных бактерий. Нагревают (ДНК распадается на 1-цепочечные фрагменты), остужают (праймер присоединяется, полимераза удваивает ДНК), затем снова нагревают и т.д. С каждым циклом ДНК становится в 2 раза больше.

5) **Рестрикция**  
Рестриктаза – это фермент, который узнает определенную последовательность ДНК (сайт рестрикции) и в этом месте разрезает ДНК, оставляя липкие концы. Рестриктаза нужна бактериям для защиты от фаговой ДНК.

К ДНК с помощью лигазы пришиваются участки, содержащие сайты рестрикции для выбранной рестриктазы. После обработки рестриктазой получается кДНК с липкими концами.

6)     **Плазмиды**  
Это небольшие кольцевые молекулы ДНК, содержащие важные для бактерий гены, например, гены устойчивости к антибиотикам. Бактерии кроме основной ДНК имеют несколько десятков плазмид, могут ими обмениваться.

Плазмида обрабатывается рестриктазой. Затем к разрезанным плазмидам добавляют ДНК с липкими концами и эту смесь обрабатывают лигазой, происходит сшивание. Некоторые плазмиды включают в себя пересаживаемый ген.

7)     **Трансформация**  
Поглощение бактериями ДНК из окружающей среды. В природе это является одним из механизмов изменчивости у бактерий. При генной инженерии в среду с бактериями помещают плазмиды и трясут или бьют током.

8)     **Отбор**  
Культуру бактерий обрабатывают антибиотиком, ген устойчивости к которому содержался в плазмиде. Те бактерии, которые не поглотили плазмиду, погибают.

9)     **Скрининг**

Отбор из трансформированных бактерий тех, у кого в плазмидах содержится пересаживаемый ген. Все бактериальные колонии накрывают фильтром, затем фильтр с прилипшими бактериями погружают в раствор с зондом. Зонд – это участок ДНК, комплементарный пересаживаемому гену, соединенный с меткой (например, радиоактивной). Зонд сконцентрируется в бактериях, содержащих нужный ген, затем с помощью метки можно будет определить положение этих бактерий на фильтре, а следовательно, в чашке Петри.

**Эволюция**

**Причина БЗС:** организмов рождается гораздо больше, чем может выжить, поэтому для них всех не хватает пищи и территории.

**Определение БЗС:** это совокупность взаимоотношений организма с другими организмами и с окружающей средой.

**Формы БЗС:**

* Внутривидовая прямая
* Внутривидовая косвенная
* Межвидовая прямая
* Межвидовая косвенная
* С условиями окружающей среды

Самой ожесточенной является внутривидовая косвенная, т.к. организмы одного вида не могут разойтись в потребностях.

**Следствие БЗС:** естественный отбор.

**Определение ЕО:** избирательное выживание и размножение наиболее приспособленных организмов.

**Формы ЕО:**

* Стабилизирующий – действует в постоянных условиях, сохраняет признаки вида
* Движущий – действует в изменяющихся условиях, приводит к изменению признаков

**Материалом для ЕО** является [наследственная изменчивость](http://bio-faq.ru/bio/bio012.html).

**Следствия ЕО:**

* Эволюция.
* Возникновение новых видов
* Приспособленность организмов к условиям окружающей среды.

Любая приспособленность относительна, т.е. приспосабливает организм только к одним определенным условиям. При изменении условий приспособленность может стать бесполезной или даже вредной.

**Вид**

**Вид** – это совокупность особей, сходных по критериям вида до такой степени, что они могут в естественных условиях скрещиваться и давать плодовитое потомство.

**Плодовитое потомство** – которое само может размножаться. Пример неплодовитого потомства – мул, гибрид осла и лошади.

**Критерии вида** – это признаки, по которым сравнивают 2 организма, чтобы определить, относятся они к одному виду или к разным.  
1) Морфологический – внутреннее и внешнее строение  
2) Физиолого-биохимический – как работают органы и клетки.  
3) Поведенческий – поведение, особенно в момент размножения  
4) Экологический – совокупность факторов внешней среды, необходимых для жизни вида  
5) Географический – **ареал**, т.е. территория, на которой живет данный вид.  
6) Генетико-репродуктивный – сходство по количеству и строению хромосом, позволяющее организмам давать плодовитое потомство.

По одному критерию нельзя судить о виде. Например:  
1) Существуют виды-двойники, которые морфологически друг от друга не отличаются, но имеют разное количество хромосом и генетико-репродуктивный критерий не дает им размножаться.

2) Все критерии, кроме генетико-репродуктивного, позволяют ослу и лошади размножаться.

Популяция

**Популяция** – это

* совокупность особей одного [вида](http://bio-faq.ru/bio/bio016.html)
* длительно проживающих в определенной части [ареала](http://bio-faq.ru/bio/bio016.html)
* внутри популяции скрещивание свободное
* между популяциями скрещивание ограничено.

**Дивергенция** – это накопление различий между популяциями. Причины:  
1) Популяции живут в разных местах, следовательно, в разных условиях. [ЕО](http://bio-faq.ru/bio/bio015.html)приспосабливает каждую популяцию к своим условиям.  
2) Материалом для ЕО являются [мутации](http://bio-faq.ru/bio/bio012.html), а они случайны, следовательно в каждой популяции свои.

Репродуктивная **изоляция** – это невозможность скрещивания. Между популяциями одного вида имеется относительная изоляция, т.е. раз в несколько тысяч лет обмен генами все-таки происходит.

Если изоляция между популяциями станет абсолютной, то различия между ними, будут постепенно накапливаться, и 2 популяции превратятся в 2 разных вида, т.е. произойдет видообразование.

Виды изоляции/**видообразования**:  
1) Географическая – когда между популяциями имеется непреодолимая преграда – гора, река, очень большое расстояние. Например, лиственница сибирская и лиственница даурская (на дальнем востоке).  
2) Экологическая (биологическая) – когда 2 популяции живут на одной территории, но не могут скрещиваться. Например, разные популяции форелей живут в озере Севан, но нереститься уходят в разные реки, впадающие в это озеро.

**Направления эволюции**

**Биологический прогресс:** увеличение количества особей, расширение[ареала](http://bio-faq.ru/bio/bio016.html), увеличение количества подчиненных систематических единиц (например, внутри класса увеличивается количество отрядов).  
Причина: хорошая [приспособленность](http://bio-faq.ru/bio/bio015.html) вида к условиям окружающей среды.  
Пример: крысы, тараканы, кошки.

**Биологический регресс:** уменьшение количества особей, сужение ареала, уменьшение количества подчиненных сис-единиц.  
Причина: окружающая среда меняется быстрее, чем вид успевает к ней приспосабливаться.  
Примеры: киты, слоны, гепарды.

**Способы достижения биологического прогресса**

**Ароморфоз:**

* крупное изменение
* полезное в различных условиях
* приводит к возникновению крупных сис-единиц (типов, классов)

Например: появление цветка у растений, появление шерсти у млекопитающих.

**Идиоадаптация:**

* небольшое изменение
* полезное только в одних определенных условиях
* приводит к появлению небольших сис-единиц (видов, родов)

Например: приспособление цветка к опылению муравьями, расчленяющая окраска шерсти у зебры.

**Дегенерация:** исчезновение органа или системы органов, не нужных в новых условиях. Происходит при переходе к сидячему, подземному/пещерному и паразитическому образу жизни.

Например: у аскариды хуже, чем у свободноживущих нематод, развиты нервная система и органы чувств.

**Сравнительно-анатомические доказательства эволюции**

**Рудименты** – органы, которые были хорошо развиты у эволюционных предков, а сейчас они недоразвиты, но полностью еще не исчезли, потому что эволюция идет очень медленно. Например, у человека: волосы на теле, третье веко, копчик, мышца, двигающая ушную раковину, аппендикс. У кита – кости таза.

**Атавизмы** – органы, которые должны находиться в рудиментарном состоянии, но из-за нарушения развития достигли крупного размера. У человека – волосатое лицо, мягкий хвост, способность двигать ушной раковиной, многососковость. Отличия атавизмов от рудиментов: атавизмы – это уродства, а рудименты есть у всех.

**Гомологичные органы** – внешне отличаются, потому что приспособлены к разным условиям, но имеют сходное внутреннее строение, поскольку возникли из одного исходного органа в процессе [дивергенции](http://bio-faq.ru/bio/bio017.html). Пример: крылья летучей мыши, рука человека, ласта кита.

**Аналогичные органы** -  внешне похожи, потому что приспособлены к одним и тем же условиям, но имеют разное строение, потому что возникли из разных органов в процессе конвергенции. Пример: глаз человека и осьминога, крыло бабочки и птицы.

#### Эмбриологические

1) В зародышевом (эмбриональном) развитии организмов проявляются признаки, которых во  взрослом состоянии нет – это признаки эволюционных предков. Например,

* все организмы начинают развитие с одноклеточной стадии (зиготы);
* двуслойный зародыш (бластула) соответствует кишечнополостным;
* зародыш человека покрыт шерстью.

2) Закон зародышевого сходства (Бэр): «В онтогенезе сначала выявляются признаки высших таксономических категорий, затем низших. (Например, в онтогенезе курицы сначала проявляются черты типа хордовых, затем подтипа позвоночных, затем класса птиц и т.п.)

3) Биогенетический закон (Мюллер-Геккель): «Онтогенез (индивидуальное развитие) организма есть краткое повторение его филогенеза (эволюционного развития)

### Палеонтологические

1) Окаменевшие остатки и отпечатки древних организмов являются прямым доказательством эволюции.

2) Филогенетические ряды (ряды эволюционного развития организма) например, полностью установлен филогенетический ряд лошади.

3) Переходные формы

* археоптерикс (пресмыкающиеся → птицы)
  + от пресмыкающихся – длинный хвост, зубы, пальцы на крыльях
  + от птиц – перья, цевка, 4 пальца на ногах
* зверозубый ящер (пресмыкающиеся → млекопитающиме)
* латимерия (рыбы → земноводные)
* семенные папоротники (папоротники → голосеменные)
* эвглена зеленая (животные – растения)

**Происхождение жизни**

* считается, что атмосфера древней земли не содержала кислорода, была восстановительной (аммиак, метан, сероводород, водород, пары воды). Раз не было кислорода О2, значит не было и озона О3, и ультрафиолетовые лучи проходили насквозь через всю атмосферу. Они ионизировали атмосферу, что приводило к сильным грозам. Во время гроз под действием электрических разрядов из газов атмосферы образовывались простые органические вещества – аминокислоты, жирные кислоты, моносахара (гипотеза Опарина, подтверждается опытом Миллера). Мономеры падали в океан и там накапливались, так постепенно образовался «питательный бульон».
* В океане образовалась жизнь. Первые организмы были гетеротрофами, они быстро поглотили все питательные вещества из бульона, затем возникли автотрофы. Фотосинтезирующие бактерии стали первыми выделять кислород в атмосферу. Сначала он весь расходовался на окисление земной коры, затем стал постепенно накапливаться. В верхних слоях атмосферы кислород превращался в озон, озон стал задерживать (поглощать) ультрафиолетовые лучи, возникли предпосылки выхода жизни на сушу. (Ультрафиолетовые лучи разрывают ДНК, до озонового экрана жизнь могла существовать только в океане, т.к. вода поглощает ультрафиолет).

**Эволюция человека**

Дриопитек 25-15 млн.

**Австралопитек (человек умелый)**  
5,5 млн. – 2 млн.    
Находки: в Южной и Восточной Африке  
Рост около 130 см. Мозг около 600 мл.  
Примерно 3 млн. лет назад начали изготавливать примитивные орудия труда из гальки (человек умелый).

**Древнейший человек (питекантроп, человек прямоходящий)**  
2 млн. – 300  тыс.  
Находки: питекантроп (о. Ява), синантроп (Китай), Гейдельбергский человек (Германия).

Рост около 165 см. Мозг 900-1100 мл.  
Могли использовать огонь, изготавливали примитивные каменные орудия труда.

**Древний человек (неандерталец, человек разумный неандертальский)**  
250 тыс. – 35 тыс.  
Первая находка – в Германии, в долине реки Неандер. Затем были найдены в Африки, Азии, Европе.  
Рост 165 см. Мозг 1400-1600 мл.  
Могли добывать огонь, изготавливали разнообразные каменные орудия труда.

**Современный человек (кроманьонец, человек умелый умелый)**  
40 тыс. – настоящее время  
Впервые найден в Франции в гроте Кромань. Затем были обнаружены в Европе, Азии, Африке, Австралии  
Рост 180 см. Мозг 1200-1500 мл.

Орудия труда из камня, кости, дерева. Могли шить одежду и строить жилища. Было развито гончарное дело. Развивались искусство, религия.

На ранних этапах эволюции человека главенствовали **биологические факторы** эволюции – изменчивость, борьба за существование, естественный отбор и т.п.

На поздних этапах эволюции человека главными стали **социальные факторы**эволюции –

* стадный образ жизни,
* звуковая сигнализация,
* способность использовать орудия труда,
* использование огня,
* развитие речи.

Например, человек умелый почти не отличался от ранних австралопитеков морфологически, но он умел изготавливать орудия труда.

**На современном этапе эволюции человека** усилились мутации (за счет загрязнения среды) и комбинации (за счет активного передвижения людей), ослабился естественный отбор (за счет медицины, соцзащиты), ослабилась изоляция. Эволюция человека замедлилась, но не прекратилась. Примеры действия естественного отбора сейчас:

* выкидыши при крупных мутациях
* элиминация генов, не дающих высокого родительского инстинкта

**Расы**

Это подразделения внутри вида, приспособленные к конкретным условиям. Расы имеются у всех широко распространенных видов. Внутри вида "человек разумный" выделяют 3 большие расы (негроиды, европеоиды, монголоиды).

Расистская теория отвергает единство человеческих рас, т.е. утверждает, что разные расы человека произошли от разных предков. Это неправда, все расы человека легко скрещиваются и дают плодовитое потомств, т.е. относятся к одному виду.

Сходство человека и обезьян

Сходства

* крупный размер тела, отсутствие хвоста
* сходные формы ушной раковины, жевательных поверхностей коренных зубов
* 4 группы крови, 5 долей в легких, 7-8 сосочков в почке, червеобразный отросток
* сходные заболевания (СПИД, сифилис, проказа)
* сходная мимика, сложное поведение
* 46 хромосом у человека, 48 у понгид
* 91% генов одинаковы у человека и шимпанзе

Отличия  
1) Скелет:

* в связи с большим объемом мозга мозговая часть черепа больше лицевой
* в связи с прямохождением
  + сводчатая стопа
  + расширенный таз
  + изгибы в позвоночнике (S-образный позвоночник)
  + грудная клетка расширена в стороны
* в связи с трудовой деятельностью большой палец кисти противопоставлен остальным и хорошо развит.

2) Объем мозга в 2 раза больше, объем коры в 3 раза больше за счет извилин. Благодаря этому человек может вырабатывать вторую сигнальную систему, т.е. способность оперировать словами-понятиями, отделенными от конкретных предметов. (Например, слово «стол» обозначает понятие, которому может соответствовать множество очень разных предметов.)

Вторая сигнальная система не врожденная, она формируется в процессе обучения человека в детском возрасте. Таким образом, для формирования человека обязательно требуется общество.

**Экология**

Пищевая цепь

**Продуценты** (производители органических веществ из неорганических). Это растения, а так же фото- и [хемосинтезирующие](http://bio-faq.ru/bio/bio006.html) бактерии.

**Консументы** (потребители готовых органических веществ).

* консументы 1 порядка питаются продуцентами (корова, карп, пчела)
* консументы 2 порядка питаются консументами первого (волк, щука, оса)  
  и т. д.

**Редуценты** (разрушители органических веществ до неорганических) – бактерии и грибы.

Пример пищевой цепи: капуста → гусеница капустной белянки → синица → ястреб. Стрелка в пищевой цепи направлена вправо.

Пищевая цепь не может содержать больше 5-6 звеньев, потому что при переходе на каждое следующее звено 90% энергии теряется (**правило 10%**). Например, корова съела 100 кг травы, но потолстела только на 10 кг, т.к.

* часть травы она не переварила и выбросила с калом
* часть переваренной травы была окислена до углекислого газа и воды для получения энергии.

В связи с тем, что каждое последующее звено в пищевой цепи весит меньше предыдущего, ее можно представить в виде **пирамиды биомассы**.

Экологические факторы

Это все факторы окружающей среды, действующие на организм. Они делятся на 3 группы:

* **Абиотические** – факторы неживой природы: температура, влажность, соленость воды.
* **Биотические** – воздействия живых организмов: хищничество, паразитизм, симбиоз.
* **Антропогенные** – воздействия человека: вырубка леса, загрязнение воздуха, осушение болота.

Наилучшее значение фактора для организма называется оптимальным (точкой оптимума), например, оптимальная температура для человека 22º.

Закон Либиха (закон минимума): выживаемость организма наиболее зависит от того фактора, который находится дальше всего от оптимума.

Такой фактор называется лимитирующим (ограничивающим), например, для растений в пустыне это недостаток воды, а в еловом лесу – недостаток света. Продуктивность сельскохозяйственных растений, в первую очередь, зависит от того минерального элемента, которого в почве меньше всего. Например, если фосфора в почве лишь 20 % от необходимой нормы, а кальция – 50 % от нормы, то ограничивающим фактором будет недостаток фосфора; необходимо в первую очередь внести в почву именно фосфорсодержащие удобрения.

**Экосистема**

Это совокупность живых организмов и среды их обитания, характеризующаяся круговоротом веществ и потоком энергии.

Сообщество – это  совокупность определенных живых организмов, например, растительное сообщество степи.

Биоценоз – это то же самое, что экосистема.

Биогеоценоз – это экосистема, находящаяся в определенном участке суши и неразрывно связанная с этим конкретным участком. Любой биогеоценоз является экосистемой, но не любая экосистема является биогеоценозом: к БГЦ не относятся

* временные
* искусственные
* и водные экосистемы.

Круговорот веществ в экосистеме происходит за счет [пищевых цепей: продуценты](http://bio-faq.ru/bio/bio008.html) забирают из неживой природы неорганические вещества и делают из них органические, а в конце пищевой цепи [редуценты](http://bio-faq.ru/bio/bio008.html) делают наоборот. Чем больше в экосистеме видов, тем больше там пищевых цепей, тем более устойчивым является круговорот веществ и сама экосистема.

Поток энергии: большинство экосистем получают энергию от солнца. Продуценты запасают ее в органических веществах. Проходя по пищевым цепям, эта энергия постепенно расходуется [(правило 10%)](http://bio-faq.ru/bio/bio008.html), в конце концов вся солнечная энергия, поглощенная продуцентами, превращается в тепло.

Агроэкосистема

Это искусственная экосистема, созданная человеком (поле пшеницы, яблоневый сад).

В агроэкосистеме живет меньше видов, чем в [естественной экосистеме](http://bio-faq.ru/bio/bio010.html). Поэтому [пищевые цепи](http://bio-faq.ru/bio/bio008.html) в агроэкосистеме короткие, неразветвленные, круговорот веществ неустойчивый. Если человек не будет ухаживать за агроэкосистемой (поливать, удобрять), то она разрушится, например, поле пшеницы зарастет, превратится в луг. Таким образом, естественная экосистема получает энергию только от солнечного света, а **агроэкосистема – от солнца и от человека**.

В агроэкосистеме живет очень много растений одного вида, следовательно, создаются хорошие условия для [консументов](http://bio-faq.ru/bio/bio008.html), питающихся этим видом (вирусов, бактерий, нематод, клещей, насекомых и т.п.). Поэтому в сельском хозяйстве обязательно надо **бороться с вредителями**, например, применять ядохимикаты.

В естественной экосистеме растения своими корнями забирают из почвы минеральные соли, затем растения поедаются консументами, разрушаются редуцентами, и соли возвращаются назад в почву – это замкнутый [круговорот веществ](http://bio-faq.ru/bio/bio010.html). На поле пшеницы урожай собирается и вывозится, и минеральные соли в почву не возвращаются (**незамкнутый круговорот** веществ). Поэтому в сельском хозяйстве применяют удобрения – минеральные (соли) и органические (навоз).

**Симбиозы**

**1. Микориза (грибокорень)** – симбиоз гриба и растения. Растение дает грибу глюкозу, которую делает при фотосинтезе, а гриб дает растению воду и минеральные соли.

**2. Лишайник** – симбиоз грибов и растений (зеленых водорослей) или грибов и цианобактерий (синезеленых водорослей). Водоросли дают грибу глюкозу, которую они делают при фотосинтезе, а гриб водоросли – соли и воду.

**3. Клубеньковые бактерии** живут в специальных утолщениях (клубеньках) на корнях растений семейства бобовых. Растения дают бактериям глюкозу, которую они делают при фотосинтезе. Бактерии дают растениям соли азота, которые получают при фиксации азота воздуха.

**4. В толстой кишке** человека живет около килограмма бактерий, в основном бифидобактерии, лактобактерии, а так же кишечная палочка. Они питаются тем, что не смог переварить человек, например, целлюлозой. Они поставляют человеку некоторые витамины, а так же не дают размножаться в кишечнике другим, более опасным бактериям.

**5. Рак-отшельник** живет в симбиозе с актинией (тип кишечнополостные). Актиния защищает рака своими стрекательными клетками. Рак возит актинию по дну и, возможно, ей достается часть пищи рака.

**Систематика**

1) надцарство: Эукариоты  
2) царство: Животные  
3) подцарство: Многоклеточные  
4) тип: Хордовые  
5) подтип: Позвоночные  
6) класс: Млекопитающие  
7) отряд: Приматы  
8) семейство: Гоминиды  
9) род: Человек  
10) вид: **Человек разумный**

1) надцарство: Эукариоты  
2) царство: Животные  
3) подцарство: Многоклеточные  
4) тип: Членистоногие  
5) класс: Насекомые  
6) отряд: Чешуекрылые (Бабочки)  
7) семейство: Белянки  
8) род: Огородные белянки  
9) вид: **Белянка капустная**

1) надцарство: Эукариоты  
2) царство: Растения  
3) подцарство: Высшие растения  
4) отдел: Покрытосеменные  
5) класс: Двудольные  
6) порядок: Розоцветные  
7) семейство: Розовые  
8) род: Яблоня  
9) вид: **Яблоня домашняя**

**Признаки живых организмов**

**1. Обмен веществ и энергии** с окружающей средой, за счет которого поддерживается постоянство внутренней среды организма (гомеостаз).

**2. Раздражимость** – способность организма избирательно реагировать на внешние воздействия.

**3. Самовоспроизведение** – способность организма давать потомство, которое за счет наследственности похоже на родителя.

**4. Способность к эволюции**: за счет изменчивости дети рождаются не полными копиями родителей, и этих детей рождается слишком много, на всех не хватает ресурсов, поэтому выживают наиболее приспособленные.

**5. Постоянство состава:**

* 98% массы всех живых организмов составляют СОНN, причем углерода и азота в них содержится гораздо больше, чем в окружающей среде
* Хиральная чистота: в живых организмах содержатся только левовращающие аминокислоты и правовращающие сахара.

Каждый из этих признаков не является уникальным: обмен веществ и энергии характерен для лесного пруда, самовоспроизведение – для кристаллов, эволюция – для звёзд. Поэтому точное определение жизни дать тяжело.

Волькенштейн: Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот.

**Уровни организации жизни**

**1. Молекулярный** – это сложные органические вещества – белки и нуклеиновые кислоты, а так же молекулярные комплексы, например, мембрана. На этом уровне происходят **химические реакции обмена веществ** (гликолиз, кроссинговер и т.п.), но молекулы сами по себе еще не могут считаться живыми.

**2. Клеточный**. На этом уровне возникает **жизнь**, потому что клетка – минимальная единица, обладающая всеми [свойствами живого](http://bio-faq.ru/bio/bio042.html).

**3. Органно-тканевой** – характерен только для многоклеточных организмов. Впервые возникает **специализация**, когда разные органы выполняют определенные функции и обмениваются между собой продуктами своей жизнедеятельности.

**4. Организменный** – за счет нервно-гуморальной регуляции и обмена веществ на этом уровне осуществляется **гомеостаз**, т.е. сохранение постоянства внутренней среды организма.

**5. Популяционно-видовой**. На этом уровне происходит **эволюция**, т.е. изменение организмов, связанное с приспособлением их к среде обитания под действием естественного отбора. Наименьшей единицей эволюции является[популяция](http://bio-faq.ru/bio/bio017.html).

**6. Биогеоцентический** (совокупность популяций разных видов, связанных между собой и окружающей неживой природой). На этом уровне происходит

* **круговорот веществ и превращение энергии**, а так же
* **саморегуляция**, за счет которой поддерживается устойчивость[экосистем и биогеоценозов](http://bio-faq.ru/bio/bio010.html).

**7. Биосферный**. На этом уровне происходит

* **глобальный круговорот** **веществ и превращение энергии**, а так же
* **взаимодействие живого и неживого вещества** планеты.

**Отличие прокариот от эукариот**

Все живые организмы на Земле делятся на две группы – надцарство прокариот и надцарство эукариот. К надцарству прокариот относятся царства бактерий (эубактерий), архебактерий и цианобактерий (цианей, синезеленых водорослей). К надцарству эукариот относятся царства растений, животных и грибов.

### Отличия по строению клетки

1) У прокариот нет ядра, а у эукариот есть.  
2) У прокариот из органоидов имеются только рибосомы (мелкие, 70S), а у эукариот, кроме рибосом (крупных, 80S), имеется множество других органоидов: митохондрии, ЭПС, клеточный центр, и т.д.  
3) Клетка прокариот гораздо меньше клетки эукариот: по диаметру в 10 раз, по объему – в 1000 раз.

### Отличия по наследственной информации

1) У прокариот ДНК кольцевая, а у эукариот линейная  
2) У прокариот ДНК голая, почти не соединена с белками, а у эукариот ДНК соединена с белками в соотношении 50/50, образуется хромосома  
3) У прокариот ДНК лежит в специальной области цитоплазмы, которая называется нуклеоид, а у эукариот ДНК лежит в ядре.

Отличия растений животных грибов

К [надцарству эукариот](http://bio-faq.ru/bio/bio001.html) относятся 3 царства – растений, животных и грибов.

### 1. Отличия по питанию

Растения – [автотрофы](http://bio-faq.ru/bio/bio006.html), т.е. органические вещества делают для себя сами из неорганических в процессе фотосинтеза. Животные и грибы – **гетеротрофы**, т.е. органические вещества получают в готовом виде с пищей.

### 2. Рост или передвижение

Животные **способны передвигаться**, растут только до начала размножения.  
Растения и грибы не передвигаются, зато **растут в течение всей жизни**.

### 3. Отличия по строению и работе клетки

1) Только у растений есть пластиды (хлоропласты, лейкопласты, хромопласты)  
2) Только у растений есть крупная центральная вакуоль, которая занимает большую часть клетки (ее оболочка называется тонопласт, а содержимое – клеточный сок).  
3) Только у животных нет клеточной стенки (плотной оболочки), у растений она есть из целлюлозы (клетчатки), а у грибов – из хитина.  
4) Только у животных есть клеточный центр (центриоли)  
5) Запасной углевод у растений – крахмал, а у животных и грибов – гликоген

**Способы борьбы с бактериями**

#### Древние способы

**Сушка** (в безводной среде бактерии не размножаются).

**Засоление** и засахаривание создает очень высокое осмотическое давление, т.е. тоже безводную среду.

Большинство бактерий погибают в кислой среде, поэтому применяют**маринование** (уксусной кислотой) и **квашение** (молочной)

### Температурная обработка

**Стерилизация** проводится при температуре 100° и выше под давлением в герметически закрытых жестяных или стеклянных банках, При этом погибают не только вегетативные формы микроорганизмов, но и споры. Стерилизованные консервы могут храниться несколько лет. При стерилизации частично разрушаются витамины, свертываются белки.

**Пастеризация** (нагревание продуктов до 65—95° несколько раз) вызывает гибель только вегетативных форм микроорганизмов, а споры остаются, но зато состав и качество продуктов изменяются незначительно. Метод предложен Луи Пастером в 1860-х для вина.

**Охлаждение** (в холодильниках) приводит к уменьшению скорости обмена веществ бактерий, продукты портятся медленнее.

**Замораживание** (в морозильтниках), кроме уменьшения скорости метаболизма бактерий, еще и создает безводную среду, т.к. вода превращается в лед.

### Химическая обработка

В современной пищевой промышленности для борьбы с микроорганизмами (бактериями и грибами) применяют **консерванты** от Е200 до Е299. Чаще всего используются соли сорбиновой кислоты (сорбаты), бензойной (бензоаты) и азотистой (нитриты).

**Водоросли**

Царство растений делится на 2 подцарства – высших и низших растений.

**Низшие растения** – это водоросли. Они отличаются от высших тем, что не имеют тканей и органов, все их тело представляет собой единое слоевище (таллом). К низшим растениям относятся отделы красных, бурых, зеленых водорослей и т.д.

Подцарство высших растений содержит 6 отделов: мхи, папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные.

**Отличия мхов:**  
1)     у мхов вместо корней имеются ризоиды и плохо развиты ткани, особенно механические и проводящие, из-за этого все мхи являются небольшими травами. Остальные высшие растения имеют корни и хорошо развитые ткани, поэтому могут быть деревьями.

2)     у мхов в жизненном цикле преобладает гаметофит, т.е. он представляет собой растение со стеблем и листьями, а спорофит небольшой (коробочка на ножке, получающая питание от гаметофита). У остальных высших растений – наоборот, преобладает спорофит, а гаметофит с ходом эволюции все сильнее редуцируется и у цветковых растений состоит всего лишь из нескольких клеток.

Представители мхов: кукушкин лён, сфагнум.

**Отличия семенных от споровых**

Семенные – это голосеменные (например, хвойные) и покрытосеменные (цветковые)  
Высшие споровые – это папоротники, хвощи и плауны

1)     у споровых расселяющейся стадией является спора, а у семенных – семена (у цветковых – семена или плоды). Семена и плоды по сравнению со спорами лучше защищены и содержат больший запас питательных веществ

2) у семенных растений гаметофит, который делает половые клетки, развивается на материнском растении (на спорофите) и получает от него питание. У высших споровых гаметофит (заросток) свободноживущий, образуется из споры во влажных условиях, питательные вещества вырабатывает сам путем фотосинтеза, т.о. этап образования гамет у высших споровых гораздо менее защищен.

3)     сперматозоидам споровых растений для плавания требуется вода, поэтому споровые не могут жить в засушливых местах. У семенных растений мужские половые клетки спермии находятся внутри пыльцы. У голосеменных пыльца переносится ветром, а у цветковых – ветром, водой, насекомыми или другими животными, т.о., семенным растениям вода для оплодотворения не нужна.

**Голосеменные**

**Главные признаки отдела**  
•       Опыляются ветром, в шишках (стробилах) образуются семена, не имеющие оболочек (отсюда название отдела).  
•       Древесина состоит в основном из трахеид (сосуды встречаются редко).   
•       Большинство голосеменных – крупные деревья, встречаются кустарники и лианы.

Отдел голосеменных содержит **4 современных класса**.  
•       Класс саговниковые (100 видов, внешне напоминают пальмы).  
•       Класс гнетовые (70 видов) отличается наличием вокруг шишек покрова, похожего на околоцветник, а во вторичной ксилеме – сосудов. Представители: гнетум, эфедра, вельвичия удивительная.  
•       Класс гинкго. 1 вид – гинкго двулопастной, возраст вида составляет около 80 миллионов лет (относится к «живым ископаемым»).  
•       **Класс хвойные** (около 500 видов) – в основном крупные деревья (сосна, ель, пихта, лиственница, кедр), которые в умеренных широтах северного полушария образуют тайгу.

* Листья в виде игл, покрыты мощной кутикулой, устьица погружены вглубь листа, все это уменьшает испарение воды. Большинство хвойных – вечнозеленые растения, встречаются листопадные, например, лиственницы.
* В древесине, коре и листьях имеются смоляные каналы. Застывая на поверхности, смола заживляет повреждения, препятствует проникновению грибов, короедов и т.д.
* Женские шишки состоят из оси и семенных чешуй, на верхней стороне которых развивается по 2 семязачатка. Семязачаток состоит из нуцеллуса, покрытого интегументом, в котором имеется отверстие – микропиле. Внутри нуцеллуса путем мейоза образуются 4 мегаспоры, 3 из них отмирают, а одна прорастает в женский гаметофит – зародышевый мешок, в котором образуются 2 яйцеклетки.
* Мужские шишки после производства пыльцы быстро засыхают и опадают с ветвей. Пыльцевое зерно содержит мужской гаметофит, состоящий из двух клеток – вегетативной и генеративной. Опыление происходит с помощью ветра в начале лета. Пыльца прилипает к капле клейкой жидкости, которая выделяется в области микропиле, вегетативная клетка начинает удлиняться в пыльцевую трубку, чешуи женских шишек смыкаются.
* В начале весны происходит оплодотворение: генеративная клетка делится с образованием двух спермиев, которые движутся по пыльцевой трубке и сливаются с яйцеклетками. Одна из двух зигот отмирает, а другая развивается в зародыш нового спорофита. Женский гаметофит превращается в гаплоидный эндосперм (запасающую ткань), интегумент превращается в семенную кожуру, таким образом, семязачаток превращается в семя. Зимой третьего по счету года семена высыпаются из шишек.

**Признаки цветковых растений**

1. Только у цветковых имеются **сосуды – самые совершенные проводящие элементы** ксилемы. Поперечные перегородки между члениками сосуда растворяются, и возникают полые трубки, по которым вода передвигаются очень хорошо. (У остальных высших растений вода проводится по трахеидам, между которыми сохраняются поперечные перегородки.)

2. Только у цветковых имеется **цветок, за счет которого происходит опыление насекомыми**. Для привлечения насекомых в цветке имеются яркие лепестки, запах и сладкий нектар. Пока насекомое ест нектар, к нему прилепляется пыльца (крупная и клейкая), затем насекомое переносит её на другой цветок. (У голосеменных и ветроопыляемых цветковых [береза] растений цветки невзрачные, без запаха и нектара, зато производят очень большое количество мелкой сухой пыльцы, большая часть которой уносится ветром в случайном направлении и теряется).

3. Только у цветковых происходит **двойное оплодотворение**, при котором один спермий оплодотворяет яйцеклетку и получается диплоидный зародыш, а другой спермий оплодотворяет центральную диплоидную клетку, и получается триплоидный эндосперм. Полиплоидность позволяет эндосперму накапливать больше запасных веществ.

4. Только у покрытосеменных **семя покрыто околоплодником**, который может принимать участие в защите и распространении семян. Например, птицы съедают рябину, [сочный красный] околоплодник переваривают, а семена выбрасывают с калом, таким образом семена распространяются.

Цветок стоит на цветоножке. Верхняя расширенная часть цветоножки называется цветоложе, на нем располагаются все остальные части цветка:

* чашелистики (все вместе образуют чашечку)
* лепестки (все вместе образуют венчик; венчик и чашечка образуют околоцветник)
* тычинки (состоят из тычиночной нити и пыльника; в пыльнике образуется пыльца, состоящая из вегетативной и генеративной клетки)
* пестики (состоят из завязи, столбика и рыльца). Внутри завязи находится семязачаток, внутри семязачатка – зародышевый мешок, внутри зародышевого мешка – семь клеток, одна из которых яйцеклетка, а вторая – центральная диплоидная клетка.

После опыления вегетативная клетка пыльцы прорастает в пыльцевую трубку, растущую по направлению к зародышевому мешку. Генеративная клетка делится на два спермия, которые двигаются по пыльцевой трубке. Попав в зародышевый мешок, один спермий оплодотворяет яйцеклетку, получается диплоидная зигота, второй оплодотворяет центральную диплоидную клетку, получается триплоидный эндосперм. (Двойное оплодотворение открыл русский ученый С.Г.Навашин.)

Зигота превращается в зародыш нового растения. Семязачаток превращается в семя, состоящее из зародыша, эндосперма и семенной кожуры. Стенка завязи превращается в околоплодник. Завязь превращается в плод, состоящий из семени и околоплодника.

#### Виды корней

1. **Главный** – образуется из зародышевого корешка семени

2. **Боковые** – развиваются на главном и придаточных корнях недалеко от его кончика

3. **Придаточные** корни развиваются на стебле и листьях

### Виды корневых систем

1. **Стержневая** – имеет хорошо развитый главный корень (у двудольных)

2. **Мочковатая** – главный корень отсутствует или незаметен среди остальных, развиваются многочисленные придаточные корни (у однодольных)

### Строение кончика корня (снизу вверх)

1) **Корневой чехлик**

* защищает меристему
* его клетки выделяют слизь, которая уменьшает трение корня о почву
* обеспечивает геотропизм (клетки содержат крупные крахмальные зерна, которые опускаются вниз)

2) **Зона деления** имеет длину около 1 мм, состоит из мелких постоянно делящихся клеток (имеет желтый цвет, т.к. ее клетки содержат только цитоплазму).

3) **Зона роста** (растяжения) имеет длину 3-5 мм; корень светлый и как бы прозрачный. Центральные вакуоли клеток заполняются водой и клетки вытягиваются, толкая вперед апикальную меристему и чехлик.

4) **Зона поглощения** покрыта ризодермой – тканью с корневыми волосками. Срок жизни корневых волосков – несколько дней. Функция – всасывание воды.

5) **Зона ветвления** (проведения, дифференцировки). Все ткани дифференцируются, образуются боковые корни.

**Картофель**

Картофель относят к семейству пасленовых:

* в цветке у него 5 сросшихся чашелистиков, 5 сросшихся лепестков, 5 тычинок, 1 пестик.
* во всех частях растения содержится ядовитое вещество соланин.

Плоды картофеля – ядовитые ягоды. Клубни картофеля являются видоизмененными побегами. Доказательства:

* на клубнях имеются остатки листьев (бровки) и пазушные почки (глазки);
* на свету клубни зеленеют, т.к. лейкопласты превращаются в хлоропласты (после этого содержание соланина в клубнях резко возрастает и они становятся ядовитыми).

Клубни вырастают на подземных видоизмененных побегах (столонах), отходящих от стебля. При окучивании нижняя часть стебля картофеля засыпается землей, из-за этого увеличивается количество столонов, а так же придаточных корней. Кроме того, при окучивании происходит уничтожение сорняков и рыхление почвы (к корням поступает больше воздуха).

Большую часть сухого вещества клубня картофеля составляет крахмал. После длительного хранения клубней их масса уменьшается, потому что крахмал постепенно превращается в глюкозу, глюкоза окисляется, получается энергия, необходимая для жизни клубня, а так же вода и углекислый газ, которые испаряются.

После варки картофель становится рассыпчатым потому, что разрушаются пектиноподобные вещества, соединяющие клетки.