

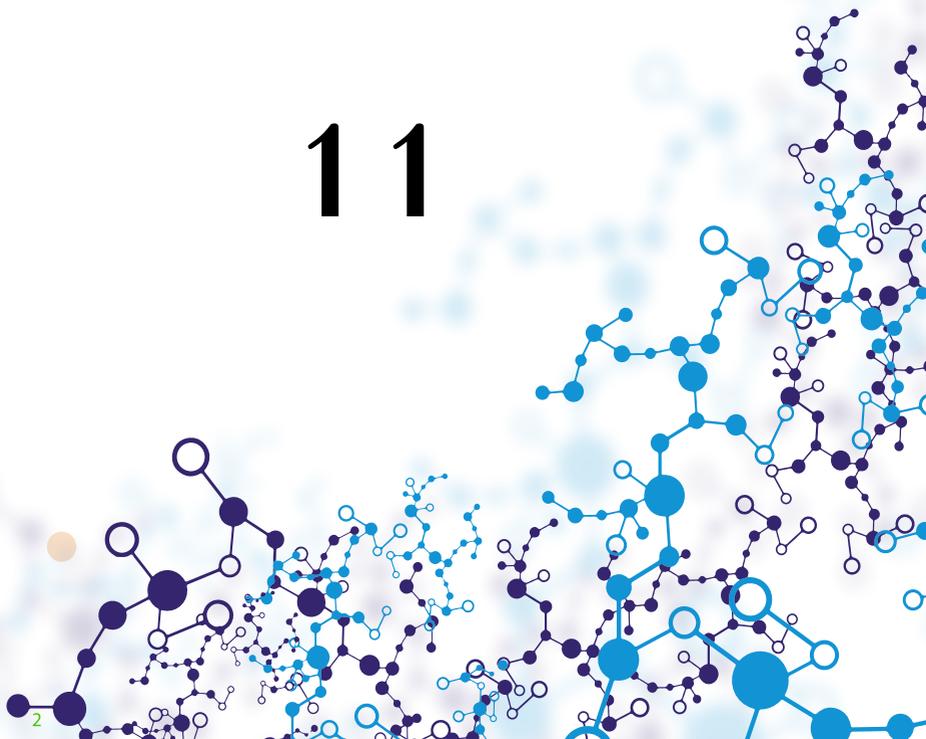


Иннопрактика



# Методическое пособие по биологии

11





# Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Предисловие.....                              | 6  |
| Блок 1. Биохимия (9 часов) .....              | 7  |
| Неорганические компоненты клетки.....         | 7  |
| Органические вещества клетки.....             | 9  |
| Углеводы.....                                 | 9  |
| Липиды: .....                                 | 12 |
| Белки .....                                   | 15 |
| Нуклеиновые кислоты .....                     | 19 |
| Метаболизм .....                              | 22 |
| Автотрофы, Гетеротрофы, Миксотрофы.....       | 23 |
| Ферменты.....                                 | 24 |
| Энергетический обмен .....                    | 25 |
| Подготовительный этап.....                    | 25 |
| Бескислородный этап (Гликолиз).....           | 26 |
| Брожение .....                                | 26 |
| Молочнокислородное брожение.....              | 26 |
| Спиртовое брожение.....                       | 27 |
| Кислородный этап.....                         | 28 |
| Фотосинтез.....                               | 29 |
| Открытие фотосинтеза.....                     | 29 |
| Строение хлоропласта .....                    | 30 |
| Световая фаза.....                            | 31 |
| Темновая фаза .....                           | 32 |
| Хемосинтез .....                              | 33 |
| Проверь себя.....                             | 34 |
| Блок 2. Молекулярная биология (8 часов) ..... | 38 |
| Молекулярная биология .....                   | 38 |
| Эксперимент Гриффитса.....                    | 38 |
| Эксперимент Эвери, Маклеода и Маккарти .....  | 39 |
| Эксперимент Херши и Чейз .....                | 39 |
| Правила Чаргаффа.....                         | 40 |
| Гены и геномы .....                           | 40 |
| Репликация ДНК .....                          | 41 |
| Эксперимент Мезельсона и Сталя.....           | 42 |
| Ферменты репликации ДНК.....                  | 43 |
| Транскрипция генов (матричный биосинтез)..... | 46 |
| Экспрессия генетической информации.....       | 47 |

|   |    |
|---|----|
| Трансляция.....   | 47 |
| Генная инженерия, геномика, протеомика.....                 | 51 |
| Мутагенез и мутагены.....                                   | 54 |
| Система репарации.....                                      | 56 |
| Проверь себя.....   | 57 |
| Блок 3. Генетика. Селекция. Биотехнология (8 часов).....    | 61 |
| Генетика.....   | 61 |
| Генотип и фенотип.....                                      | 62 |
| Законы Менделя и условия их выполнения.....                 | 62 |
| Моногибридное скрещивание.....                              | 64 |
| Дигибридное скрещивание.....                                | 66 |
| Анализирующее скрещивание.....                              | 66 |
| Хромосомная теория наследственности.....                    | 66 |
| Расстояние между генами.....                                | 67 |
| Определение пола.....                                       | 68 |
| Взаимодействие аллельных и неаллельных генов.....           | 70 |
| Комплементарность.....                                      | 70 |
| Эпистаз.....  | 70 |
| Полимерия.....  | 71 |
| Сверхдоминирование.....                                     | 72 |
| Межаллельная комплементация.....                            | 72 |
| Аллельное исключение.....                                   | 72 |
| Методы генетики человека.....                               | 73 |
| Медицинская генетика.....                                   | 74 |
| Изменчивость.....   | 74 |
| Наследственная изменчивость.....                            | 75 |
| Ненаследственная (модификационная) изменчивость.....        | 76 |
| Селекция.....   | 77 |
| Центры происхождения культурных растений.....               | 78 |
| Закон гомологических рядов наследственной изменчивости..... | 79 |
| Биотехнология.....  | 79 |
| Генная инженерия.....                                       | 79 |
| Проверь себя.....   | 81 |
| Блок 4. Экология (2 часа).....                              | 86 |
| Экология.....   | 86 |
| Абиотические факторы.....                                   | 86 |
| Биотические факторы.....                                    | 88 |
| Антропогенные факторы.....                                  | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| Проблема устойчивого развития .....   | 89  |
| Закономерности действия факторов .....  | 89  |
| Круговорот веществ и поток энергии .....                                      | 90  |
| Экосистемы: их структура и функционирование, развитие и смена экосистем ..... | 92  |
| Сукцессии .....   | 94  |
| Агроэкосистемы .....  | 94  |
| Биосфера .....  | 94  |
| Проверь себя .....  | 95  |
| Блок 5 Эволюция (3 часа) .....  | 99  |
| Виды и популяции, виды эволюции, движущие силы эволюции .....                 | 99  |
| Виды эволюции .....   | 100 |
| Теория эволюции Ж.-Б. Ламарка .....   | 100 |
| Эволюционное учение Ч. Дарвина .....  | 100 |
| Основные положения синтетической теории эволюции .....                        | 101 |
| Доказательства эволюции .....   | 102 |
| Направления эволюционного процесса .....                                      | 103 |
| Этапы эволюции биосферы .....   | 105 |
| Катархей (4,5 – 4 млрд лет назад) .....                                       | 105 |
| Архей (4 – 2,5 млрд лет назад) .....  | 105 |
| Протерозой (2,5 – 0,5 млрд лет назад) .....                                   | 106 |
| Фанерозой (0,5 млрд лет назад – настоящее время) .....                        | 107 |
| Эволюция человека (антропогенез) .....  | 109 |
| Предки человека .....   | 110 |
| Расы человека .....   | 112 |
| Проверь себя .....  | 112 |

# Предисловие

Дорогие друзья! Перед вами вторая часть методической разработки, состоящей из двух частей. Данное пособие предназначено для подготовки к единому государственному экзамену (ЕГЭ) по биологии. Учебное пособие построено следующим образом: весь материал разбит на большие блоки, соответствующие курсам биологии за среднюю и старшую школу.

Первая часть предназначена для учащихся 10 класса и включает в себя такие базовые биологические темы, как «Цитология», «Микробиология», «Микология и альгология», «Ботаника», «Зоология» и «Анатомия человека». Материал этих разделов (вне зависимости от того, по какой программе вы учились в средней школе) на базовом уровне уже был изучен в 5-9 классах, поэтому для его понимания не потребуются дополнительных знаний из других предметов.

Вторая часть предназначена для учащихся 11 класса и включает в себя более сложные темы школьного курса, для понимания которых необходимы также определенные знания из органической химии. Сюда входят разделы «Биохимия», «Молекулярная биология», «Генетика и селекция», «Экология» и «Эволюция». Это темы школьного курса биологии старшей школы.

Чтобы успешно сдать ЕГЭ, необходимо не только иметь глубокие знания биологии, но и систематизировать их. Основная часть материала представлена в виде удобных схем и таблиц, облегчающих восприятие и запоминание. Тезисное изложение материала позволяет уложить большое количество материала в ограниченном объеме учебного пособия. Также необходимо знать и понимать требования, предъявляемые к сдаче, характер вопросов и заданий, встречающихся в экзаменационных работах. В конце каждого блока приводятся задания в формате ЕГЭ для проверки усвоения материала.

Данное пособие подойдет как для глубокого изучения отдельных тем, так и для повторения материала непосредственно перед экзаменами.

Надеемся, что это пособие поможет будущим выпускникам получить желаемый результат на ЕГЭ и поступить в выбранный вуз!

Желаем успехов!

Авторы выражают благодарность Воронежскому государственному аграрному университету имени Петра I и Иннопрактике за продуктивное сотрудничество.

# Блок 1. Биохимия (9 часов)

Биохимия – наука о химических процессах, происходящих в клетке. Поэтому для понимания материала этого блока пригодятся базовые знания химии за 9-10 классы. Мы рассмотрим основные компоненты клетки и их функции, разберем строение органических молекул – белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот – и их метаболизм. Разберем такие важнейшие биохимические процессы, как клеточное дыхание, фотосинтез и различные типы питания.

## Неорганические компоненты клетки

Макроэлементы (O, C, H, N, P, S, Na, K, Ca, Fe, Mg) >0.01%

- Кислород – 65% в организме человека: вода, белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты
- Углерод – 18% в организме человека: «скелет» органических молекул: белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот и др.
- Водород – 10% в организме человека: вода, белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты
- Азот – 3% в организме человека: белки (аминокислоты), нуклеиновые кислоты (азотистые основания), углеводы, липиды
- Фосфор – 1,25% в организме человека: фосфатные группы в нуклеиновых кислотах, белках, углеводах, липидах и др.
- Сера – 0,3% в организме человека: белки (аминокислота цистеин)
- Натрий – 0,2% в организме человека (ионы натрия преобладают в межклеточном пространстве, передача нервного импульса)
- Калий – 0,25% в организме человека (ионы калия преобладают во внутриклеточном пространстве, передача нервного импульса)
- Кальций – 1,7% в организме человека (депонирован в костной ткани, ионы кальция выполняют сигнальные функции в клетках, участие в мышечных сокращениях)
- Магний – 0.05%. Присутствует в активном центре ферментов, связывающих нуклеотиды и АТФ. Необходим на всех этапах биосинтеза белка
- Железо – 0,01% в организме человека (железосодержащие белки: гемоглобин – перенос кислорода, цитохромы в митохондриальной дыхательной цепи)

Микроэлементы (Zn, Cu, I, Co, Mo, Ni, B и др.)  
0.01%-0.00001%

- Цинк входит в состав транскрипционных факторов (белков, связывающихся с ДНК)
- Йод входит в состав гормонов щитовидной железы

- Медь входит в состав ферментов, переносится в крови белком церулоплазмином

Ультрамикрэлементы (Au, Pb, Hg, Se, Ra, U и др.) <0.00001%

Основная составляющая клетки – вода.

### Физические свойства воды

- Полярные молекулы
- Образование межмолекулярных водородных связей
- Высокая удельная теплоёмкость, высокая теплопроводность
- Поверхностное натяжение
- Три агрегатных состояния: газообразное (пар), жидкое, твёрдое (лёд)
- Наибольшая плотность воды при +4°C -> лёд плавает на поверхности воды



Рис. 1. Классификация веществ по отношению к воде

Подобное растворяется в подобном!

### Биологические функции воды

- Универсальный растворитель в биологических системах
- Транспортная - участие в перемещении веществ по организму
- Метаболическая - участие в реакциях обмена веществ, пр. реакции гидролиза
- Образование смазывающих жидкостей (синовиальная жидкость в суставах), слизи, секретов

Кроме того, в клетке в растворенном виде содержатся неорганические ионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )

### Неорганические катионы

- $\text{Na}^+$  - главный внеклеточный ион, деполяризация мембраны при прохождении нервного импульса
- $\text{K}^+$  - главный внутриклеточный ион, реполяризация мембраны при прохождении нервного импульса
- $\text{Ca}^{2+}$  - сигнальная функция, участие в мышечном сокращении, участие в процессе свёртывание крови

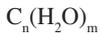
## Неорганические анионы

- $\text{Cl}^-$  - главный внутриклеточный противоион
- $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  - фосфатная буферная система: поддержание pH внутриклеточной среды. Депонирование в костной ткани
- $\text{HCO}_3^-$  - бикарбонатная буферная система: поддержание pH внеклеточной среды, поддержание pH мирового океана

## Органические вещества клетки

- Белки
- Углеводы
- Липиды
- Нуклеиновые кислоты

## Углеводы



Полигидроксиальдегиды и полигидроксикетоны

Функциональные группы:  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{HC}=\text{O}$ ,  $-\text{OH}$

В названии суффикс -оза: триоза, пентоза, гексоза

Есть оптическая (хиральная) изомерия:

Рис. 2.

D-изомеры углеводов содержатся в живых организмах.

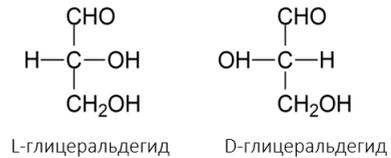


Рис. 2. Примеры изомерии углеводов

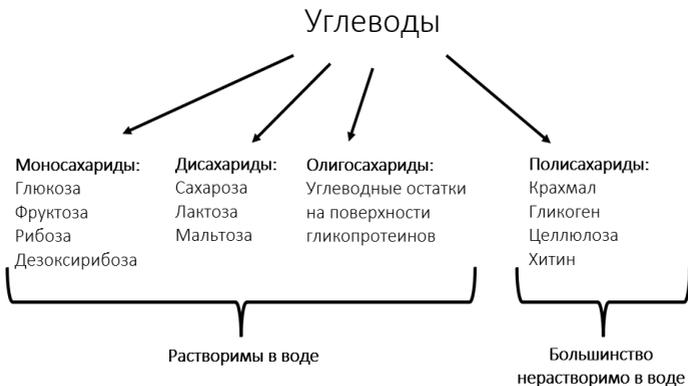
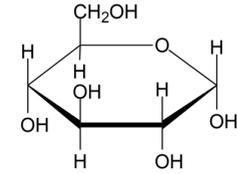


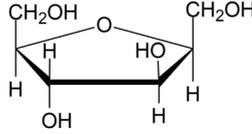
Рис. 3. Классификация углеводов

## Моносахариды



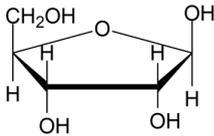
$\alpha$ -D-Глюкоза

Основной источник энергии в организме



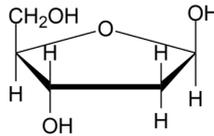
$\alpha$ -D-Фруктоза

Входит в состав нектара, фруктовых соков



D-Рибоза

ходит в состав нуклеотидов РНК

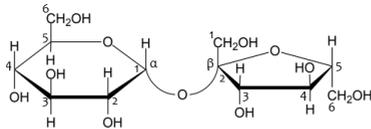


2-дезокси-D-Рибоза

Входит в состав нуклеотидов ДНК

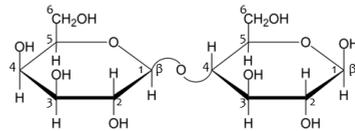
Рис. 4. Представители моносахаридов и их функции в клетке

## Дисахариды



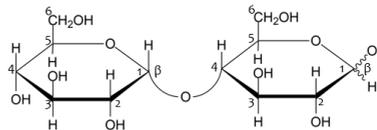
Сахароза

Основная транспортная форма сахаров в растениях



Лактоза ( $\beta$ -форма)

Входит в состав молока млекопитающих



Мальтоза

Источник энергии при прорастании семян

Рис. 5. Представители дисахаридов и их функции в клетке

# Полисахариды

Крахмал (амилоза) - запасаящая функция в растениях

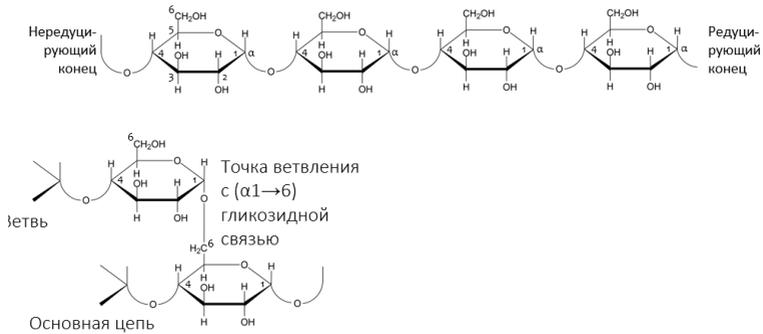


Рис. 6. Строение крахмала

Гликоген (разветвлённый гомополимер) - запасаящая функция у животных и грибов.

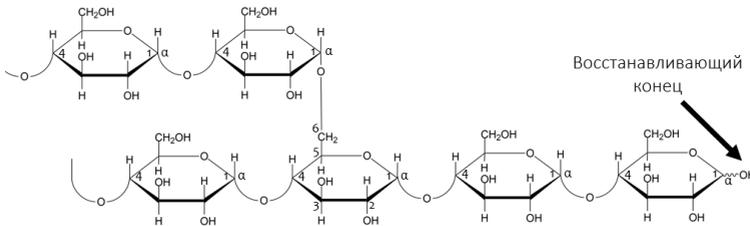


Рис. 7. Строение гликогена

Целлюлоза - компонент клеточной стенки растений: структурная функция.

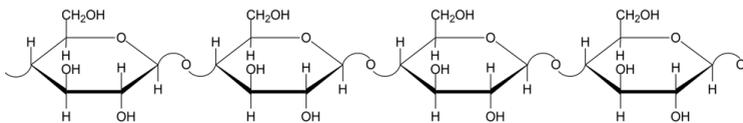


Рис. 8. Строение целлюлозы

Хитин - образует покровы у членистоногих, компонент клеточной стенки грибов: структурная функция.

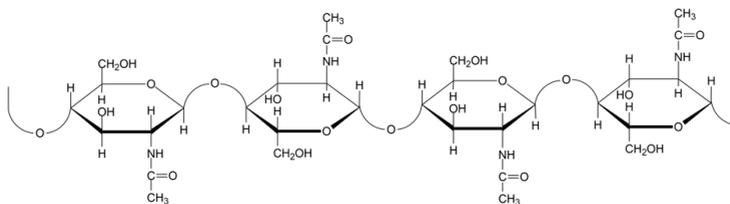


Рис. 9. Строение хитина

### Функции углеводов:

- Энергетическая (глюкоза)
- Запасающая (крахмал, гликоген)
- Структурная (целлюлоза, хитин)
- Защитная (целлюлоза, хитин)
- Сигнальная (олигосахариды)

### Липиды:

- Вещества, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в неполярных органических растворителях
- Гидрофобность
- Эфиры глицерина и жирных кислот, стерины

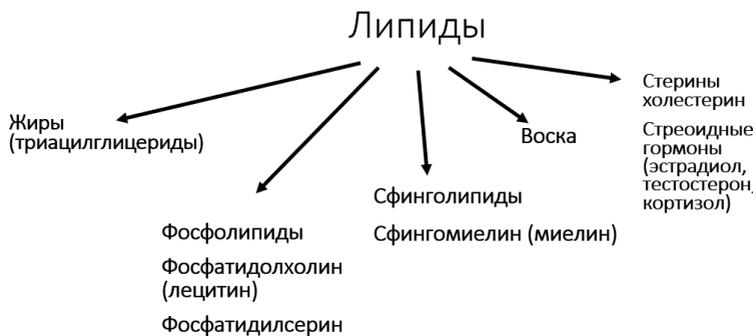


Рис. 10. Классификация липидов

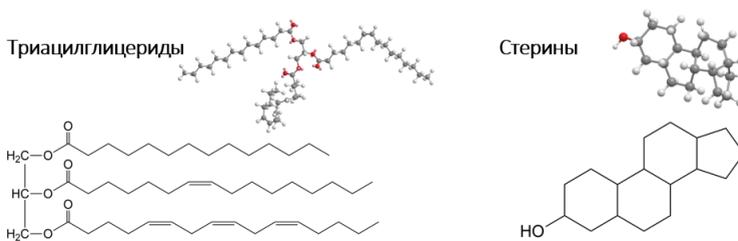
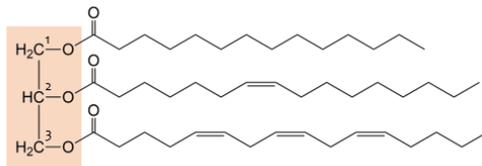


Рис. 11. Представители липидов

## Жиры (триацилглицериды)

Сложные эфиры глицерина и трех жирных кислот.

- Насыщенные жирные кислоты: не содержат двойных связей
- Ненасыщенные жирные кислоты: содержат двойные связи
- Полиненасыщенные жирные кислоты: содержат несколько сопряжённых двойных связей



Полярная голова

Рис. 12. Строение жиров

## Фосфолипиды

Гидрофильная голова и два гидрофобных хвоста.

Основа биологических мембран: фосфолипидный бислой.

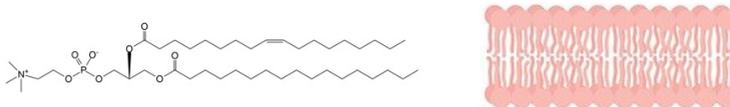


Рис. 13. Строение фосфолипидов и фосфолипидный бислой.

## Сфинголипиды

Сфингомиелин (миелин) – основа миелиновой оболочки аксонов позвоночных животных.

Выделяется Шванновскими клетками, обеспечивает электроизоляцию в аксонах, что ускоряет прохождение нервного импульса.

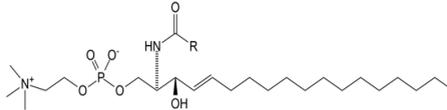


Рис. 14. Молекула сфинголипида

## Воска

Сложные эфиры высокомолекулярных спиртов и жирных кислот.

Структурная (соты), гидроизолирующая (восковая кутикула растений) и смазывающая функция (предохраняет перья, шерсть от воды).

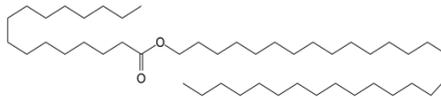


Рис. 15. Молекула воска

## Стерины

Холестерин – компонент биологических мембран, предшественник стероидных гормонов.

Стероидные гормоны: эстрадиол, тестостерон, кортизол.

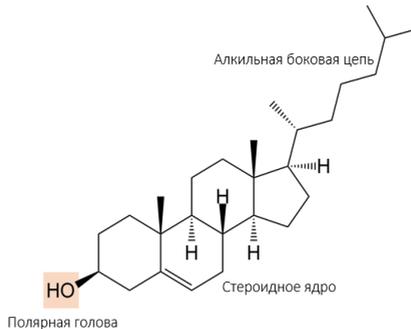


Рис. 16. Строение холестерина

## Функции липидов:

- Запасающая (триацилглицериды)
- Энергетическая (триацилглицериды и др.)
- Структурная (фосфолипиды, холестерин образуют биологические мембраны)
- Защитная (Подкожная жировая клетчатка – триацилглицериды)
- Теплоизоляционная (Подкожная жировая клетчатка обеспечивает теплоизоляцию)
- Смазывающая
- Гормональная (сигнальная) (Стероидные гормоны)

## Белки

Белки - гетерополимеры, состоящие из мономеров - аминокислот.

Протеиногенные аминокислоты – L-изомеры.

Пептидная связь соединяет аминокислоты в белке.

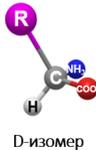
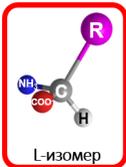
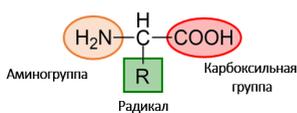


Рис. 17. Структура аминокислоты

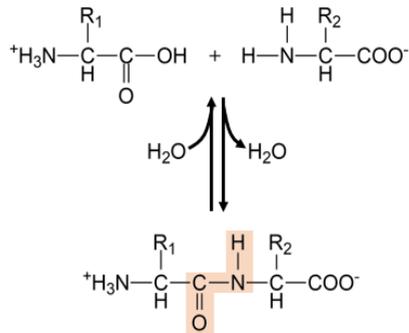


Рис. 18. Структура пептидной связи

## Уровни организации белковых молекул

1) Первичная структура белка - последовательность аминокислот.

Gly-Ala-Thr-Trp-Arg-Val-Ser.

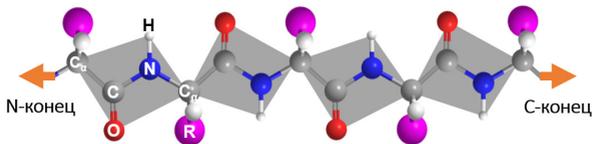
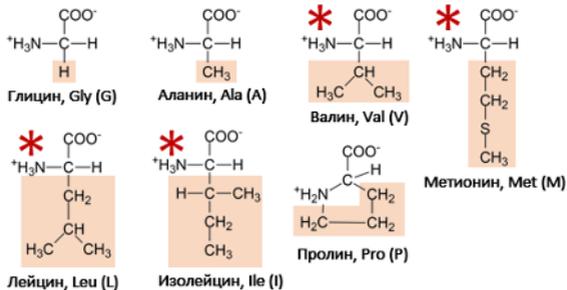
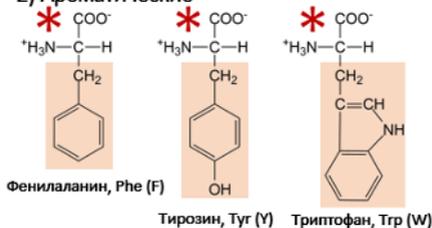


Рис. 19. Первичная структура белка

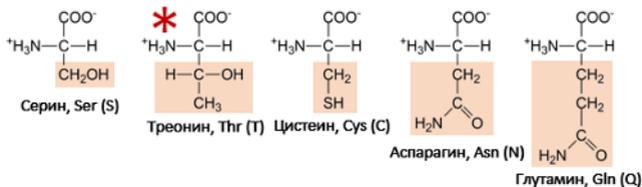
### 1) Неполярные алифатические



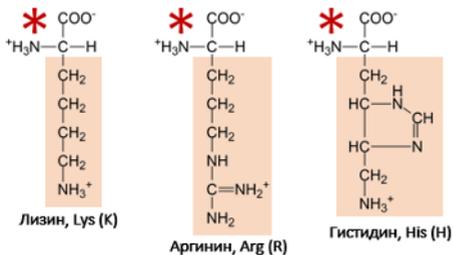
### 2) Ароматические



### 3) Полярные незаряженные



### 4) Положительно заряженные



### 5) Отрицательно заряженные

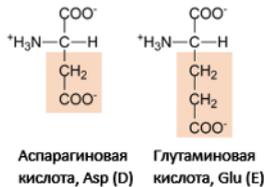


Рис. 20. Протеиногенные кислоты (\* - незаменимые)

2) Вторичная структура белка -  $\alpha$ -спираль (левая) и  $\beta$ -слой.

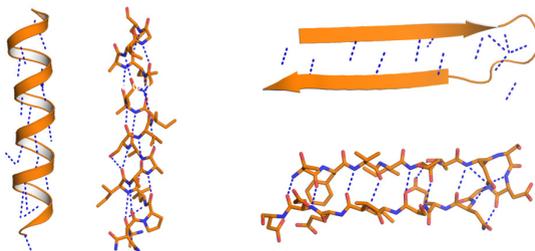


Рис. 21. Альфа-спираль (слева) и бета-слой (справа)

3) Третичная структура белка – 3D конфигурация

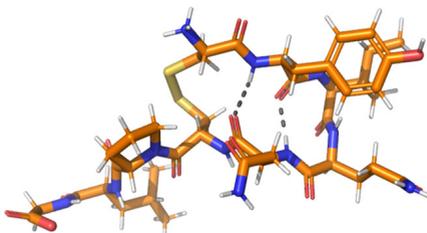


Рис. 22. Третичная структура белка

Взаимодействия, поддерживающие третичную структуру:

- Водородные связи
  - Гидрофобные взаимодействия
  - Ионные взаимодействия (электростатические)
  - Дисульфидные связи
- 4) Четвертичная структура – комплекс из нескольких молекул-субъединиц.

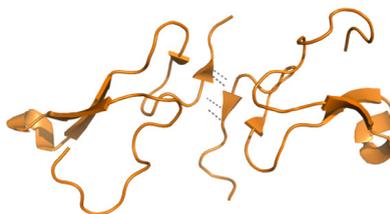


Рис. 23. Четвертичная структура белка

Взаимодействия, поддерживающие четвертичную структуру:

- Водородные связи
- Гидрофобные взаимодействия
- Ионные взаимодействия (электростатические)

## Функции белков

### Каталитическая

- Ферменты – биологические катализаторы
- Осуществляют одну химическую реакцию
- Ускоряют прямую и обратную реакцию, не расходуются
- Работают при оптимуме pH, температуры и др.

### Транспортная

- Ионные насосы – активный транспорт ионов (гидролиз АТФ)
- Ионные каналы – пассивный транспорт ионов по градиенту
- Перенос веществ по организму: гемоглобин – кислород, альбумин – жирные кислоты и др.
- Внутриклеточный транспорт: моторные белки перемещают везикулы и органеллы по микротрубочкам

### Структурная

- Цитоскелет: микрофиламенты – актин, промежуточные филаменты – цитокератины, микротрубочки – тубулин
- Входят в состав биологических мембран
- Межклеточные контакты
- Кератин – роговые образования: волосы, ногти
- Коллаген, эластин – хрящи и сухожилия

### Сократительная (двигательная)

- Актин и миозин обеспечивают мышечное сокращение
- Динеины и тубулин – движение ресничек и жгутиков

### Сигнальная

- Белковые гормоны: инсулин, глюкагон, гормоны гипоталамуса и гипофиза: гормон роста, АКТГ и др.
- Белки-рецепторы: зрительный родопсин, адренорецептор, инсулиновый рецептор и др.
- Белки сигнальных каскадов: аденилатциклаза, протеинкиназа А и др.

### Защитная

- Фибриноген и фибрин – система свёртывания крови
- Антитела – основа гуморального иммунитета. Т-, В- клеточный рецепторы – основа клеточного иммунитета. Рецепторы врождённого иммунитета.
- Белки главного комплекса гистосовместимости – распознавание чужеродных клеток

## Энергетическая

- В случае недостатка питательных веществ в виде углеводов и липидов в первую очередь расходуются мышечные белки
- При длительном голодании снижается количество белков плазмы крови → выход воды в ткани – «голодные отёки»

## Нуклеиновые кислоты

Нуклеотиды – мономеры нуклеиновых кислот.

Состоят из:

- Азотистые основания: пурины (аденин, гуанин), пиримидины (тимин, цитозин, урацил)
- Моносахарид: рибоза (РНК), дезоксирибоза (ДНК)
- Фосфат

Азотистые основания:

- **Пурины:** Аденин, Гуанин
- **Пиримидины:** Цитозин, Тимин(ДНК), Урацил(РНК)
- Содержат систему сопряжённых связей – плоские
- Способны к образованию комплементарных пар, удерживаемых водородными связями

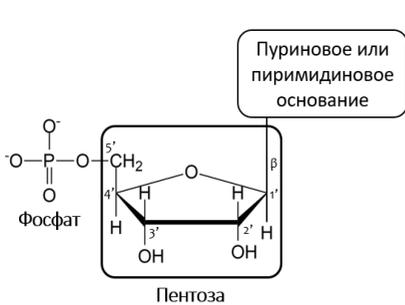


Рис. 24. Строение нуклеотида

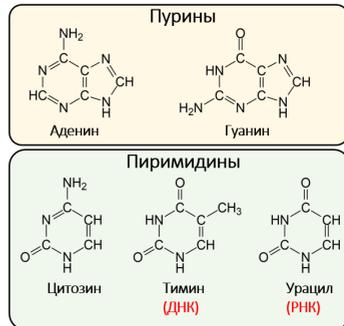


Рис. 25. Азотистые основания

## Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)

- Универсальный источник энергии в живых организмах
- Макроэргические связи
- 40 кДж/моль при отщеплении фосфата
- Гидролиз АТФ – энергия для синтеза веществ, транспорта и т.д.
- Биосинтез АТФ из АДФ и Ф: гликолиз, клеточное дыхание
- ГТФ, ЦТФ, УТФ – также источники энергии и «строительные блоки» нуклеиновых кислот

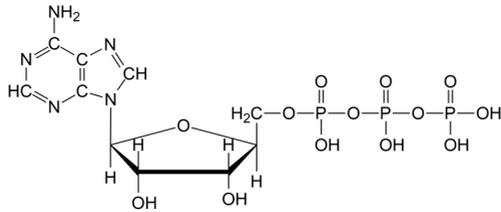


Рис. 26. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)

## Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)

- Линейный полимер из нуклеотидов (А, Т, Г, Ц)
- Дезоксирибоза в составе нуклеотидов
- Сахарофосфатный остов
- 5' и 3' концы
- Две цепи соединены водородными связями
- Комплементарные пары оснований
- Цепи антипараллельны
- Молекула очень стабильна

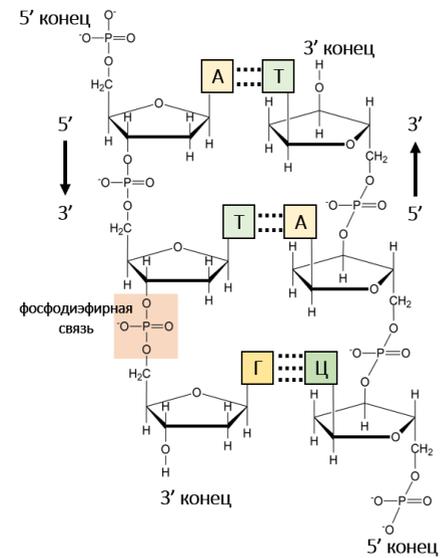


Рис. 27. Структура ДНК

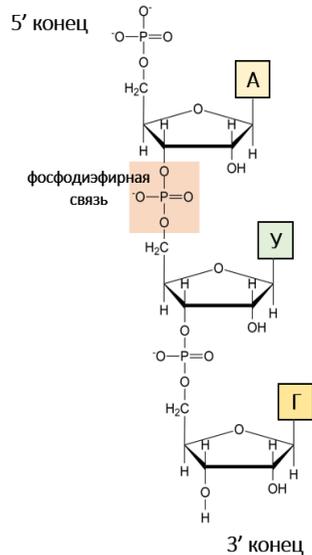


Рис. 28. Структура РНК

Трёхмерная структура ДНК - двойная спираль.  
1953 г. – Джеймс Уотсон и Френсис Крик.

**Комплементарные пары:**

Аденин – Тимин

Гуанин – Цитозин

**Функции ДНК** - хранение и передача наследственной информации (полуконсервативный механизм репликации - удвоения ДНК, матричный синтез).

ДНК: Хромосомы в ядре, кольцевая – митохондрии, кольцевая - хлоропласты



Рис. 29. Органоиды, содержащие ДНК

**Рибонуклеиновая кислота (РНК)**

- Линейный полимер из нуклеотидов (А, У, Г, Ц)
- Рибоза в составе нуклеотидов
- Сахарофосфатный остов
- 5' и 3' концы
- Обычно одноцепочечная, однако может формировать шпильки
- Молекула нестабильна

Виды РНК и их функции:

**Информационная (матричная) РНК (иРНК, мРНК)**

- Передача информации от ДНК к рибосомам в процессе синтеза белка (участие в процессах транскрипции, трансляции)
- 5% РНК клетки

**Транспортная РНК (тРНК)**

- Транспорт аминокислот к рибосоме в процессе синтеза белка (трансляции)

**Рибосомная РНК (рРНК)**

- Входит в состав рибосом (катализ синтеза белка (трансляции))
- 85% РНК клетки

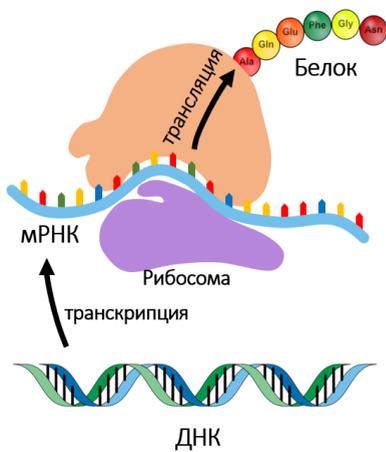


Рис. 30. Участие мРНК в процессе биосинтеза белка

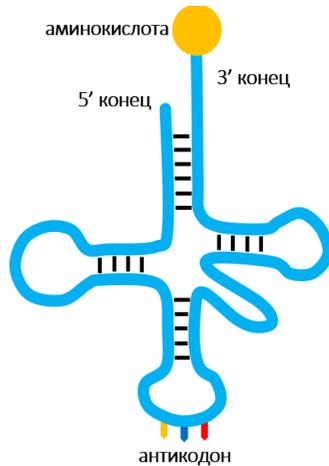


Рис. 31. Строение тРНК



Рис. 32. Строение рибосомы (рРНК в составе рибосомы)

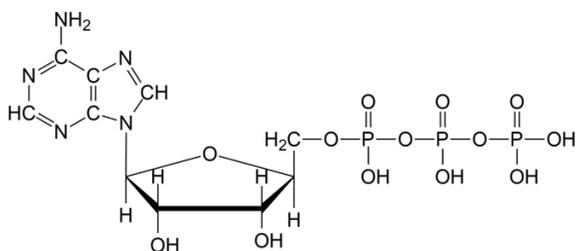
## Метаболизм

Обмен веществ и энергии - совокупность процессов синтеза и расщепления химических веществ (сопровождается затратами и выделением энергии АТФ).

Разделяют пластический и энергетический обмен.

**Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция)**

- Расщепление химических веществ
- Выделение энергии



Аденозин трифосфат (АТФ)

Рис. 33. Строение молекулы АТФ

### Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция)

- Биосинтез химических веществ
- Затраты энергии

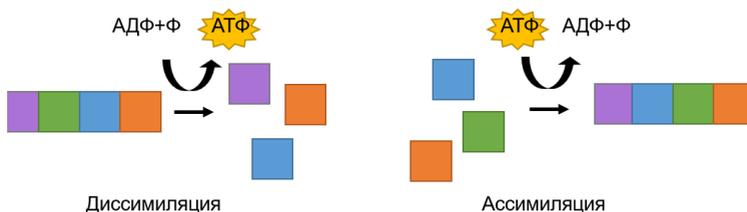


Рис. 34. Схема диссимиляции и ассимиляции

## Автотрофы, Гетеротрофы, Миксотрофы

Живые организмы по типу получения энергии подразделяются на автотрофов и гетеротрофов.

### Автотрофы

Синтезируют органические вещества из неорганических.

- Зелёные растения – энергия солнечного света (фотосинтез)
- Хемосинтезирующие прокариоты - энергия преобразования химических веществ (хемосинтез)

### Гетеротрофы

Используют готовые органические вещества.

## Миксотрофы

Совмещают автотрофный и гетеротрофный тип питания.

- Хищные растения (росянка, венерина мухоловка)
- Эвглена зелёная
- Раффлезия – гетеротрофное растение

## Ферменты

- Белки-катализаторы химических реакций.
- Высокая специфичность
- Не расходуются

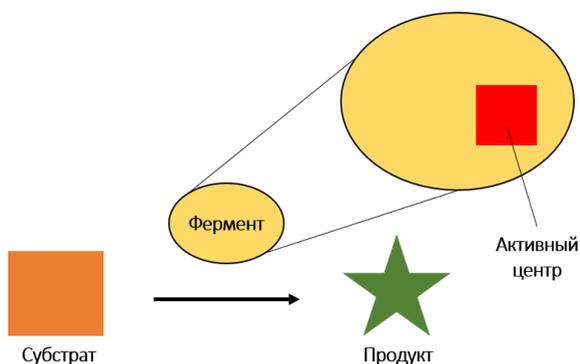


Рис. 35. Принцип работы фермента.

Функционирование ферментов зависит от условий среды.

Факторы среды:

- Температура
- Кислотность (рН)
- Ионный состав и др.

## Коферменты

Вспомогательные молекулы, обеспечивающие функционирование ферментов

Витамины-коферменты:

- Витамин А (ретинол)
- Витамин В6 (пиридоксин)
- Витамин В12 (цианокобаламин)
- Витамин Вс (фолиевая кислота)
- и другие

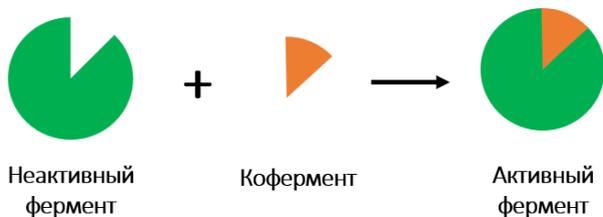


Рис. 36. Принцип действия кофермента

## Энергетический обмен

Совокупность процессов распада высокомолекулярных органических соединений, происходящих с выделением энергии (АТФ).

Этапы энергетического обмена:

- 1. Подготовительный.** Происходит в пищеварительной системе, лизосомах. Расщепление полимеров до мономеров.
- 2. Бескислородный (Гликолиз).** Происходит в цитоплазме. Расщепление глюкозы, синтез 2 АТФ.
- 3. Кислородный (Цикл Кребса, окислительное фосфорилирование)** Происходит в митохондриях. Полное окисление веществ по  $\text{CO}_2$ , синтез 36 АТФ на 1 молекулу глюкозы.

### Подготовительный этап

- Расщепление полимеров до мономеров
- Происходит в пищеварительной системе, в лизосомах

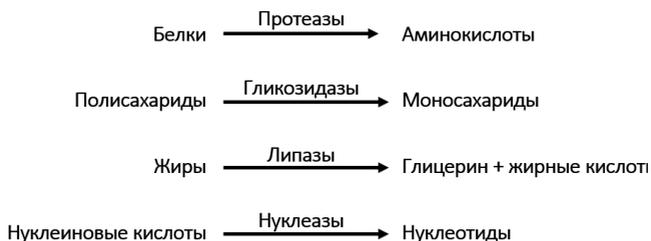


Рис. 37. Расщепление органических веществ до мономеров

## Бескислородный этап (Гликолиз)

- Неполное расщепление глюкозы
- Происходит в цитоплазме клетки

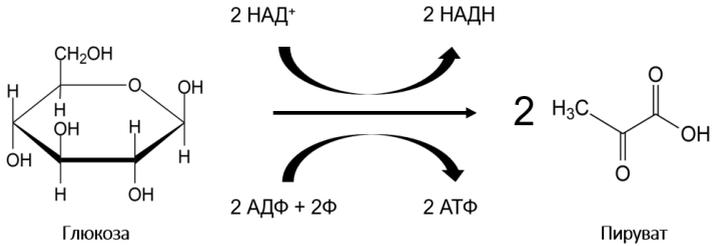


Рис. 38. Процесс гликолиза

## Брожение

- Происходит в отсутствие кислорода
- Необходимо для регенерации NAD<sup>+</sup>

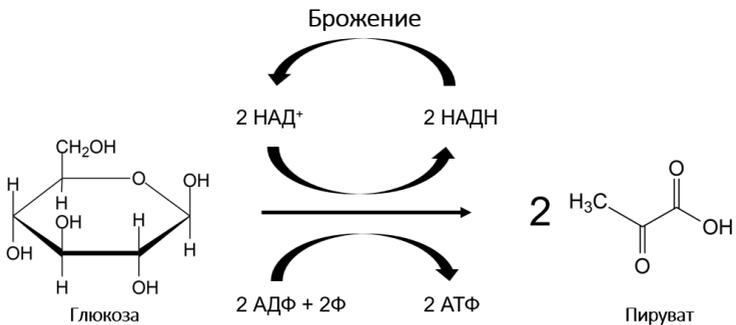


Рис. 39. Брожение в обмене веществ

## Молочнокислородное брожение

- Перенос электронов с НАДН на пируват с образованием лактата (молочной кислоты)

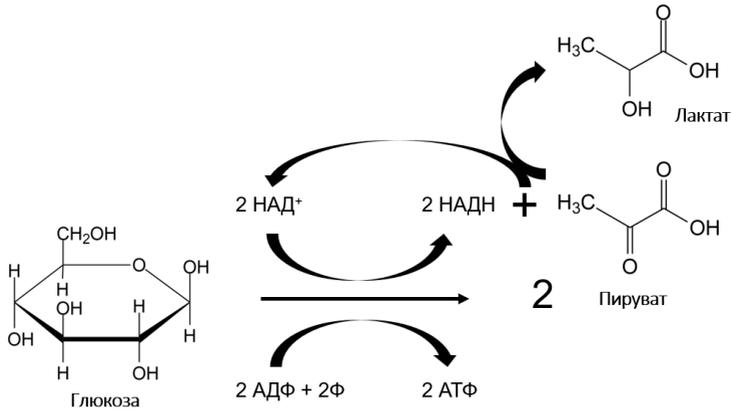


Рис. 40. Молочнокислородное брожение в обмене веществ

## Спиртовое брожение

- Перенос электронов с НАДН на уксусный альдегид с образованием этанола и  $\text{CO}_2$

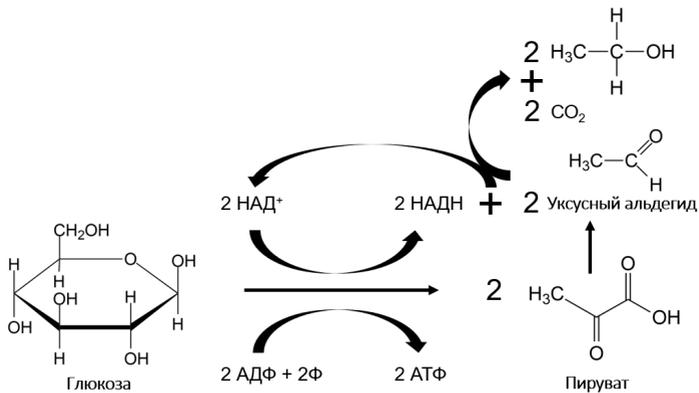


Рис. 41. Спиртовое брожение в обмене веществ

## Кислородный этап

- Полное окисление пирувата до  $\text{CO}_2$  с образованием 36 АТФ на 1 молекулу глюкозы
- Происходит в митохондриях

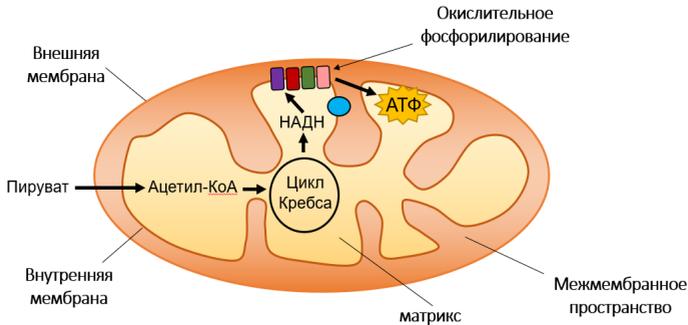


Рис. 42. Процессы кислородного этапа в митохондрии

Кислородный этап: **цикл Кребса** (цикл лимонной кислоты, цикл трикарбоновых кислот)

- Происходит в матриксе митохондрий

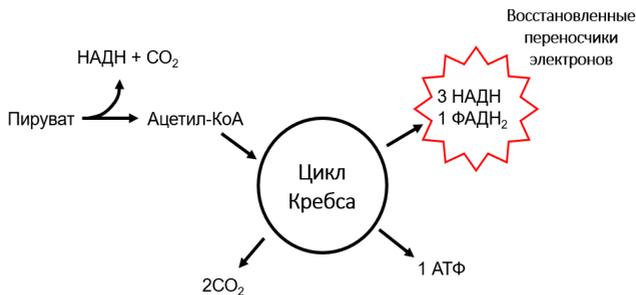


Рис. 43. Схема цикла Кребса

Кислородный этап: окислительное фосфорилирование

- Происходит на внутренней мембране митохондрий
- Требуется затрата кислорода
- Энергия электронов  $\rightarrow$  протонный градиент  $\rightarrow$  АТФ (хемиосмотическая теория П. Митчела)
- Образуется 36 АТФ при полном окислении глюкозы

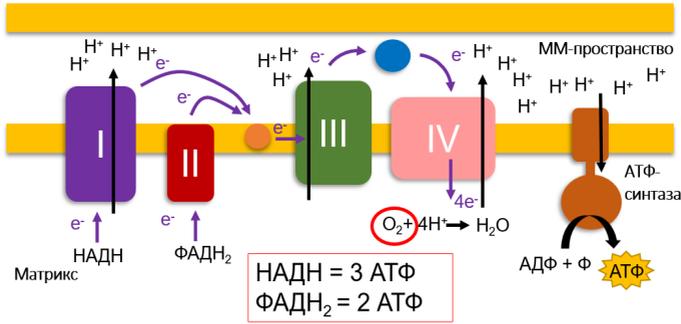


Рис. 44. Схема окислительного фосфорилирования на мембране митохондрии

Уравнение полного окисления глюкозы:



## Фотосинтез

- Процесс образования органических веществ из  $CO_2$  и  $H_2O$  с использованием энергии света
- Происходит в хлоропластах зелёных растений, водорослей и в цианобактериях
- Поглощение энергии света – с помощью фотосинтетических пигментов – хлорофиллов
- Побочным продуктом является  $O_2$

## Открытие фотосинтеза

- 1630 г. Голландец Ян Баптист ван Гельмонт обнаружил, что растения не поглощают органические вещества из почвы

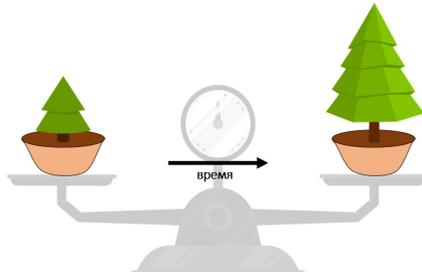


Рис. 45. Опыт Гельмонта

- 1771 г. Джозеф Пристли : растение способно «исправить испорченный воздух»

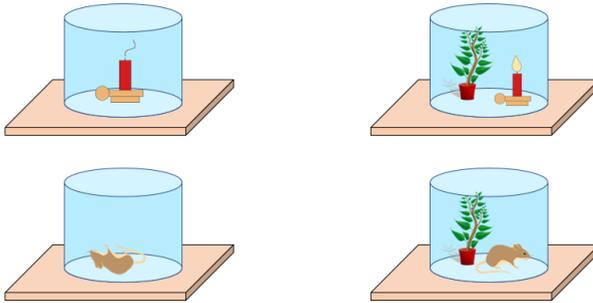


Рис. 46. Опыт Пристли

- 1779 г. Ян Ингенхауз обнаружил, что на свету зелёные части растений выделяют пузырьки газа, в темноте это явление прекращается

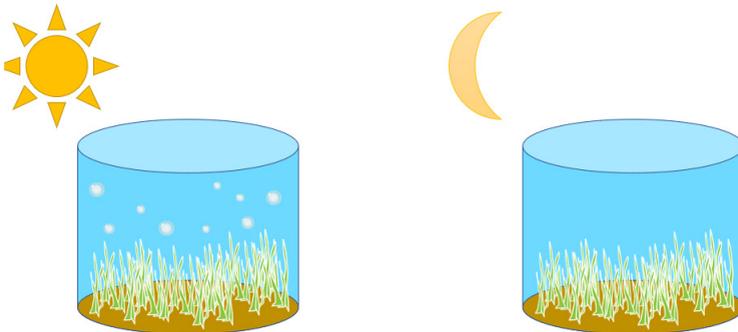


Рис. 47. Опыт Ингенхауза

## Строение хлоропласта

- Двумембранные органоиды
- Внутри стопки тилакоидов – граны
- Внутри кольцевая ДНК, рибосомы
- В мембранах тилакоидов белковые комплексы световой стадии фотосинтеза + молекулы хлорофилла



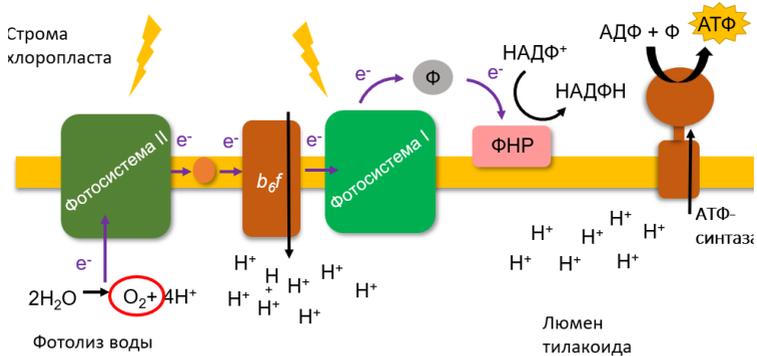


Рис. 50. Световая фаза фотосинтеза

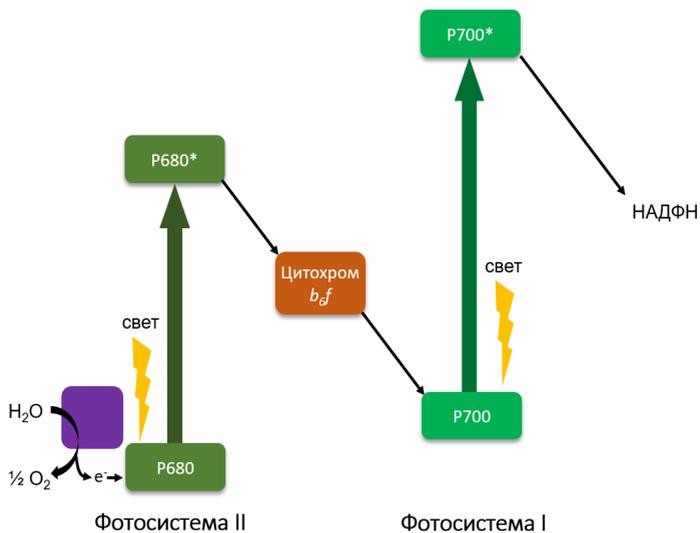


Рис. 51. Z-схема фотосинтеза

## Темновая фаза

- Нет необходимости в свете (может протекать как в темноте, так и на свету)
- Происходит в строме хлоропласта
- Реакции темновой фазы = цикл Кальвина
- Синтез глюкозы с затратами НАДФН и АТФ

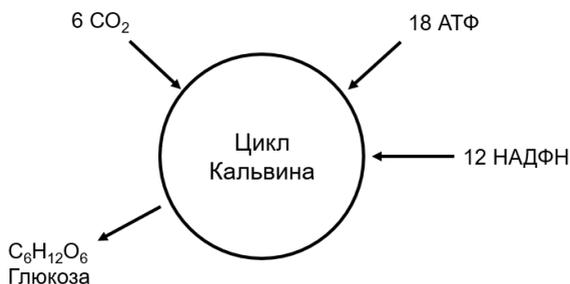
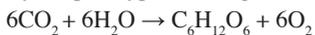


Рис. 52. Схема цикла Кальвина

Уравнение темновой фазы:



Суммарное уравнение фотосинтеза:



**Значение фотосинтеза:**

- Производство органических веществ для питания других организмов
- Производство кислорода, необходимого для дыхания
- Кислород служит предшественником озона в озоновом экране
- Фотосинтез способствует снижению концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере

## Хемосинтез

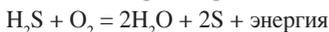
- Процесс образования органических веществ из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  с использованием энергии химических веществ
- Для получения энергии окисление соединений азота, серы, железа
- Характерен только для некоторых прокариот

### Нитрифицирующие бактерии

Окисление аммиака  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{энергия}$

### Серобактерии

Окисление сероводорода:



Образуют симбиоз с гонофорами – гигантскими морскими червями, несущими серобактерий в трофосомах.

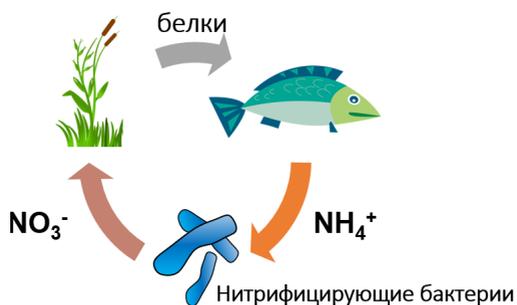


Рис. 53. Круговорот азота с участием нитрифицирующих бактерий

## Железобактерии

Окисление двухвалентного железа  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{энергия}$

Распространены в водоемах, играют большую роль в круговороте железа в природе.

## Значение хемосинтеза

- Первичные продуценты в гидротермальных сообществах (серобактерии) и других местообитаниях без света
- Важное звено круговорота веществ
- Обезвреживание токсичных соединений: аммиак, сероводород и др.
- Разрушение горных пород
- Образование полезных ископаемых
- Очистка сточных вод

## Проверь себя

1. Все приведённые ниже химические элементы, кроме двух, являются макроэлементами. Определите два элемента, «выпадающих» из общего списка, и запишите в ответ цифры, под которыми они указаны.

- 1) цинк
- 2) селен
- 3) магний
- 4) азот
- 5) фосфор

2. Вода, играющая большую роль в поступлении веществ в клетку и удалении из нее отработанных продуктов, выполняет функцию:

- 1) растворителя
- 2) строительную
- 3) каталитическую
- 4) защитную

3. Какое свойство воды делает её хорошим растворителем в биологических системах?

- 1) высокая теплопроводность
- 2) медленный нагрев и остывание
- 3) высокая теплоемкость
- 4) полярность молекул

4. Какие функции выполняют белки в организме животных?

- 1) каталитическую
- 2) структурную
- 3) запасующую
- 4) гормональную
- 5) сократительную
- 6) энергетическую

5. Какие функции выполняют в клетке молекулы углеводов и липидов?

- 1) информационную
- 2) каталитическую
- 3) строительную
- 4) энергетическую
- 5) запасующую
- 6) двигательную

6. Установите соответствие между особенностями молекул углеводов и их видами:

### ОСОБЕННОСТИ

- А) мономер
- Б) полимер
- В) растворимы в воде
- Г) не растворимы в воде
- Д) входят в состав клеточных стенок растений
- Е) входят в состав клеточного сока растений

### ВИДЫ

- 1) целлюлоза
- 2) глюкоза

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

7. Выберите признаки РНК:

- 1) содержится в рибосомах и ядрышке
- 2) способна к репликации
- 3) состоит из одной цепи
- 4) содержится в хромосомах
- 5) набор нуклеотидов АТГЦ
- 6) набор нуклеотидов АГЦУ

8. Выберите ТРИ функции ДНК в клетке

- 1) посредник в передаче наследственной информации
- 2) хранение наследственной информации
- 3) кодирование аминокислот
- 4) матрица для синтеза иРНК
- 5) регуляторная
- 6) структурирование хромосом

9. В процессе энергетического обмена, в отличие от пластического, происходит:

- 1) расходование энергии, заключенной в молекулах АТФ
- 2) запасание энергии в макроэргических связях молекул АТФ
- 3) обеспечение клеток белками и липидами

4) обеспечение клеток углеводами и нуклеиновыми кислотами

10. В процессе пластического обмена:

- 1) более сложные углеводы синтезируются из менее сложных
- 2) жиры превращаются в глицерин и жирные кислоты
- 3) белки окисляются с образованием углекислого газа, воды, азотсодержащих веществ
- 4) происходит освобождение энергии и синтез АТФ

11. Установите последовательность этапов окисления молекул крахмала в ходе энергетического обмена.

- 1) образование молекул ПВК (пировиноградной кислоты)
- 2) расщепление молекул крахмала до дисахаридов
- 3) образование углекислого газа и воды
- 4) образование молекул глюкозы

12. Установите правильную последовательность процессов фотосинтеза.

- 1) Преобразование солнечной энергии в энергию АТФ.
- 2) Возбуждение светом электронов хлорофилла.
- 3) Фиксация углекислого газа.
- 4) Образование крахмала.
- 5) Использование энергии АТФ для синтеза глюкозы.

13. В процессе хемосинтеза, в отличие от фотосинтеза,

- 1) образуются органические вещества из неорганических
- 2) используется энергия окисления неорганических веществ
- 3) органические вещества расщепляются до неорганических
- 4) источником углерода служит углекислый газ

## Блок 2. Молекулярная биология (8 часов)

В данном блоке речь пойдет о процессах, происходящих с высокомолекулярными соединениями в клетке. Мы рассмотрим основные события из истории этой науки, разберем механизмы хранения, передачи и реализации генетической информации и клетке, а также непосредственно строение нуклеиновых кислот, которые осуществляют вышеупомянутые процессы. Поговорим о генной инженерии и мутагенезе, плавно переходя таким образом к следующему разделу – генетике.

### Молекулярная биология

#### Эксперимент Гриффитса

1928 год - Открытие трансформации бактерий: неvirulentные бактерии трансформировались в virulentные компонентом X убитого virulentного штамма

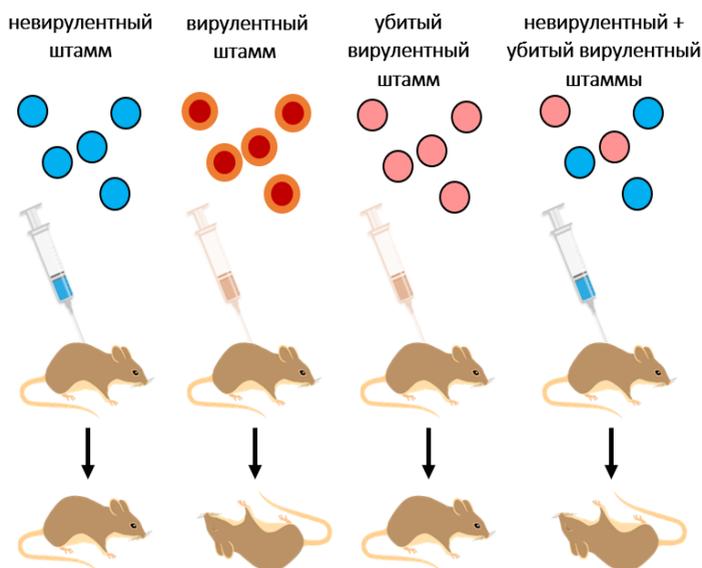


Рис. 54. Эксперименты Гриффитса

Какова природа компонента X «трансформирующего начала»?



# Правила Чаргаффа

1. Содержание оснований в ДНК разных видов, как правило, различается
2. Образцы ДНК, выделенные из разных тканей организмов одного вида, имеют одинаковый состав оснований
3. Состав оснований ДНК конкретного вида не зависит от возраста, питания, окружающей среды
4. Во всех клеточных ДНК вне зависимости от вида, к которому принадлежит организм, число остатков аденозина равно числу остатков тимидина ( $A = T$ ), а число остатков гуанозина равно числу остатков цитидина ( $G = C$ )

## Гены и геномы

**Ген** – участок ДНК, кодирующий информацию о последовательности аминокислот в одной молекуле белка.

**Геном** – совокупность всей наследственной информации (ДНК) в клетке.

|                         | Бактерия <i>E. coli</i>        | Человек  |
|-------------------------|--------------------------------|--|
| <b>Количество генов</b> | ~ 4 500                        | ~ 23 000   |
| <b>Геном</b>            | Кольцевая ДНК, $5 \times 10^6$ | Линейная ДНК, 46 хромосом (молекул ДНК), $3 \times 10^9$ |

Таблица 1. Сравнение геномов бактерии и человека

## Реализация наследственной информации

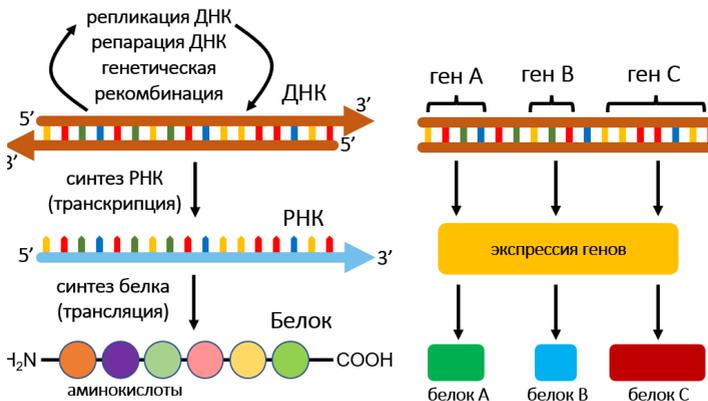


Рис. 57. Основная догма молекулярной биологии

# Репликация ДНК

- Удвоение ДНК
- Матричный синтез – использование материнской цепи для синтеза дочерней путём постановки комплементарных нуклеотидов
- Участие ферментов (ДНК полимеразы и др.)

## Полуконсервативная модель репликации

Предложена в 1953 г. – Джеймсом Уотсоном и Френсисом Криком.

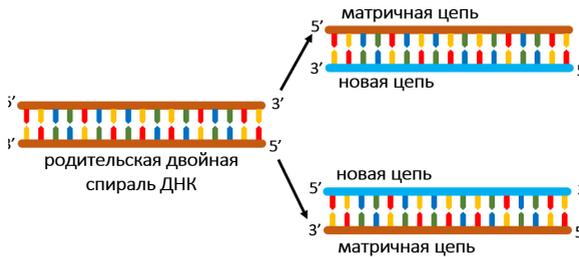


Рис. 58. Полуконсервативная модель репликации ДНК

## Модели репликации ДНК

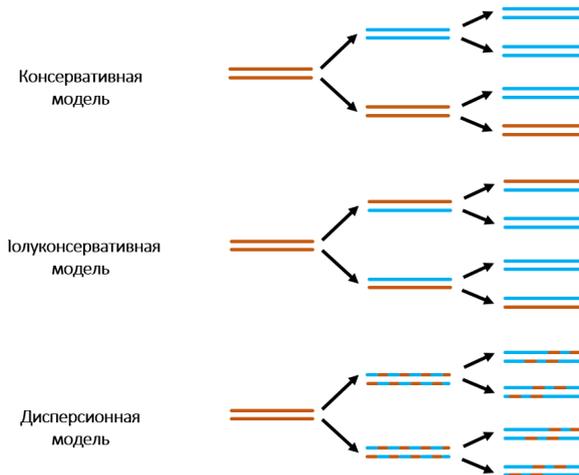


Рис. 59. Модели репликации ДНК

# Эксперимент Мезельсона и Сталя

1958 г. - Доказательство полуконсервативной модели репликации.

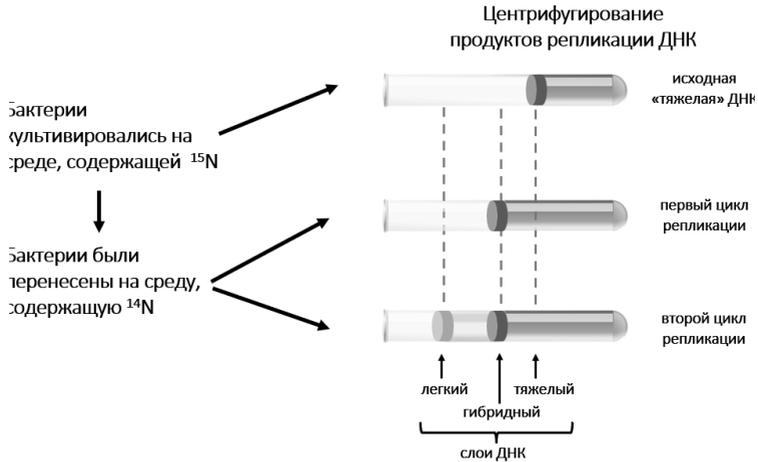


Рис. 60. Эксперимент Мезельсона и Сталя

## Начало репликации

**Ориджин репликации** – участок ДНК, в котором начинается репликация.

**Репликативная вилка** – место расхождения цепей ДНК в зоне репликации.

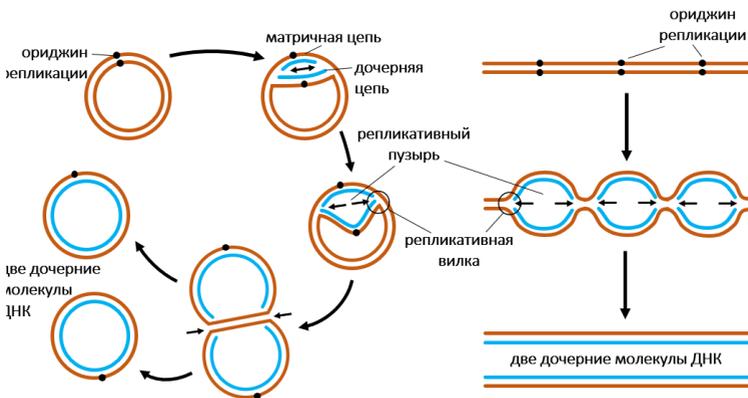


Рис. 61. Механизм репликации ДНК

## Структура репликативной вилки

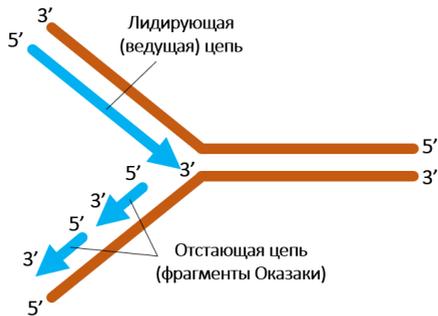


Рис. 62. Репликативная вилка

## Ферменты репликации ДНК

### ДНК-полимераза

- катализирует присоединение новых нуклеотидов к дочерней цепи

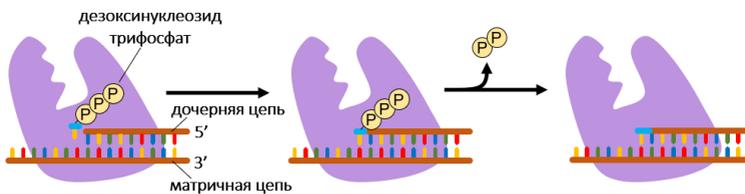


Рис. 63. Установка поступившего дезоксирибонуклеозид трифосфата в нужное положение и включение нуклеотида в цепь с последующей транслокацией ДНК

- обладает 3'-5'-экзонуклеазной активностью – устраняет ошибки, повышает точность репликации

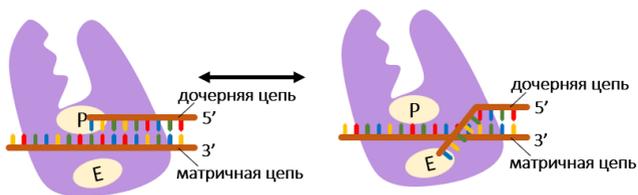


Рис. 64. Полимеризация и редактирование

## Праймаза

- синтез РНК-затравки (праймера)

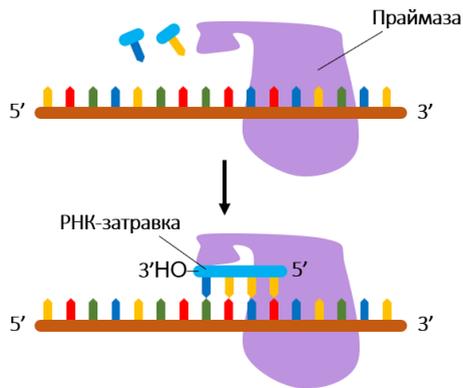


Рис. 65. Работа праймазы

ДНК-полимераза достраивает фрагменты Оказаки.

ДНК-полимераза присоединяет нуклеотиды к новой РНК-затравке, начинает синтез нового фрагмента Оказаки.

ДНК-полимераза завершает синтез фрагмента ДНК.

Старая РНК-затравка удаляется, её заменяет ДНК.

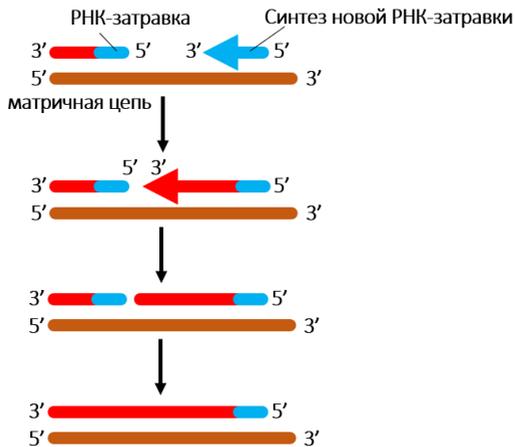


Рис. 66. Достройка фрагментов Оказаки

## ДНК-хеликаза

- разделение цепей ДНК

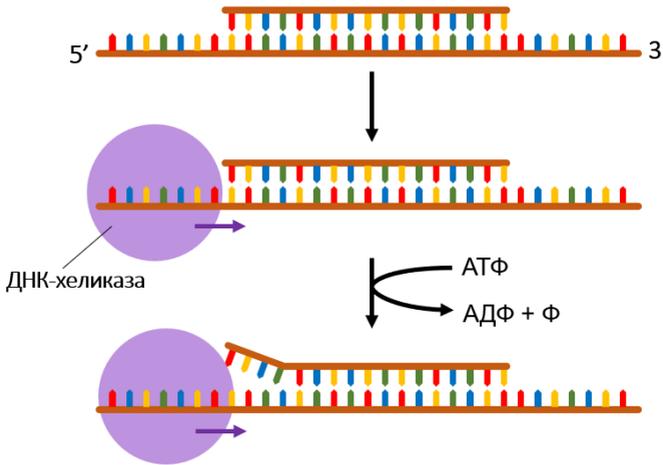


Рис. 67. Разделение цепей ДНК-хеликазой

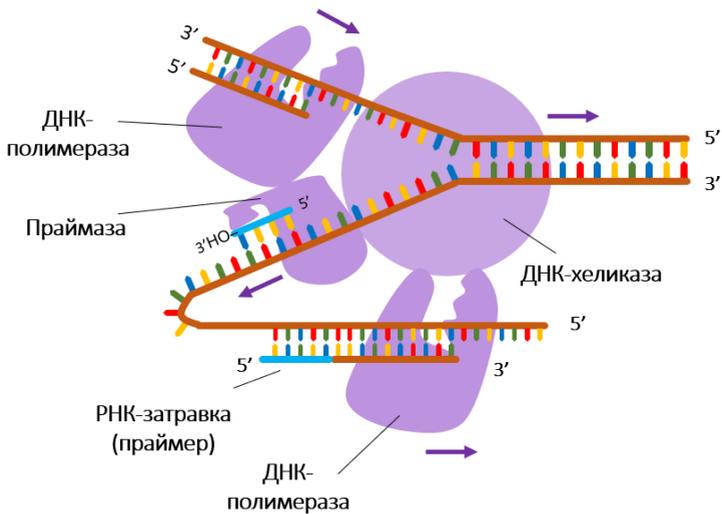


Рис. 68. Общая схема репликации ДНК

# Транскрипция генов (матричный биосинтез)

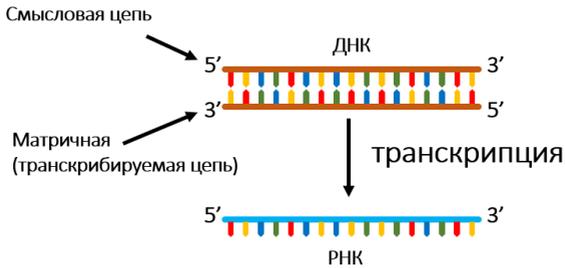


Рис. 69. Биосинтез РНК по матрице ДНК

Виды РНК (см. в блоке «Биохимия»).

РНК-полимераза катализирует процесс транскрипции.

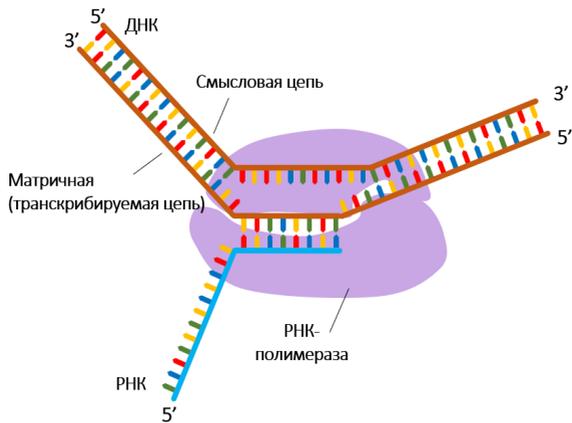


Рис. 70. Процесс транскрипции

Транскрипция начинается с особого участка ДНК – промотора.



Рис. 71. Расположение промотора на ДНК

# Экспрессия генетической информации

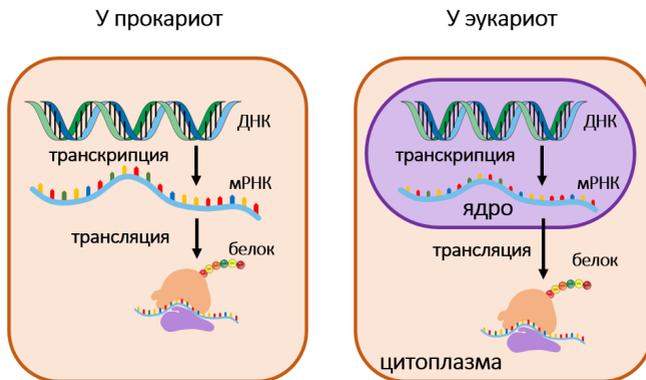


Рис. 72. Экспрессия генов у эукариот и прокариот

## Трансляция

Трансляция - матричный процесс пластического обмена.

## Генетический код

- правила соответствия между нуклеотидами мРНК и аминокислотами в белке

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

Рис. 73. Таблица генетического кода



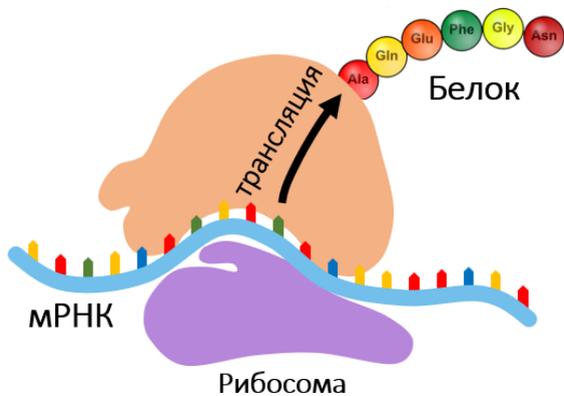


Рис. 76. Трансляция на рибосоме

### Схема процесса трансляции

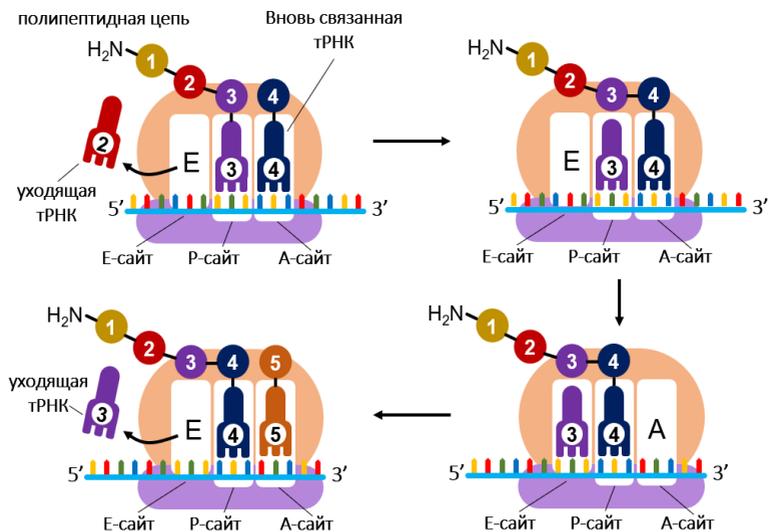


Рис. 77. Схема процесса трансляции

## Трансляция у про- и эукариот

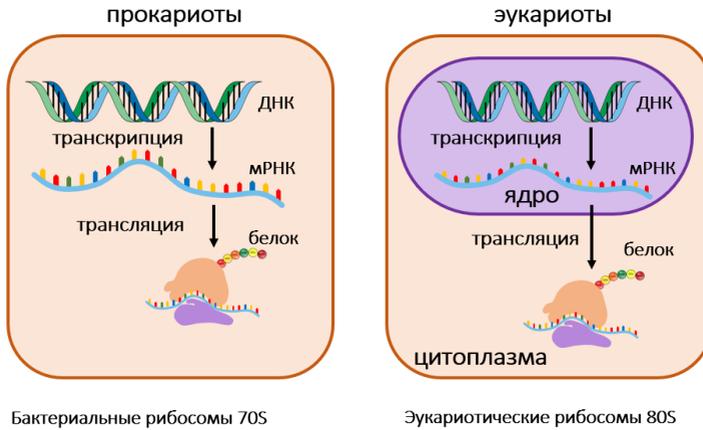


Рис. 78. Трансляция у про- и эукариот

## Синтез белка у эукариот

Происходит как на свободных, так и на связанных с ЭПС рибосомах. На них происходит синтез разных белков.

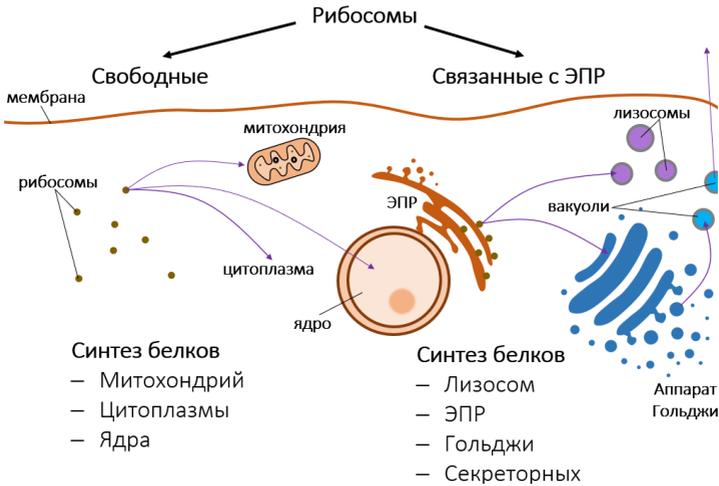


Рис. 79. Синтез белков на рибосомах эукариот

# Генная инженерия, геномика, протеомика

**Генная инженерия** – совокупность методов и технологий манипулирования генами и молекулами ДНК.

**Биотехнология** – дисциплина, изучающая применение особенностей живых организмов для решения технологических задач и создание организмов с заданными свойствами.

**Эндонуклеазы рестрикции** (рестриктазы) – ферменты, расщепляющие ДНК по определённой палиндромной последовательности.



Рис. 80. Образование «липких концов» с помощью рестриктаз

**Плазмиды** – бактериальные кольцевые молекулы ДНК

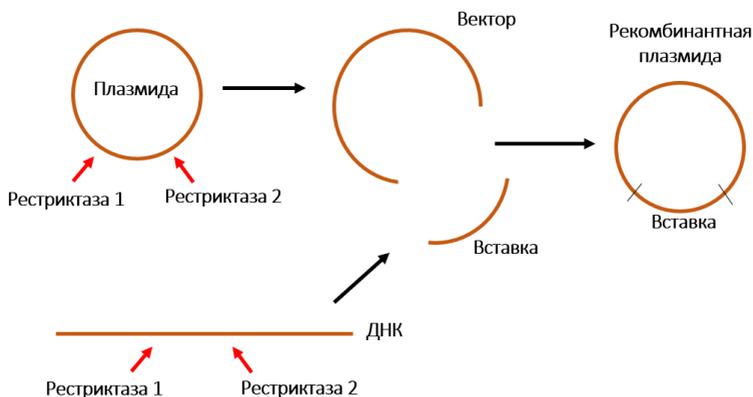


Рис. 81. Создание рекомбинантных плазмид

## Клонирование ДНК

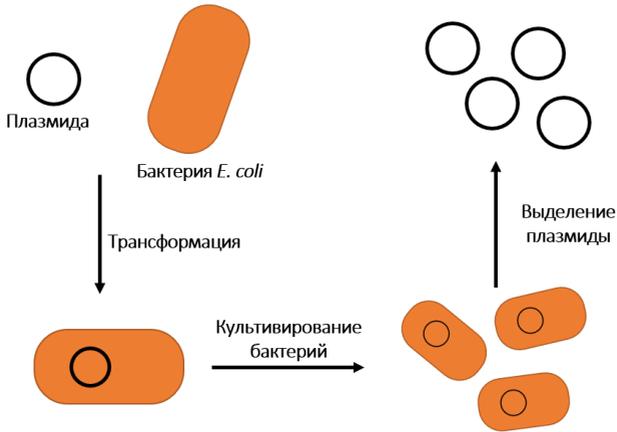


Рис. 82. Клонирование ДНК

## Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

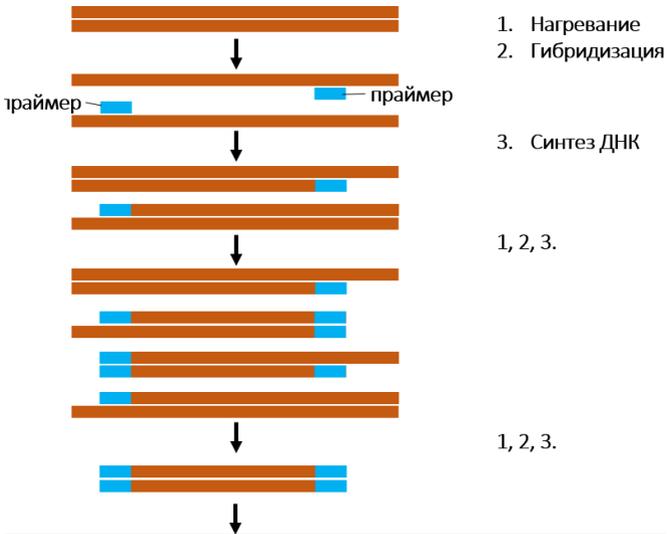


Рис. 83. Механизм ПЦР

Применение ПЦР:

- Медицина: определение возбудителей заболеваний, персонализированная медицина, установление отцовства
- Криминалистика: анализ биологических образцов
- Генная инженерия: клонирование генов, секвенирование ДНК, мутагенез

## Создание генетических конструкций для получения рекомбинантных белков

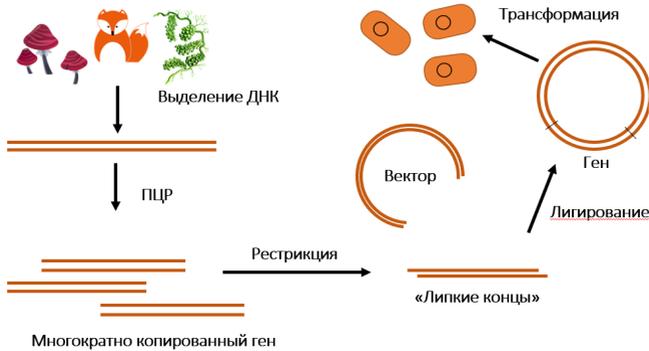


Рис. 84. Генетическая конструкция для получения рекомбинантных белков

## Получение трансгенных растений и животных

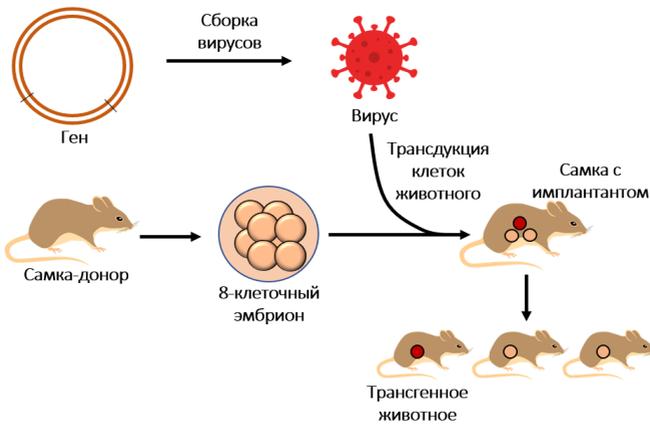


Рис. 85. Механизм получения трансгенных растений и животных

## Геномика

Изучает и сравнивает структуру и функции генов и геномов различных организмов.

## Протеомика

Изучает совокупность белков и их взаимодействий в живых организмах.

# Мутагенез и мутагены

**Мутации** - устойчивые изменения последовательности ДНК, передающиеся дочерним клеткам.

**Мутагенез** – процесс возникновения мутаций.

**Мутагены** – вещества и воздействия, вызывающие возникновение мутаций.

| Физические  | Химические  | Биологические             |
|---|---|---------------------------|
| Ионизирующее излучение (Гамма-излучение, рентгеновское излучение), УФ-излучение | Азотистая кислота, формальдегид, нитрозосоединения, яды (колхицин), алкоголь, компоненты табачного дыма | Вирусы, транспозоны, фаги |

Таблица 2. Разновидности мутагенов

Воздействие мутагенов вызывает повреждение ДНК.

- При воздействии ионизирующего излучения образуются двуниевые разрывы ДНК



Рис. 86. Образование двуниевых разрывов

- При воздействии УФ-излучения в ДНК образуются тиминовые димеры

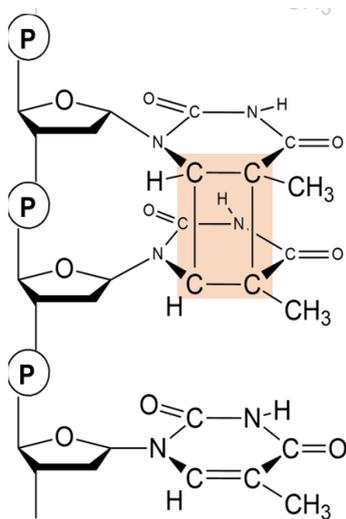


Рис. 87. Образование тиминовых димеров в ДНК

- Интеркалирующие вещества встраиваются в спираль ДНК, нарушая процессы репликации и транскрипции

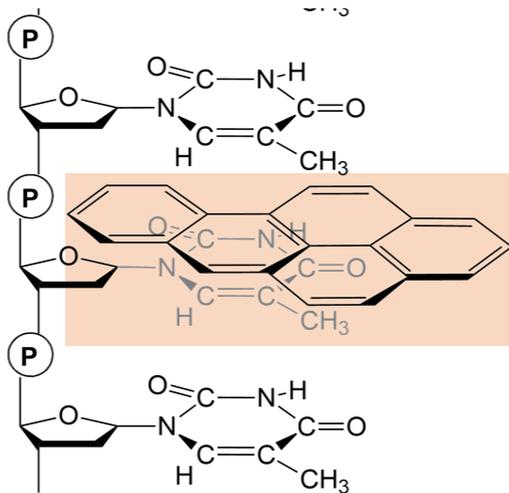


Рис. 88. Встройка бензопирена в ДНК

Бензопирен встраивается в двойную спираль ДНК, образуя ковалентную связь с азотистыми основаниями в нуклеотидах. Источники бензопирена: табачный дым, автомобильные выхлопы, горящие свалки, обжаренное мясо и другие продукты.

## Система репарации

- система исправления ошибок до того, как они закрепились в виде мутаций

### Фотореактивация

Фермент фотолиаза расщепляет тиминные димеры с использованием энергии света.



Рис. 89. Расщепление тиминных димеров фотолиазой

### Экцизионная репарация

Повреждения нескольких нуклеотидов удаляются в процессе **экцизионной репарации нуклеотидов**.

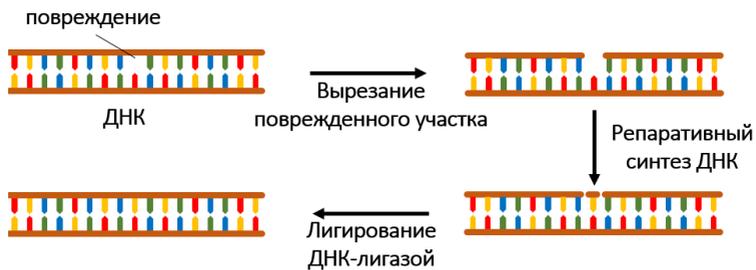


Рис. 90. Экцизионная репарация

## Гомологичная рекомбинация

Двунитевые разрывы ДНК у человека в основном репарируются по механизму **гомологичной рекомбинации** с использованием в качестве матрицы второй нити ДНК.

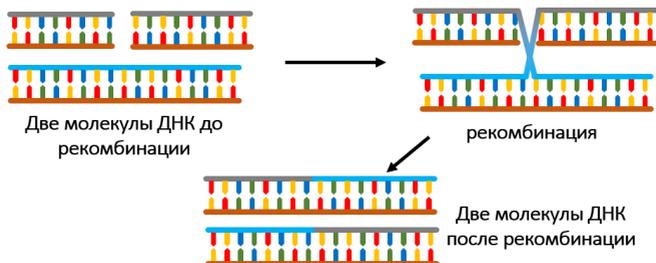


Рис. 91. Гомологичная рекомбинация

## Проверь себя

1. Чем молекула иРНК отличается от ДНК?

- 1) переносит наследственную информацию из ядра к рибосоме
- 2) в состав нуклеотидов входят остатки азотистых оснований, углевода и фосфорной кислоты
- 3) состоит из одной полинуклеотидной нити
- 4) состоит из связанных между собой двух полинуклеотидных нитей
- 5) в ее состав входит углевод рибоза и азотистое основание урацил
- 6) в ее состав входит углевод дезоксирибоза и азотистое основание тимин

2. Какая последовательность правильно отражает путь реализации генетической информации?

- 1) ген → иРНК → белок → признак
- 2) признак → белок → иРНК → ген → ДНК
- 3) иРНК → ген → белок → признак
- 4) ген → ДНК → признак → белок

3. Установите соответствие между характеристиками и процессами: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

## ХАРАКТЕРИСТИКА

- А) синтезируется двуцепочечная молекула
- Б) происходит при помощи рибосом
- В) у эукариот происходит в ядре
- Г) соединяются нуклеотиды
- Д) мономеры соединяются пептидными связями
- Е) образующиеся молекулы сворачиваются в третичную структуру

## ПРОЦЕСС

- 1) репликация ДНК
- 2) трансляция

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

4. Установите последовательность процессов, приводящих при образовании иРНК у эукариот. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) расплетание цепей ДНК
- 2) созревание мРНК
- 3) прикрепление РНК-полимеразы к гену
- 4) выход РНК из ядра клетки в цитоплазму
- 5) синтез пре-мРНК

5. Все перечисленные ниже признаки, кроме трёх, используются для описания молекулы информационной РНК. Определите три признака, «выпадающих» из общего списка, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) содержит нуклеотиды с рибозой
- 2) образуется при транскрипции
- 3) служит матрицей для синтеза белка
- 4) способна к репликации
- 5) образует комплекс с рибосомой при трансляции
- 6) имеет четвертичную структуру

6. Установите соответствие между признаками и видами нуклеиновых кислот.

#### ПРИЗНАКИ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

- А) хранит наследственную информацию
- Б) копирует наследственную информацию и передаёт её к месту синтеза белка
- В) является матрицей для синтеза белка
- Г) состоит из двух цепей
- Д) переносит аминокислоты к месту синтеза белка
- Е) специфична по отношению к аминокислоте

#### ВИДЫ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

- 1) ДНК
- 2) и-РНК
- 3) т-РНК

7. Вырожденность генетического кода проявляется в том, что

- 1) каждый кодон кодирует несколько аминокислот
- 2) большинство аминокислот кодируется более чем одним кодоном
- 3) одинаковые нуклеотиды не могут входить в состав соседних триплетов
- 4) все организмы на земле имеют один генетический код

8. Генная инженерия

- 1) диагностирует наследственные заболевания
- 2) целенаправленно изменяет геномы организмов
- 3) исследует механизмы передачи наследственной информации
- 4) сохраняет вегетативно размножаемые сорта

9. Установите последовательность действий исследователя при получении бактерий, в которых экспрессируется зелёный флуоресцентный белок. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) трансформация бактерий
- 2) извлечение гена флуоресцентного белка из медузы
- 3) отбор колоний, успешно прошедших трансформацию
- 4) встраивание гена флуоресцентного белка в плазмиду
- 5) выращивание отдельных колоний из бактерий, на которых проводилась транс-

формация

10. Установите соответствие между характеристиками и видами мутаций: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ

- А) нерасхождение хромосом в мейозе
- Б) выпадение одного нуклеотида в ДНК
- В) увеличение числа хромосом, равное диплоидному геному
- Г) удвоение нескольких генов
- Д) удаление участка хромосомы
- Е) приводит к замене нескольких триплетов в гене

### ВИДЫ МУТАЦИЙ

- 1) генная
- 2) хромосомная
- 3) геномная

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам.

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

## Блок 3. Генетика. Селекция. Биотехнология (8 часов)

В данном блоке мы поговорим сразу о трех науках: генетике - науке о наследственности и изменчивости живых организмов, селекции – науке о создании новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов, а также биотехнологии. Начинается блок с основ генетики, включающих законы Менделя, хромосомную теорию наследственности и взаимодействие генов. Мы также поговорим о медицинской генетике, а затем перейдем к селекции и биотехнологии.

### Генетика

Перед началом изучения генетических закономерностей введем некоторые термины.

**Наследственность** – свойство организмов передавать признаки потомству

**Изменчивость** – свойство организмов изменять свои признаки

**Ген** – участок ДНК, кодирующий информацию о последовательности аминокислот белка

**Аллели** – варианты гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом

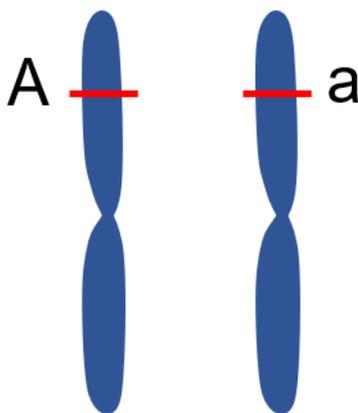


Рис. 92. Аллельные гены (А и а)

## Генотип и фенотип

**Генотип** – совокупность всех генов организма.

**Фенотип** – совокупность внешних признаков организма.

Например, генотип Аа определяет рыжий цвет шерсти мышей.

**Гомозиготный организм** – имеющий пару одинаковых аллелей.

**Гетерозиготный организм** – имеющий пару разных аллелей.

**Доминантный аллель** – тот аллель, признак, определяемый которым, проявляется в гетерозиготе.

**Рецессивный аллель** – тот аллель, признак, определяемый которым, не проявляется в гетерозиготе.

Например: А – карие глаза, а – голубые глаза. Гетерозигота Аа по фенотипу имеет карие глаза, следовательно, А – доминантный аллель, а – рецессивный аллель.

**Гибридологический метод (скрещивание)**

- Разработан Грегором Менделем в 1865 г.
- Позволяет изучать закономерности наследования признаков

Схема скрещивания:

P: ♀ AA × ♂ aa

G: (A) (a)

F<sub>1</sub>: Aa

P – родительские организмы

G – гаметы (b) (A) (a)

F – потомство; F<sub>1</sub> – гибриды первого поколения

♀ – зеркало Венеры – женский пол

♂ – копьё Марса – мужской пол

× – скрещивание

Рис. 93. Условные обозначения при решении генетических задач

## Законы Менделя и условия их выполнения

Эксперименты Г. Менделя

- Объект исследования: горох посевной (*Pisum sativum*) – самоопыляемый вид
- Чётко отличающиеся признаки: высокие/низкие растения, жёлтые/зелёные семена, гладкие/морщинистые семена и др.
- «Чистые линии» – родительские особи давали потомство с таким же признаком
- Гибридологический метод, количественный учёт потомков с определёнными признаками

## Первый закон Менделя (закон единообразия)

При скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения будут единообразными, проявляющими доминантный признак.

|                        |                                  |   |                              |
|------------------------|----------------------------------|---|------------------------------|
|                        | Растение с желтыми семенами      | × | Растение с зелеными семенами |
| P1                     | ♂ <b>AA</b>                      |   | ♀ <b>aa</b>                  |
| Гаметы                 | <b>A</b>                         |   | <b>a</b>                     |
| Гибриды F <sub>1</sub> | <b>Aa</b>                        |   |                              |
|                        | Все семена желтые (гетерозиготы) |   |                              |

Таблица 3. Иллюстрация первого закона Менделя

## Второй закон Менделя (закон расщепления)

При скрещивании гибридов первого поколения (гетерозигот) во втором поколении будет наблюдаться расщепление по исследуемому признаку 3:1 (по фенотипу) и 1:2:1 (по генотипу)

|                        |   |   |             |
|------------------------|---|---|-------------|
| P2                     | <b>Aa</b>   | × | <b>Aa</b>   |
| Гаметы F <sub>1</sub>  | <b>A, a</b>   |   | <b>A, a</b> |
| Гибриды F <sub>2</sub> | <b>1AA : 2Aa : 1aa</b><br><b>Генотипы</b><br><b>3:1</b><br><b>Желтые:зеленые</b><br><b>(фенотипы)</b> |   |             |

Таблица 4. Иллюстрация второго закона Менделя

## Третий закон Менделя (закон независимого наследования)

При скрещивании организмов, отличающихся по двум и более парам признаков, признаки наследуются независимо.

|                |                                       |   |             |
|----------------|---------------------------------------|---|-------------|
| P1             | <b>AABB</b>                           | × | <b>aabb</b> |
| Гаметы         | <b>A, B</b>                           |   | <b>a, b</b> |
| F <sub>1</sub> | <b>AaBb</b><br><b>желтые, гладкие</b> |   |             |
| P2             | <b>AaBb</b>                           | × | <b>AaBb</b> |

Таблица 5. Иллюстрация третьего закона Менделя

## Скрещивание потомков первого поколения. Решетка Пеннета

| F <sub>2</sub> гаметы | AB   | Ab   | aB   | ab   |
|-----------------------|------|------|------|------|
| AB                    | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab                    | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB                    | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab                    | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

Таблица 6. Скрещивание потомков первого поколения

Во втором поколении возможно появление 4 фенотипов в соотношении 9 : 3 : 3 : 1.

Условия независимого наследования генов (цитологические основы)

Диплоидный организм (для всех трёх законов)

- Гены расположены в разных парах гомологичных хромосом
- В мейозе происходит независимое расхождение хромосом
- Слияние гамет случайно

Закон чистоты гамет: в гаметах всегда одна хромосома из пары.

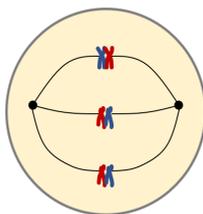


Рис. 94. Расхождение хромосом в процессе мейоза.

## Моногибридное скрещивание

Моногибридное скрещивание (полное доминирование)

|                        |                                   |   |                              |
|------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|
|                        | Растение с желтыми семенами       | × | Растение с зелеными семенами |
| P <sub>1</sub>         | ♂ AA                              |   | ♀ aa                         |
| Гаметы                 | A                                 |   | a                            |
| Гибриды F <sub>1</sub> | Aa                                |   |                              |
|                        | Все семена желтые, гетерозиготные |   |                              |

Таблица 7. Скрещивание при полном доминировании

## Моногибридное скрещивание (неполное доминирование)

|                       |             |                              |             |
|-----------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| P2                    | <b>Aa</b>   | ×                            | <b>Aa</b>   |
| Гаметы F <sub>1</sub> | <b>A, a</b> | <b>1AA : 2Aa : 1aa</b>       | <b>A, a</b> |
|                       | Генотипы    |                              |             |
| Фенотипы              | Розовые     | Красные : Розовые :<br>Белые | Розовые     |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|  | : |  | : |  |
| 1AA   |   | 2Aa   |   | 1aa   |

Таблица 8. Скрещивание при неполном доминировании

При неполном доминировании наблюдается расщепление по генотипу 1:2:1, а по фенотипу 3:1.

## Моногибридное скрещивание (кодоминирование)

Система групп крови ABO:

**I группа крови:**  $i^0i^0$

**II группа крови:**  $I^AI^A$ , или  $I^Ai^0$

**III группа крови:**  $I^BI^B$ , или  $I^Bi^0$

**IV группа крови:**  $I^AI^B$

**P:**  $I^AI^B \times I^Ai^0$

**G:**  $I^A, I^A(II); I^A, i^0(II); I^A, I^B(IV); I^B, i^0(III)$

(II) – 50%; (III) – 25%; (IV) – 25%

**F1:**  $I^AI^A; I^Ai^0; I^AI^B; I^Bi^0$

|                         | Группа<br>O (I)   | Группа<br>A (II)   | Группа<br>B (III)  | Группа<br>AB (IV)  |
|-------------------------|---|--|--|--|
| Тип эритроцитов         |  |                 |                 |                       |
| Антитела в плазме       |  |                 |                 | Нет  |
| Антигены на эритроцитах | Нет   |  A-агглютиноген |  B-агглютиноген |  A- и B-агглютиногены |

Таблица 9. Система групп крови

## Дигибридное скрещивание

При дигибридном скрещивании образуются гаметы в соответствии с третьим законом Менделя (см. выше).

$AABB - AB - 1$  тип

$AaBB - AB, aB - 2$  типа

$AABb - AB, Ab - 2$  типа

$AaBb - AB, Ab, aB, ab - 4$  типа

### Тригибридное скрещивание

$AaBbCc - 2^3 = 8$  типов

$aaBBCc - 2$  типа

$N = 2^n$  – количество генов в гетерозиготном состоянии.

## Анализирующее скрещивание

- скрещивание с рецессивным гомозиготным организмом

**P:**  $AA \times aa$

**P:**  $Aa \times aa$

**G:**  $A, a$

**G:**  $A, a, a, a$

**F1:**  $Aa$

**F1:**  $Aa:aa = 1:1$

Анализирующее скрещивание позволяет определить, является организм гомозиготным или гетерозиготным по данному признаку

## Хромосомная теория наследственности

Разработана Т. Морганом. Он получил Нобелевскую премию 1933 года «за открытие роли хромосом в наследственности».



Рис. 95. Томас Морган

### Основные положения хромосомной теории наследственности:

- Набор хромосом (кариотип) является характерной особенностью вида
- Гены находятся в хромосомах
- Каждый ген расположен в определённом месте хромосомы (локусе)
- Аллели одного гена занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах
- Гены в хромосоме расположены линейно в определённой последовательности
- Гены, находящиеся в одной хромосоме образуют группу сцепления

- Число групп сцепления  $n$  (гомогаметный пол) или  $n+1$  (гетерогаметный пол)
- Наиболее близко расположенные гены сцеплены и наследуются преимущественно вместе
- Сцепленное наследование нарушается в результате кроссинговера
- Частота кроссинговера в % пропорциональна расстоянию между генами

## Расстояние между генами

Частота кроссинговера между гомологичными хромосомами увеличивается при увеличении расстояния между генами.

Единица генетического расстояния:

**1 Морганида** – расстояние между генами, при котором частота кроссинговера между ними составляет 1%

**5 Морганид** – 5% частота кроссинговера между генами

## Генетические карты

*Пример 1.*

Расстояние между генами А и В составляет 10 морганид. Сколько кроссоверных и некроссоверных гамет образуется у данной особи? Какова сила сцепления между генами?

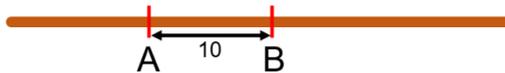


Рис. 96. Генетическая карта для решения задачи

Ответ: Кроссоверных – по 5%, Некроссоверных – по 45%,  
Сила сцепления:  $100\% - 10\% = 90\%$

*Пример 2.*

Расстояние между генами А и В составляет 15 морганид, между В и С – 9 морганид, между А и С – 6 морганид. Где располагается ген С?

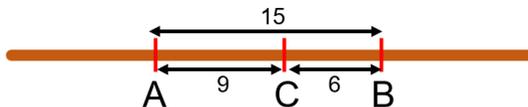


Рис. 97. Решение задачи

# Определение пола

Типы по отношению к моменту оплодотворения:

- Прогамный – до слияния гамет (коловратки)
- Сингамный – в момент слияния гамет (большинство организмов)
- Эпигамный – после слияния гамет (червь *Vonellia*, некоторые крокодилы)

Хромосомное определение пола:

- Половые хромосомы – определяют пол (у человека 1 пара: XX или XY)
- Аутосомы – все остальные хромосомы (у человека 22 пары)

| Гомогаметный пол | Гетерогаметный пол | Примеры  |
|------------------|--------------------|--|
| XX – женский     | XY – мужской       | млекопитающие, некоторые насекомые (дрозофила) |
| ZW – женский     | ZZ – мужской       | птицы, рептилии, бабочки                       |
| XX – женский     | XO – мужской       | некоторые насекомые (кузнечики)                |
| ZO – женский     | ZZ – мужской       | некоторые насекомые (моль)                     |
| 2n – женский     | n – мужской        | некоторые насекомые (пчёлы, муравьи)           |

Таблица 10. Хромосомное определение пола у различных организмов

Гены, сцепленные с полом, находятся в половых хромосомах.

- X-сцепленный рецессивный тип (гемофилия, дальтонизм, отсутствие потовых желёз и др.)
- X-сцепленный доминантный тип (рахит, темный цвет зубной эмали и др.)
- Y-сцепленный (голландрический) (перепончатость пальцев ног, оволоснение (гипертрихоз) ушной раковины)

## X-сцепленные рецессивные гены

**H** – нормальный аллель (доминантный)

**h** – аллель гемофилии (рецессивный)

**XX** – женские хромосомы

**XY** – мужские хромосомы



# Взаимодействие аллельных и неаллельных генов

Аллельное:

- Полное доминирование
- Неполное доминирование
- Кодоминирование

Неаллельное:

- Комплементарность
- Эпистаз
- Полимерия

## Комплементарность

При наличии двух доминантных аллелей происходит возникновение нового признака.

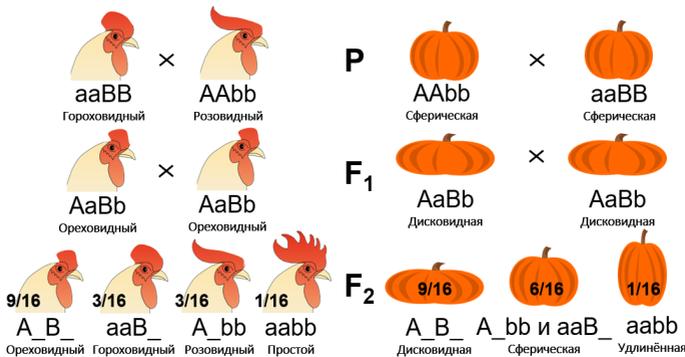


Рис. 100. Наследование формы гребня у петухов и формы плода у тыквы

## Эпистаз

Один ген подавляет действие другого гена.

Бывает:

- доминантный

Ген С отвечает за синтез меланина. Ген W подавляет развитие окраски.

A – жёлтый цвет, a – зелёный цвет. I – подавляет, i – не подавляет окраску.

- рецессивный

B – красный цвет, b – жёлтый цвет. i – эпистатический ген.

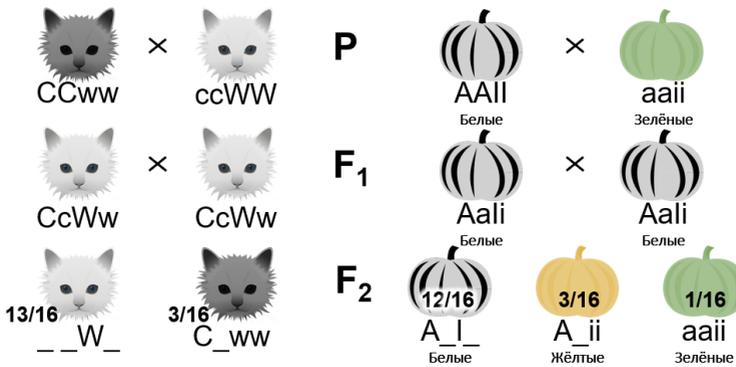


Рис. 101. Проявление доминантного эпистаза.

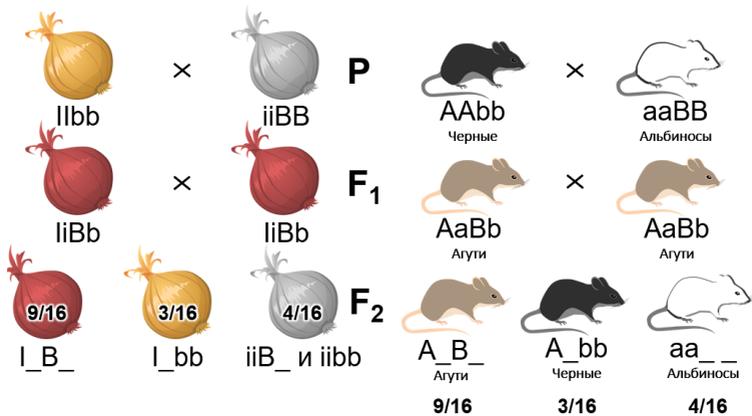


Рис. 102. Проявление рецессивного эпистаза.

## Полимерия

- кумулятивная

Выраженность признака зависит от количества доминантных аллелей.

- некумулятивная

Признак возникает при наличии хотя бы одного доминантного аллеля.

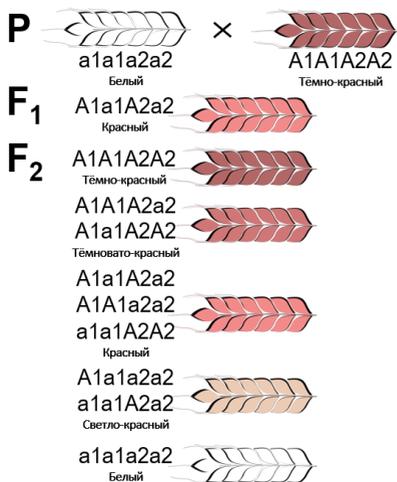


Рис. 103. Проявление кумулятивной полимерии

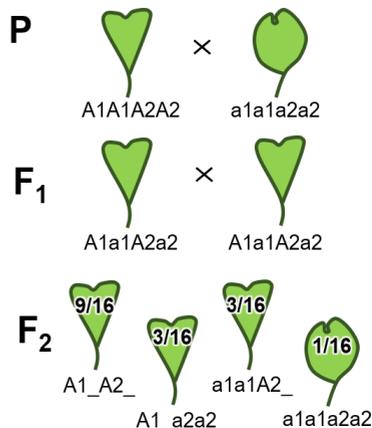


Рис. 104. Проявление некумулятивной полимерии

## Сверхдоминирование

Доминантный аллель в гетерозиготном состоянии (Aa) проявляется сильнее, чем в гомозиготном (AA).

Примеры:

- Аллель в серповидноклеточной анемии в гетерозиготном состоянии вызывает устойчивость к малярии
- Гетерозиготы кукурузы имеют более крупные початки
- Гетерозиготы томатов имеют более крупные плоды
- Гетерозиготы дрозофил имеют более высокую жизнеспособность, ген в гомозиготе летален

**Гетерозис** - способность гибридов первого поколения превосходить родителей по жизнеспособности, урожайности, плодовитости и тп. при скрещивании чистых линий.

## Межаллельная комплементация

Восстановление у гетерозигот по двум мутантным аллелям нормального признака (функционирования белка).

## Аллельное исключение

В части соматических клеток активен один аллель, а в другой части - другой.



Рис. 105. Межаллельная комплементация

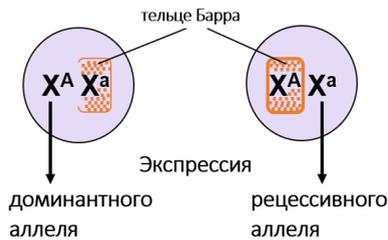


Рис. 106. Аллельное исключение

**Генотип** – система взаимодействующих генов

- Один ген влияет на несколько признаков - плейотропный эффект
- Несколько генов влияют на развитие признака: эпистаз, комплементарное взаимодействие, полимерия

## Методы генетики человека

- **Генеалогический** – составление родословных, определение типа наследования признаков. Пробанд – человек, относительно которого составляют родословную.

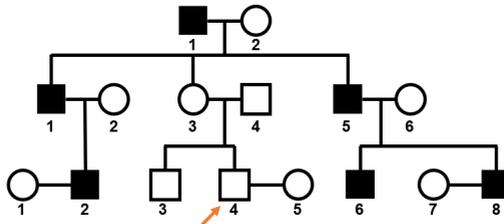


Рис. 107. Генеалогическое древо (стрелкой показан пробанд)

Типы наследования:

- Аутосомно-доминантный
- Аутосомно-рецессивный
- Сцепленный с полом
- **Близнецовый** – изучение наследования признаков у близнецов.

Близнецы:

- Монозиготные (однойяйцевые) – идентичный геном
- Дизиготные (разнойяйцевые) – разные геномы
- **Цитогенетический** – метод анализа хромосомного набора (кариотипа) человека. Позволяет выявить геномные и хромосомные мутации.
- **Биохимический** – на основе биохимического анализа позволяет судить о генетических особенностях организма (выявление носителей генов, вызывающих заболевания).
- **Популяционно-статистический** – анализ распределения генов и аллелей в популяции.

**Закон Харди-Вайнберга:**  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

Где  $p^2$  - доля гомозигот по одному аллелю

$q^2$  - доля гомозигот по альтернативному аллелю

$2pq$  – доля гетерозигот

$p, q$  – частоты соответствующих аллелей

## Медицинская генетика

- Изучает наследственные заболевания человека, механизмы их возникновения, лечение и профилактику
- Медико-генетическое консультирование позволяет выявить носителей патогенных аллелей и оценить вероятность рождения детей с генетическими заболеваниями

## Изменчивость

Свойство живых организмов - возникновение изменений в генотипе и фенотипе.



Рис. 108. Виды изменчивости

## Наследственная изменчивость

- Мутационная – основана на изменении последовательности нуклеотидов в ДНК (мутациях)
- Виды мутаций:
  - Генные – изменения, затрагивающие, один ген: замены нуклеотидов, вставки (инсерции), исчезновение нуклеотидов (делеции и др.). Например: Серповидноклеточная анемия
  - Хромосомные – перестройки внутри хромосом: делеции, инсерции, дупликации участков
  - Геномные – изменения количества хромосом (кариотипа): полиплоидия, потеря хромосом, дупликация хромосом и др.

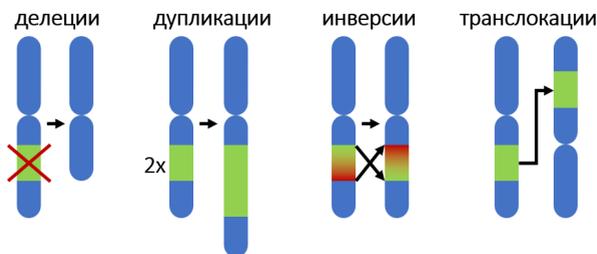


Рис. 109. Виды хромосомных перестроек



Рис. 110. Примеры геномных нарушений:

## Мутационная изменчивость

### Мутации:

- Соматические – происходят в соматических клетках, не передаются потомству, могут приводить к развитию онкологических заболеваний
- Генеративные – происходят в половых клетках, передаются потомству, часто определяют развитие наследственных заболеваний

## Комбинативная изменчивость

Возникает в результате возникновения новых комбинаций генов при кроссинговере, образовании гамет, оплодотворении и т.д.

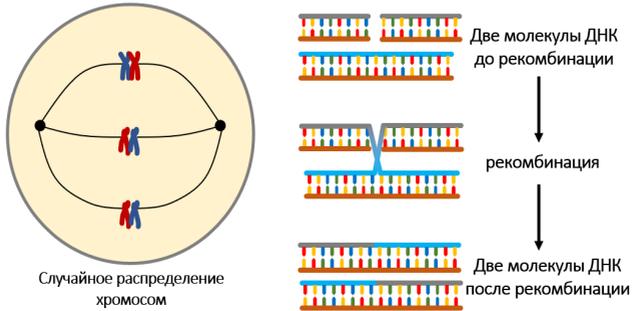


Рис. 111. Возникновение комбинативной изменчивости

## Ненаследственная (модификационная) изменчивость

Изменения фенотипа организма под влиянием внешней среды



Рис. 112. Возникновение модификационной изменчивости

**Норма реакции** – пределы, в рамках которых может изменяться фенотип организма под влиянием внешней среды.

Норма реакции наследуется.

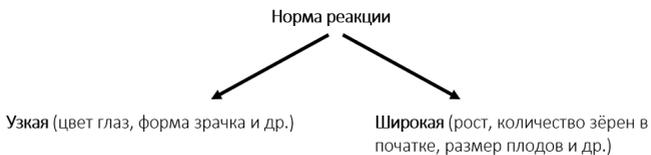


Рис. 113. Виды нормы реакции

# Селекция

Наука и практическая отрасль, занимающаяся созданием новых сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов с улучшенными свойствами. Основывается на знаниях и закономерностях генетики.

Задачи:

- Улучшение признаков, повышение урожайности растений, продуктивности животных
- Увеличение устойчивости к неблагоприятным условиям и заболеваниям
- Другие задачи

## Методы селекции

- Искусственный отбор – использование для размножения особей, несущих интересующие селекционера признаки и выбраковка из размножения тех особей, которые их не несут
- Гибридизация – получение новых генетических комбинаций у потомства с целью усиления существующих или получения новых признаков



Рис. 114. Виды гибридизации

- Полиплоидия – получение гибридов, содержащих кратно увеличенный ( $3n$ ,  $4n$  или более) набор хромосом

Полиплоидные гибриды часто имеют более крупные плоды, более жизнеспособны и др.

Полиплоидия может применяться для получения плодовых межвидовых гибридов.

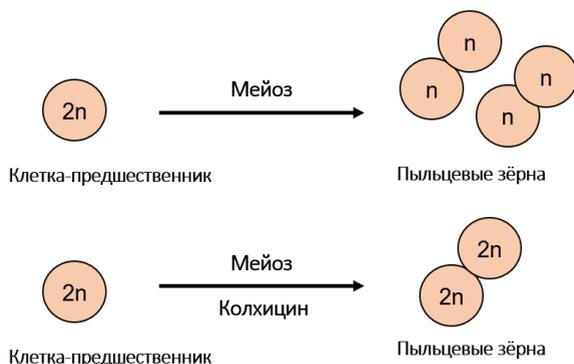


Рис. 115. Получение полиплоидных организмов

## Центры происхождения культурных растений

Теория центров происхождения культурных растений разработана Н.И. Вавиловым в 20-х годах прошлого века.

| Центры происхождения культурных растений | Культурные растения  |
|--|--|
| Китайский                                | Дальневосточная репа, редис и редька, корнеплодная горчица, съедобный лопух, стрелолист, соя, рис, шелковица |
| Индийский (Индостанский)                 | Огурец, баклажан, салат индийский, банан, хлебное дерево, сахарный тростник                                  |
| Индо-малайский                           | Здесь Н.И. Вавилов выделил 55 возделываемых культур  |
| Среднеазиатский                          | Репчатый лук, чеснок, морковь, шпинат, горох, конские бобы, миндаль, виноград                                |
| Перднеазиатский                          | Пшеница, рожь, ячмень, овёс, нут, спаржа, редька, горох  |
| Средиземноморский                        | 84 вида капусты, свекла, горох, бобы, салат, олива, брюква   |

|  |   |
|--|---|
| Абиссинский (Африканский)                            | Сорго, кунжут, клещевина, хлопчатник, арбуз, кофе |
| Южномексиканский и центрально-американский           | Фасоль, тыква, красный перец                      |
| Южноамериканский (Перувиано-эквадорско-болливийский) | Картофель, томаты, перец, тыквенные               |

Таблица 12. Центры происхождения культурных растений

## Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

- Генетически близкие виды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости. Зная ряд форм у одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов. Чем ближе виды, тем больше сходство.
- Семейства растений характеризуются определёнными циклами изменчивости, которые наблюдаются у всех видов данного семейства

## Биотехнология

Дисциплина, изучающая применение особенностей живых организмов для решения технологических задач и создание организмов с заданными свойствами.

Биотехнологическим способом в бактериях получают:

- Гормоны человека и животных
- Интерферон человека
- Аминокислоты, входящие в состав кормов для сельскохозяйственных животных
- Другие вещества

## Генная инженерия

**Генная инженерия** – совокупность методов и технологий манипулирования генами и молекулами ДНК.

Методы клонирования ДНК уже были рассмотрены нами ранее. На их основе были разработаны методы клонирования более сложных организмов.

### Клонирование животных

Пересадка ядра из соматической клетки одного организма в яйцеклетку другого.

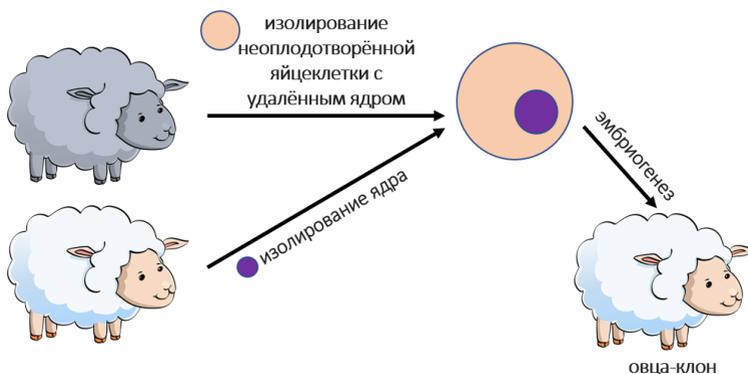


Рис. 116. Схема клонирования животных

## Микрклональное размножение растений

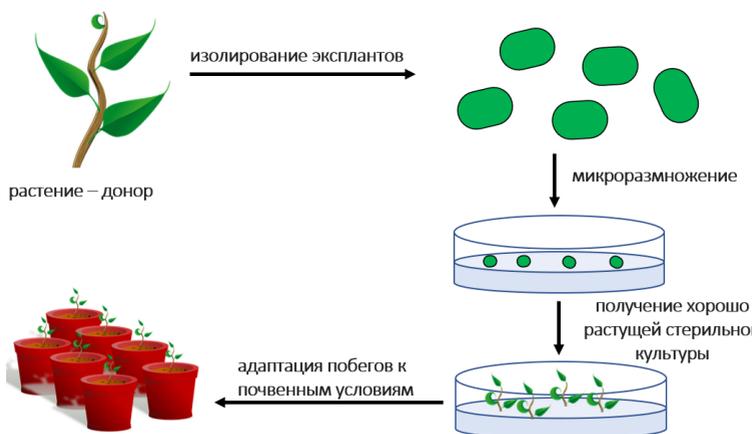


Рис. 117. Схема микрклонального размножения растений

Редактирование генома человека для лечения заболеваний:

- 2017 - редактирование генома человека с мукополисахаридозом II типа (синдромом Хантера)
- 2019 - создан препарат Zolgensma для лечения спинальной мышечной атрофии

# Проверь себя

1. Совокупность всех генов организма — это

- 1) генотип
- 2) фенотип
- 3) геном
- 4) кодон

2. Совокупность морфологических и физиологических признаков организма называют

- 1) генотипом
- 2) фенотипом
- 3) генофондом
- 4) генетическим кодом

3. Парные гены, расположенные в гомологичных хромосомах и контролирующие проявление одного и того же признака, называют

- 1) аллельными
- 2) доминантными
- 3) рецессивными
- 4) сцепленными

4. Организм, в генотипе которого содержатся разные аллели одного гена, называют

- 1) рецессивным
- 2) доминантным
- 3) гетерозиготным
- 4) гомозиготным

5. Появление всего потомства с одинаковым фенотипом и одинаковым генотипом свидетельствует о проявлении закона

- 1) расщепления
- 2) доминирования
- 3) независимого наследования
- 4) сцепленного наследования

6. Получение в первом поколении гибридного потомства с одинаковым фенотипом и генотипом, но отличающегося от фенотипа родительских форм, свидетельствует о проявлении закона

- 1) расщепления
- 2) неполного доминирования
- 3) независимого наследования
- 4) сцепленного наследования

7. Какой процент растений ночной красавицы с розовыми цветками можно ожидать от скрещивания растений с красными (А) и белыми (а) цветками (неполное доминирование)?

8. Какое количество фенотипических классов получится при самоопылении растения ночная красавица с розовыми цветками, если одно из предковых растений имело красные цветки? Ответ запишите в виде числа.

9. Если гены, отвечающие за развитие нескольких признаков, расположены в одной хромосоме, то проявляется закон:

- 1) расщепления
- 2) сцепленного наследования
- 3) неполного доминирования
- 4) независимого наследования

10. Согласно закону Т. Моргана гены наследуются преимущественно вместе, если они расположены в

- 1) аутосоме
- 2) разных гомологичных хромосомах
- 3) одной хромосоме
- 4) половых хромосомах

11. Дальтонизм — рецессивный ген, сцепленный с полом. Укажите генотип женщины-дальтоника

- 1)  $X^D X^d$
- 2)  $X^d X^d$
- 3)  $X^d Y^D$
- 4)  $X^D Y^d$

12. Может ли родиться дочь, больная гемофилией, если ее отец — гемофилик?

- 1) может, так как ген гемофилии расположен в У-хромосоме
- 2) не может, так как ген гемофилии расположен в соматических клетках
- 3) не может, так как она гетерозиготна по Х-хромосомам
- 4) может, если мать — носительница гена гемофилии

13. В случае кодоминирования

- 1) проявляется только доминантный аллель
- 2) проявляются оба аллеля в равной степени
- 3) рецессивный аллель проявляется, но слабее, чем доминантный
- 4) проявляются все аллели и их больше двух

14. Определите вероятность проявления (в %) доминантного фенотипа у потомка анализирующего скрещивания гетерозиготного организма при неполном доминировании.

15. С помощью какого метода выявляется влияние генотипа и среды на развитие ребенка

- 1) генеалогического
- 2) близнецового
- 3) цитогенетического
- 4) гибридологического

16. С помощью генеалогического метода можно выяснить

- 1) характер изменения генов
- 2) влияние воспитания на развитие психических особенностей человека
- 3) закономерности наследования признаков у человека
- 4) характер изменения хромосом

17. Установите соответствие между примерами и видами мутаций: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ПРИМЕРЫ**

- А) однонуклеотидная замена
- Б) перенос участка на негомологичную хромосому
- В) замена триплета в гене
- Г) удвоение участка хромосомы, содержащего три гена
- Д) вставка двух нуклеотидов
- Е) удвоение участка гена

#### ВИДЫ МУТАЦИЙ

- 1) генные
- 2) хромосомные

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

18. Чистую линию представляет организм, имеющий генотип

- 1) АаВВСс
- 2) ААввсс
- 3) АВВвСс
- 4) АвВвСс

19. Открытие Н. И. Вавиловым центров многообразия и происхождения культурных растений послужило основой для создания

- 1) главного ботанического сада
- 2) коллекции семян видов и сортов растений
- 3) селекционных станций
- 4) института генетики

20. Близкородственное скрещивание организмов используют в селекции для повышения

- 1) жизнестойкости
- 2) гомозиготности
- 3) гетерозиготности
- 4) доминантности

21. Получением антибиотиков путем пересадки гена в геном бактерий занимается

- 1) клеточная инженерия
- 2) генная инженерия
- 3) микробиология
- 4) растениеводство

22. Микроорганизмы используют в промышленном производстве

- 1) витаминов
- 2) муки
- 3) минеральных солей
- 4) молока
- 5) лекарственных препаратов
- 6) гормонов

## Блок 4. Экология (2 часа)

Экология – наука о взаимоотношении организмов между собой и со внешней средой. В этом разделе мы разберем основные экологические факторы, представив их в виде понятных и функциональных схем, закономерности действия факторов и круговорот веществ и энергии в природе. Рассмотрим понятие экосистемы, структуру и функционирование, сукцессии. Завершим разговор учением Вернадского о биосфере.

### Экология

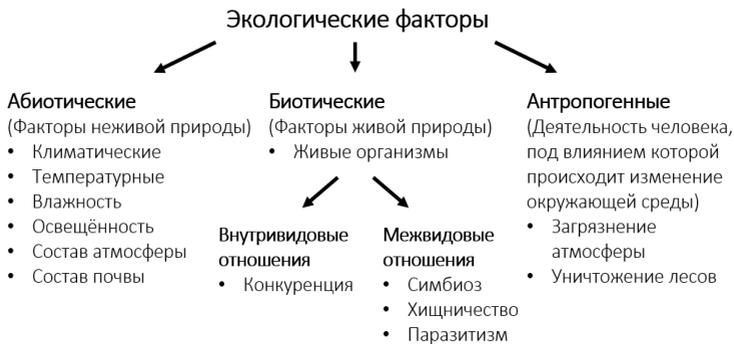


Рис. 118. Схема экологических факторов

### Абиотические факторы



Рис. 119. Схема классификации растений по отношению к свету



Рис. 120. Схема классификации растений по отношению к воде

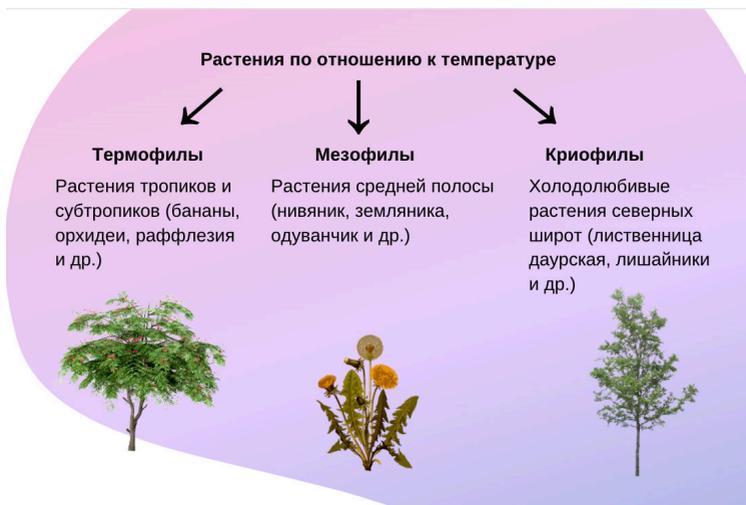


Рис. 121. Схема классификации растений по отношению к температуре

## Биотические факторы



Рис. 122. Схема типов взаимоотношений организмов

## Антропогенные факторы



Рис. 123. Схема типов антропогенного воздействия на биосферу

## Проблема устойчивого развития

**Устойчивое развитие** – развитие человечества, при котором удовлетворение потребностей текущего поколения не несёт ущерба для будущих поколений.

Принципы:

- Бережное использование ресурсов
- Социальная ответственность
- Сбалансированное развитие в трёх сферах: экономическая, экологическая, социальная



Рис. 124. Устойчивое развитие как баланс в трех сферах

## Закономерности действия факторов

### Закон минимума Либиха (1843 г.)

Фактор, находящийся в минимуме ограничивает развитие организмов.



Рис. 125. Иллюстрация закона минимума

## Закон оптимума Шелфорда (1910 г.)

Развитие организмов может ограничивать не только минимальное, но и максимальное значение фактора.

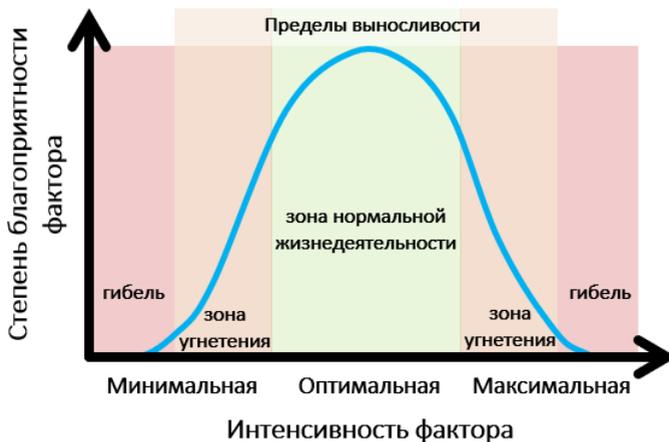


Рис. 126. Иллюстрация закона оптимума

## Круговорот веществ и поток энергии

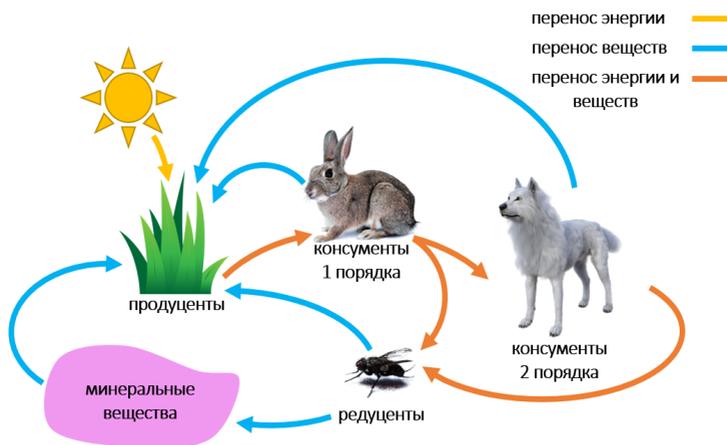


Рис. 127. Круговорот веществ и поток энергии

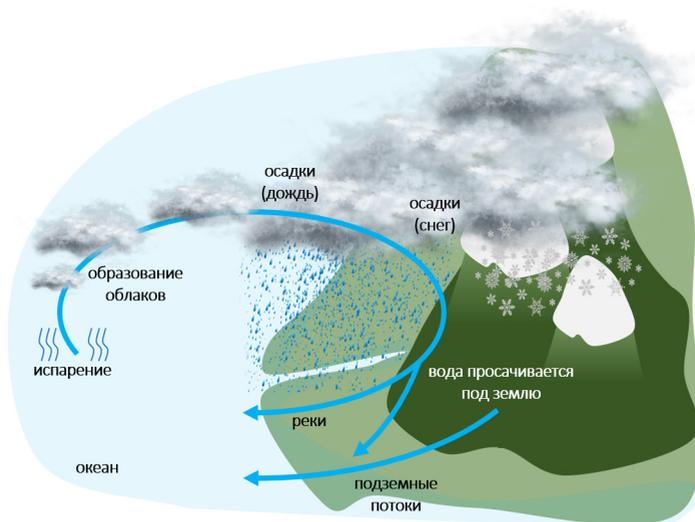


Рис. 128. Круговорот воды

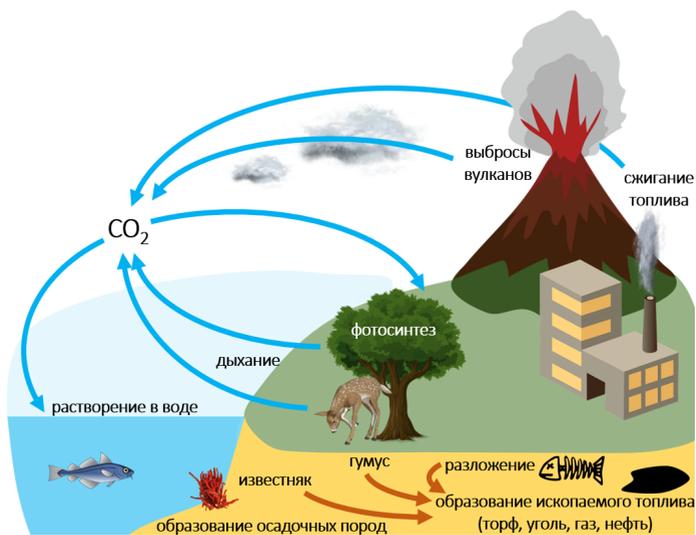


Рис. 129. Круговорот углерода

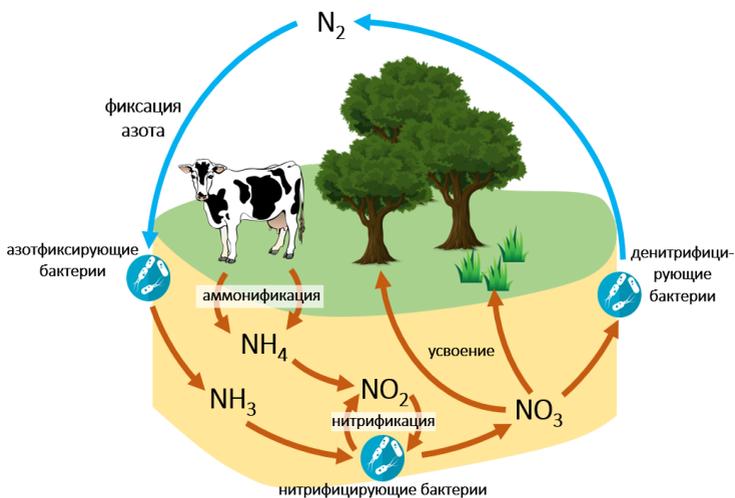


Рис. 130. Круговорот азота

## Экосистемы: их структура и функционирование, развитие и смена экосистем

**Экосистема (биогеоценоз)** – комплекс живых организмов (биоценоз) и среды обитания (биотоп) на определённой территории.

Примеры:

- Озеро
- Река
- Лес
- Болото

### Структура экосистем

Трофические уровни:

- Продуценты – образуют органические вещества (растения)
- Консументы – потребляют готовые органические вещества:
  - Консументы 1го порядка – фитофаги
  - Консументы 2го порядка – хищники
  - Консументы 3го порядка – паразиты хищных
- Редуценты – разрушают органические вещества, возвращают химические элементы в круговорот (грибы, бактерии)

## Пищевые цепи

### Пастбищные

Начинаются с живых организмов – продуцентов:

- Мятлик – заяц – волк – личинки мух
- Злаковые – суслик – лиса – жук-мертвоед

### Детритные

Начинаются с мёртвой органики:

- Мёртвое животное – муха – лягушка – уж
- Опад – дождевой червь – дрозд – ястреб

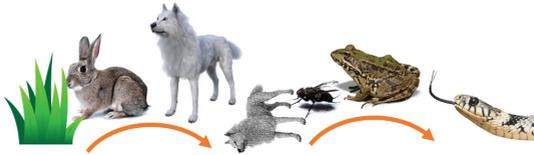


Рис. 131. Примеры пищевых цепей (слева – пастбищная, справа – детритная)

## Экологические пирамиды



Рис. 132. Виды экологических пирамид

Могут быть перевернутыми. В любом случае работает правило 10%: только 10% энергии переходит на следующий уровень.

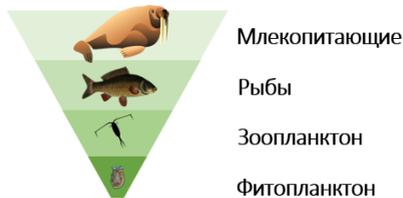


Рис. 133. Пример перевернутой экологической пирамиды

## Сукцессии

**Сукцессия** – закономерная последовательная смена одного биогеоценоза другим на определённой территории.

Первичные: на незаселённых местообитаниях.

Вторичные: на разрушенных местообитаниях (например, после пожара).

## Агроэкосистемы

**Агроэкосистемы** – созданные человеком биогеоценозы, предназначенные для получения сельскохозяйственной продукции (поля, овощные посадки, сады и др.)

Особенности:

- Малое видовое разнообразие
- Действует искусственный отбор
- Не способны к саморегуляции
- Требуют дополнительной затраты энергии человеком (внесение удобрений, обработка земли)
- Подвержены разрушению вредителями, возбудителями болезней

## Биосфера

**Биосфера** – часть геологической оболочки Земли, которая населена живыми организмами.



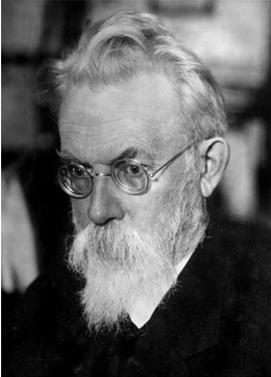
Рис. 134. Сферы Земли

## Функции биосферы

- Газовая – определение состава атмосферы (выделение кислорода, поглощение углекислого газа растениями)

- Концентрационная – накопление организмами химических элементов, рассеянных в внешней среде
- Окислительно-восстановительная – окисление и восстановление веществ в процессах дыхания, фотосинтеза и др.
- Биохимическая – преобразование веществ в процессе метаболизма
- Энергетическая – использование и преобразование энергии

## Учение В. И. Вернадского о биосфере



Живое вещество:

- Живые организмы

Биокосное вещество:

- Компоненты, образованные за счёт деятельности живых организмов (почва, воздух)

Косное вещество:

- Неживые компоненты биосферы: горные породы, вода

**Ноосфера** – сфера разума, глубокое, разумное взаимодействие человеческого общества и природы.

Рис. 135. Вернадский В.И.

## Проверь себя

1. Укажите пример антропогенного фактора

- 1) вымерзание всходов при весенних заморозках
- 2) уплотнение почвы автомобильным транспортом
- 3) повреждение культурных растений насекомыми
- 4) уничтожение вредителей сельского хозяйства птицами

2. К абиотическим факторам относят

- 1) конкуренцию растений за поглощение света
- 2) влияние растений на жизнь животных
- 3) изменение температуры в течение суток
- 4) загрязнение окружающей среды человеком

3. Как называют фактор, который значительно отклоняется от оптимальной для вида величины

- 1) абиотический
- 2) биотический
- 3) антропогенный
- 4) ограничивающий

4. К биотическим факторам среды относят

- 1) создание заповедников
- 2) разлив рек при половодье
- 3) обгрызание зайцами коры деревьев
- 4) поднятие грунтовых вод

5. В соответствии с правилом экологической пирамиды

- 1) часть содержащейся в пище энергии используется на процессы жизнедеятельности организмов
- 2) часть энергии превращается в тепло и рассеивается
- 3) вся энергия пищи преобразуется в химическую
- 4) значительная часть энергии запасается в молекулах АТФ
- 5) происходит колебание численности популяций
- 6) от звена к звену в цепи питания биомасса уменьшается

6. Установите соответствие между группами растений и животных и их ролью в экосистеме пруда.

**РОЛЬ В ЭКОСИСТЕМЕ**

- А) прибрежная растительность
- Б) карп
- В) личинки земноводных
- Г) фитопланктон
- Д) растения дна
- Е) большой прудовик

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГРУППА**

- 1) продуценты

2) консументы

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

7. Установите последовательность процессов, происходящих при круговороте углерода, начиная с фотосинтеза. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) поедание пищи консументами первого порядка
- 2) поедание других животных хищниками
- 3) дыхание организмов-редуцентов
- 4) усвоение неорганического углерода растениями
- 5) гибель крупных хищников

8. Установите последовательность процессов, происходящих при круговороте азота, начиная с поступления атмосферного азота в организмы. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) попадание мочевины в почву
- 2) поступление соединений азота в растения
- 3) поедание пищи животными
- 4) азотфиксация клубеньковыми бактериями
- 5) денитрификация почвенными бактериями

9. Что служит главным источником энергии, обеспечивающим круговорот веществ в экосистемах

- 1) АТФ
- 2) солнечный свет
- 3) живые организмы
- 4) органические вещества

10. Установите соответствие между характеристикой животного и критерием вида, к которому её относят.

## ХАРАКТЕРИСТИКА

- А) обитание в постройках человека
- Б) окраска покровов тела
- В) расселение по берегам рек
- Г) питание разнообразной пищей
- Д) наличие конечностей копытного типа
- Е) развитие слепой кишки

## КРИТЕРИЙ ВИДА

- 1) экологический
- 2) морфологический

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |

## Блок 5 Эволюция (3 часа)

В данном блоке речь пойдет об эволюции – науке о происхождении видов. Мы рассмотрим понятие вида и его критерии, популяции и элементарные факторы эволюции на ее примере. Разберем основные эволюционные теории и их положения, особенно выделив эволюционное учение Дарвина и такие понятия, как приспособленность и естественный отбор. Выделим этапы эволюции биосферы и основные события в них, а также рассмотрим эволюцию человека: факторы, направления и движущие силы. Охарактеризуем предков человека и расы современных людей.

### Виды и популяции, виды эволюции, движущие силы эволюции

**Вид** – совокупность особей, обитающих на определённом ареале, имеющих общее происхождение, сходных морфологически и генетически, и способных свободно скрещиваться и иметь плодовитое потомство.

Критерии вида:

- Морфологический
- Физиологический
- Биохимический
- Генетический
- Экологический
- Географический



Рис. 136. Схема эволюционных факторов

**Популяция** – совокупность особей одного вида, обитающих на определённом ареале и частично или полностью изолированных от других таких же групп.

**Генофонд** – совокупность генов всех особей в популяции.

**Популяция** – элементарная единица эволюции.

**Элементарное эволюционное явление** – длительное, направленное изменение генофонда популяции.

## **Виды эволюции**

### **Микроэволюция**

- Приводит к образованию новых популяций одного вида, в конечном итоге – новых видов
- Необходима изоляция: географическая, экологическая
- Появляется репродуктивная изоляция
- В результате возникает новый вид (видообразование – географическое и экологическое)

### **Макроэволюция**

- Происходит в исторически длительные периоды
- Приводит к образованию крупных таксонов (род, семейство, отряд, класс)
- Имеет сходные механизмы с микроэволюцией

### **Особенности эволюционного процесса**

- Прогрессивность
- Непредсказуемость
- Необратимость
- Неравномерность

## **Теория эволюции Ж.-Б. Ламарка**

- Организмы изменчивы, виды изменяются медленно
- Движущие силы изменений:
  - Внутреннее стремление организмов к совершенству
  - Влияние среды, она нарушает усложнение организмов
- Все изменения наследуются (наследование приобретённых признаков)

## **Эволюционное учение Ч. Дарвина**

- Эволюционный процесс приводит к образованию новых видов и более крупных таксонов
- Наследственная изменчивость поставляет материал
- Естественный отбор выполняет функцию направляющего фактора эволюции
- Естественный отбор – следствие борьбы за существование
- Результат естественного отбора – сохранение адаптаций, способствующих выживанию и размножению
- Дивергенция признаков приводит к видообразованию

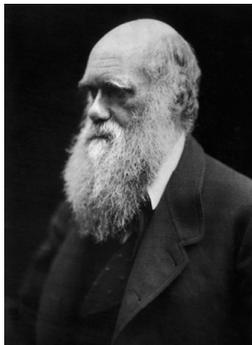


Рис. 137. Чарльз Дарвин



Рис. 138. Ж.-Б. Ламарк

Движущие силы эволюции по Дарвину:

- Наследственная изменчивость
- Борьба за существование
- Естественный отбор

## **Основные положения синтетической теории эволюции**

- Элементарный материал эволюции – мутации
- Элементарная структура, способная к эволюции – популяция
- Элементарный эволюционный процесс – направленное изменение генофонда популяции
- Естественный отбор является направляющим фактором эволюции
- Микроэволюция – изменение популяций, образование видов, макроэволюция – образование более крупных таксонов

### **Мутации**

- Мутации – случайные изменения последовательности нуклеотидов в ДНК
- В результате мутаций возникают новые аллели генов
- Многие мутации рецессивны
- «Запас» мутаций в гетерозиготах – резерв наследственной изменчивости
- В крупных популяциях степень гетерозиготности выше, инбридинг снижает гетерозиготность
- Дрейф генов – случайное изменение частот аллелей в малых популяциях

### **Виды естественного отбора**

- Движущий – смещение нормы реакции организма в определённом направлении

- Стабилизирующий – сужение нормы реакции (И.И. Шмальгаузен)
- Дизруптивный – разделение популяции

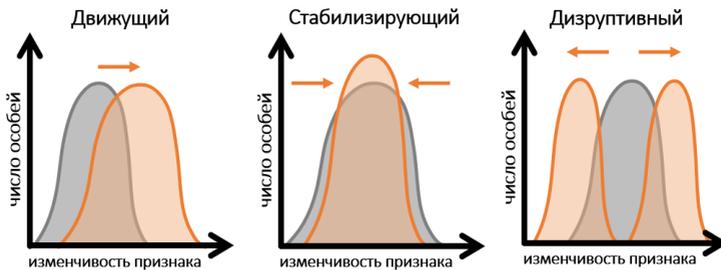


Рис. 139. Виды естественного отбора

Результаты эволюции:

- Приспособленность организмов к окружающей среде (под влиянием наследственности, изменчивости и естественного отбора)
- Видовое разнообразие

Примеры приспособлений:

- Покровительственная окраска – организмы сливаются с фоном
- Предупреждающая окраска – яркая окраска предупреждает об опасности
- Мимикрия – подражание незащищённых видов защищённым

## Доказательства эволюции

### Сравнительно-анатомические

- Наличие гомологичных органов (рука, крыло, ласты)
- Наличие аналогичных органов (крыло птицы, крыло насекомого)
- Наличие рудиментов – органов, утративших функцию
- Наличие атавизмов – случаи проявления признаков дальних предков
- Существование переходных форм (археоптерикс)

### Эмбриологические

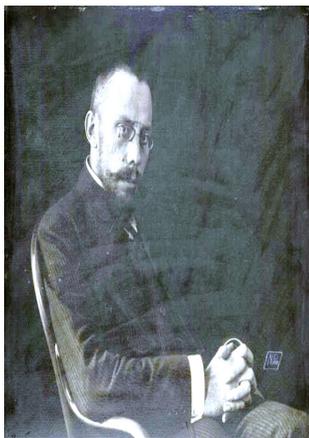
- Закон зародышевого сходства К. М. Бэра – сходство ранних стадий эмбриогенеза у разных классов одного типа
- Биогенетический закон Мюллера-Геккеля – онтогенез организма – это краткое повторение филогенеза вида

### Палеонтологические

- Филогенетические ряды эволюции животных по ископаемым останкам:
  - В.О. Ковалевский – филогенез лошади, развитие однопалой конечности
- Открытие ископаемых переходных форм

- Семенные папоротники (папоротники-голосеменные)
- Кистепёрые рыбы (рыбы – амфибии)
- Археоптерикс (рептилии – птицы)

## Направления эволюционного процесса



- Биологический прогресс – успех определённой группы организмов (высокая численность, широкий ареал, большое разнообразие)
- Ароморфозы – приобретение прогрессивных признаков, выводящих группу на качественно новый уровень развития
- Идиоадаптации – узкоспециализированные адаптации, позволяющие преуспеть в определённой среде (ротовые аппараты насекомых)
- Дегенерация – упрощение строения из-за специфических условий обитания (исчезновение кишечника у ленточных червей)
- Биологический регресс – сокращение численности, видового разнообразия, ареала обитания группы

Рис. 140. А.Н. Северцов

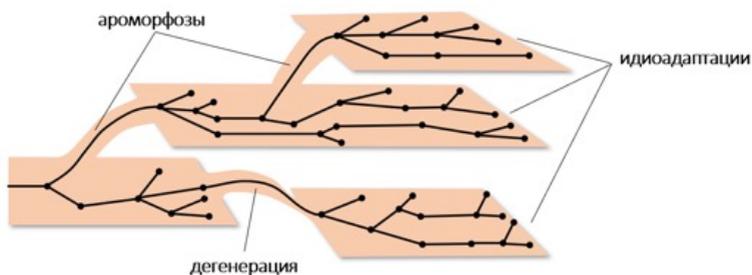


Рис. 141. Соотношения между различными путями эволюции

## Особенности эволюции растений

- Переход к преобладанию спорофита над гаметофитом
- Развитие женского гаметофита на материнском спорофите
- Переход к независимому от воды оплодотворению
- Развитие органов и тканей
- Развитие цветка и опыление насекомыми

- Появление завязи для защиты семязачатков
- Возникновение разнообразных способов распространения плодов и семян



Рис. 142. Макроэволюция растений

### Особенности эволюции животных

- Дифференцировка клеток, развитие тканей, органов, систем органов
- Усложнение регуляции процессов внутри организма
- Возникновение твёрдого скелета (беспозвоночные – наружный, позвоночные – внутренний)
- Развитие нервной системы – усложнение поведения (безусловные, условные рефлексы, социальное поведение)



Рис. 143. Макроэволюция животных

# Этапы эволюции биосферы

## Эоны:

- Архей
- Протерозой
- Фанерозой

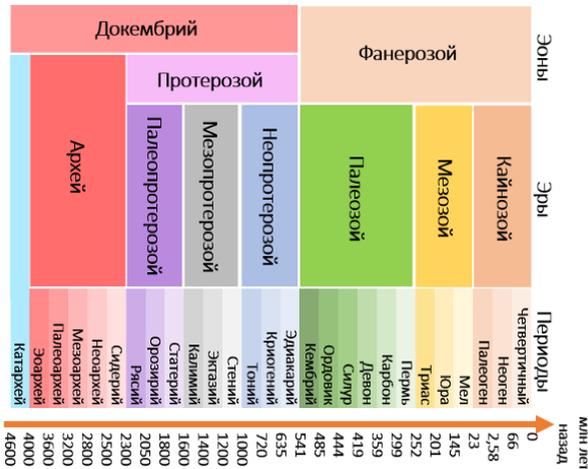


Рис. 144. Эоны, эры и периоды.

## Катархей (4,5 – 4 млрд лет назад)

- С момента образования Земли
- Осадочные породы неизвестны
- Происходила дифференциация Земли на слои (ядро, магма, мантия)
- Расплавленная магма на поверхности Земли
- Столкновения с крупными астероидами

## Архей (4 – 2,5 млрд лет назад)

- Начало после окончания бомбардировки Земли тяжёлыми астероидами
- Сохранились первые горные породы
- Возникновение жизни
- Эры
  - Зоархей (4-3,6 млрд лет н-д):
    - возникновение прокариотических клеток
    - первые ископаемые цианобактериальные маты

- Палеоархей (3,6-3,2 млрд лет н-д):
  - Развитие бактерий
- Мезоархей (3,2-2,8 млрд лет н-д):
  - Практически вся поверхность – океан
  - Микробные сообщества, строматолиты
  - Первые цианобактерии
- Неоархей (2,8-2,5 млрд лет н-д):
  - Возникновение кислородного фотосинтеза
  - Закончился глобальным изменением газового состава атмосферы – «кислородной катастрофой»

### «Кислородная катастрофа» (2,5 млрд лет назад)

- Кислородный фотосинтез у цианобактерий
- Накопление кислорода в атмосфере
- Анаэробные организмы оказались оттеснены в «анаэробные карманы»
- Биосфера «вывернулась наизнанку»

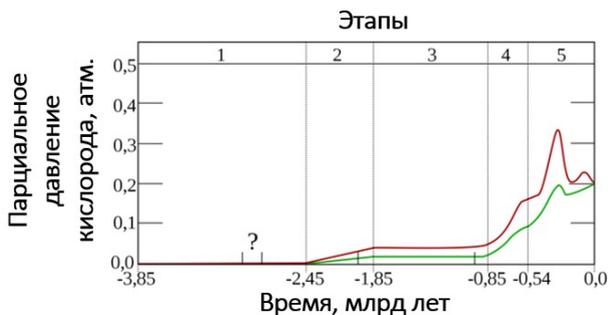


Рис. 145. Этапы кислородной катастрофы

### Протерозой (2,5 – 0,5 млрд лет назад)

- Увеличение концентрации кислорода в атмосфере (2 млрд лет назад – «точка Пастера» – 1%)
- Формирование озонового экрана (задержка УФ облучения)
- Появление эукариот
- Возникновение аэробных организмов
- Появление многоклеточных
- Начало образования почвы за счёт деятельности прокариот
- Конец протерозоя – «век медуз» – эдиакарская фауна

## «Кембрийский взрыв» (0,5 млрд лет назад)

- Резкое увеличение ископаемых остатков живых существ в начале кембрия
- Обнаружение многих типов организмов: моллюски, членистоногие, иглокожие, хордовые
- «скелетная революция»
- Возникновение множества приспособлений к хищничеству
- Развитие отношений «хищник-жертва»

## Фанерозой (0,5 млрд лет назад – настоящее время)

- Начался с кембрия: резкое увеличение разнообразия животных
- Козволюция животных и растений
- Материк Пангея разделился на континенты
- Геологические эры:
  - Палеозой
  - Мезозой
  - Кайнозой

## Палеозой (500 – 250 млн лет назад)

- Бурное развитие жизни, выход на сушу

### Периоды:

- Кембрий (540-485 млн. лет н-д):
  - Возникновение многих типов беспозвоночных
  - Возникновение хищников
- Ордовик (485-440 млн. лет н-д):
  - Развитие иглокожих
  - Выход первых растений на сушу
  - Закончился ордовик-силурийским вымиранием (погибло более 60% морских беспозвоночных)
- Силур (440-420 млн. лет н-д):
  - Выход членистоногих на сушу
- Девон (420-360 млн. лет н-д):
  - Возникновение сосудистых растений
  - Выход позвоночных на сушу
  - Возникновение амфибий
  - Девонское вымирание (исчезновение бесчелюстных и др. видов)
- Карбон (360-300 млн. лет н-д):
  - Самый высокий уровень кислорода в атмосфере – 35%
  - Появление рептилий

- Пермь (300-250 млн. лет н-д):
  - Возникновение травоядных позвоночных
  - Доминируют рептилии
  - Пермское вымирание (96% морских, 73% наземных видов позвоночных)

### **Мезозой (250 – 66 млн лет назад)**

- Формирование современных материков
- Эпоха рептилий (динозавры)

#### Периоды:

- Триас (250-200 млн. лет н-д):
  - На суше господствуют семенные папоротники
  - Рептилии, предшественники динозавров
  - В морях – головоногие моллюски
- Юра (200-145 млн. лет н-д):
  - Папоротники и голосеменные растения
  - Расцвет динозавров
  - Появление птиц и сумчатых млекопитающих
- Мел (145-66 млн. лет н-д):
  - Появление плацентарных млекопитающих
  - Окончился мел-палеогеновым вымиранием (исчезновение динозавров)

### **Кайнозой (66 млн лет назад – настоящее время)**

- Доминирование покрытосемянных растений
- Расцвет млекопитающих и птиц

#### Периоды:

- Палеоген (66-23 млн. лет н-д):
  - Господство покрытосемянных растений
  - Распространение млекопитающих
  - Сокращение разнообразия рептилий
- Неоген (23-2,5 млн. лет н-д):
  - Млекопитающие и птицы занимают большинство экологических ниш
- Четвертичный (2,5 млн. лет н-д – настоящее время):
  - Формирование современных экосистем
  - Возникновение человека

# Эволюция человека (антропогенез)

## Сходства и различия человека и человекообразных приматов

Сходства:

- Общий характер телосложения
- Редукция хвоста
- Наличие ногтей, а не когтей
- Форма глаз и ушей
- Одинаковое количество резцов, клыков, коренных зубов
- Полная смена молочных зубов
- Некоторые черты физиологии (группы крови, болезни)
- Хромосомный аппарат

Различия:

- У обезьян передние конечности длинные, хватательный тип стопы
- У человека вертикальное положение туловища при ходьбе, прямохождение
- Строение черепа и объём мозга
- Противопоставление большого пальца руки
- Речь

## Основные направления биологической эволюции человека

- Развитие прямохождения
- Освобождение верхних конечностей
- Увеличение объёма мозга, развитие коры больших полушарий
- Усложнение высшей нервной деятельности

## Социальные факторы в эволюции человека

- Использование и создание орудий труда
- Общественный образ жизни, разделение труда
- Необходимость прогнозировать свои действия
- Необходимость передачи опыта последующим поколениям

## Движущие силы антропогенеза

- Индивидуальный естественный отбор:
  - Прямохождение
  - Строение кисти
  - Развитие мозга
- Групповой отбор:
  - Социальная организация группы

## Предки человека

### Австралопитек

- Ископаемые высшие приматы
- Обитали 4,2 – 1,8 млн лет назад
- Предшественники рода Номо
- Анатомические особенности:
  - Слабое развитие челюстей
  - Хватательная кисть
  - Приспособления к прямохождению
  - Рост около 120 см

### Человек умелый (*Homo habilis*)

- Первый ископаемый представитель рода Номо
- Обитали 2,3 – 1,5 млн. лет назад
- Анатомические особенности:
  - Увеличение головного мозга
  - Приспособления к прямохождению
  - Большой палец на стопе не противопоставлен остальным
  - Расширение ногтевых фаланг
  - Рост около 120 см
- Начал изготавливать примитивные каменные орудия труда

### Человек прямоходящий (*Homo erectus*)

- Считают непосредственным предком современных людей
- Обитали 2,0 – 0,5 млн лет назад



Рис. 146. Реконструкция австралопитека

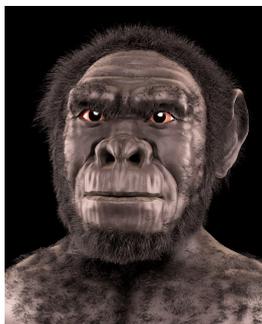


Рис. 147. Реконструкция  
*Homo habilis*

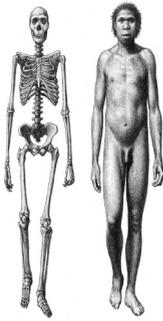


Рис. 148.  
Реконструкция Homo  
erectus



Рис. 149. Реконструкция  
неандертальца



Рис. 150. Реконструкция  
кроманьонца

- Анатомические особенности:
  - Сохраняются архаичные черты строения черепа: надглазничные валики, низкая лобная кость, скошенный подбородок
  - Более крупный мозг
  - Полный переход к прямохождению
  - Рост около 150-180 см
- Семейные группы - праобщина
- Изготавливали каменные орудия труда, деревянные копья
- Охотились и собирали растения, пользовались огнём и, вероятно, умели его добывать

## Неандерталец (*Homo neanderthalensis* или *Homo sapiens neanderthalensis*)

- Некоторые считают подвидом *H. sapiens*
- Обитали 500 – 40 тыс лет назад
- Не являются прямыми предками современных людей
- Анатомические особенности:
  - Характерные черты строения черепа: надглазничный валик, отсутствие подбородочного выступа
  - Более толстые и изогнутые кости конечностей
  - Рост около 160 см
- Обитали в пещерах, могли строить жилища из шкур и костей животных
- Активно охотились в т.ч. на крупных животных
- Использовали обточенные каменные орудия, копья с каменными наконечниками, обожжённые палки

## Кроманьонец (Homo sapiens)

- Древние представители современного человека
- Анатомия современного человека
- Высокий уровень развития материальной и нематериальной культуры
- Членораздельная речь
- Способность к абстрактному мышлению

## Расы человека

**Расы** – сложившиеся в процессе эволюции группы людей, обладающие общностью особенностей генотипа и фенотипа.

- Евразийская (европеоидная)
- Экваториальная (австрало-негроидная)
- Азиатско-американская (монголоидная)

Расы сформировались в результате расселения и географической изоляции групп людей.

## Проверь себя

1. Установите соответствие между признаками отбора и его видами.

### ПРИЗНАК

- А) Сохраняет особей с полезными в данных условиях среды изменениями.
- Б) Приводит к созданию новых пород животных и сортов растений.
- В) Способствует созданию организмов с нужными человеку наследственными изменениями.
- Г) Проявляется внутри популяции и между популяциями одного вида в природе.
- Д) Действует в природе миллионы лет.
- Е) Приводит к образованию новых видов и формированию приспособленности к среде.
- Ж) Проводится человеком.

### ОТБОР

- 1) естественный отбор
- 2) искусственный отбор

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| А | Б | В | Г | Д | Е | Ж |
|   |   |   |   |   |   |   |

2. Установите последовательность действия движущих сил эволюции.

- 1) борьба за существование
- 2) размножение особей с полезными изменениями
- 3) появление в популяции разнообразных наследственных изменений
- 4) сохранение преимущественно особей с полезными в данных условиях среды наследственными изменениями
- 5) формирование приспособленности к среде обитания

3. Выберите положения синтетической теории эволюции.

- 1) единица эволюции — популяция
- 2) единица эволюции — вид
- 3) факторы эволюции — мутационная изменчивость, дрейф генов, популяционные волны
- 4) факторы эволюции — наследственность, изменчивость, борьба за существование
- 5) формы естественного отбора — движущий и половой
- 6) формы естественного отбора — движущий, стабилизирующий, дизруптивный

4. Какие утверждения относят к теории Ч. Дарвина?

- 1) Внутри вида расхождение признаков приводит к видообразованию.
- 2) Вид неоднороден и представлен множеством популяций.
- 3) Естественный отбор — направляющий фактор эволюции.
- 4) При создании сортов и пород направляющим фактором служит искусственный отбор.
- 5) Внутреннее стремление к совершенству — фактор эволюции.
- 6) Популяция — это единица эволюции.

5. Определите хронологическую последовательность появления научных теорий в области эволюционной биологии.

- 1) теория трансформизма
- 2) эволюционная теория Ламарка

- 3) эволюционное учение Дарвина
- 4) теория креационизма
- 5) синтетическая теория эволюции

6. Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. О родстве современных птиц и большинства динозавров свидетельствует:

- 1) истончение костей передних конечностей
- 2) создание кладок яиц
- 3) развитие зубов в альвеолах
- 4) наличие длинного хвостового отдела позвоночника
- 5) сходство в строении таза
- 6) наличие роговых образований на коже

7. Пример общей дегенерации — отсутствие

- 1) листьев у кактуса
- 2) клыков в зубной системе грызунов
- 3) цветков у голосеменных растений
- 4) хлорофилла в клетках растения-паразита повилики

8. К идиоадаптациям у голосеменных растений относят

- 1) появление спор
- 2) образование семени
- 3) образование плода
- 4) видоизменение листьев

9. Важнейшие ароморфозы, обеспечившие выход древних земноводных на сушу, — появление

- 1) парных плавников и жаберного дыхания
- 2) чешуи и слизи на поверхности тела
- 3) объемной грудной клетки
- 4) пятипалой конечности и легочного дыхания

10. Примерами ароморфозов являются:

- 1) внутреннее оплодотворение
- 2) четырехкамерное сердце
- 3) трехслойный зародыш
- 4) сильное опушение листьев
- 5) форма клюва вьюрков
- 6) короткий срок вегетации растений

11. Установите последовательность эволюционных процессов, происходивших на Земле, в хронологическом порядке. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) выход организмов на сушу
- 2) возникновение фотосинтеза у прокариот
- 3) формирование озонового экрана
- 4) абиогенный синтез органических веществ
- 5) появление клеточных форм жизни

12. Установите соответствие между ароморфозом хордовых и эрой, в которой он появился.

#### АРОМОРФОЗ

- А) четырёхкамерное сердце у птиц
- Б) костные челюсти у панцирных рыб
- В) лёгочное дыхание у двоякодышащих рыб
- Г) пятипалая конечность у стегоцефалов
- Д) матка и плацента у млекопитающих
- Е) яйцо, покрытое плотной оболочкой, у пресмыкающихся

#### ЭРА

- 1) палеозой
- 2) мезозой

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| А | Б | В | Г | Д | Е |
|   |   |   |   |   |   |

13. Установите соответствие между организмами, появившимися или расцветавшими в процессе эволюции и эрами, в которые они появились и расцвели.

#### ОРГАНИЗМЫ

- А) появление и расцвет приматов
- Б) появление бактерий и простейших
- В) появление сине-зелёных водорослей
- Г) появление красных водорослей
- Д) расцвет простейших и кишечнополостных
- Е) появление человека

#### ЭРЫ

- 1) архейская
- 2) протерозойская
- 3) кайнозойская

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| А | Б | В | Г | Д | Е |
|   |   |   |   |   |   |

14. Определите верную последовательность этапов антропогенеза

- 1) древние люди → древнейшие люди → современный человек
- 2) неандерталец → питекантроп → синантроп
- 3) древнейшие люди → древние люди → современный человек
- 4) древнейшие люди → люди современного типа

15. Человек, как и человекообразные обезьяны, имеет

- 1) 4 группы крови
- 2) сводчатую стопу
- 3) объем головного мозга 1200-1450 см<sup>3</sup>
- 4) S-образный позвоночник

16. В связи с прямохождением у человека

- 1) освобождаются верхние конечности
- 2) стопа приобретает сводчатую форму
- 3) большой палец руки противопоставит остальным
- 4) таз расширяется, его кости срастаются
- 5) мозговой отдел черепа меньше лицевого
- 6) уменьшается волосяной покров

17. Признаки, характеризующие специфическую высшую нервную деятельность человека.

- 1) реализуются безусловные рефлексы
- 2) способность к абстрактному мышлению
- 3) способность реагировать на знакомое слово
- 4) осознанная речь
- 5) общение знаками, символами, понятиями
- 6) сформированное условно-рефлекторное поведение





