

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

## Обмен веществ (метаболизм)

**Пластический обмен =**  
**Анаболизм = Ассимиляция**



- Энергия тратится
- Синтез сложных веществ из более простых.
- Например: фотосинтез, хемосинтез, трансляция, репликация, транскрипция

**Энергетический обмен =**  
**Катаболизм = Диссимиляция**

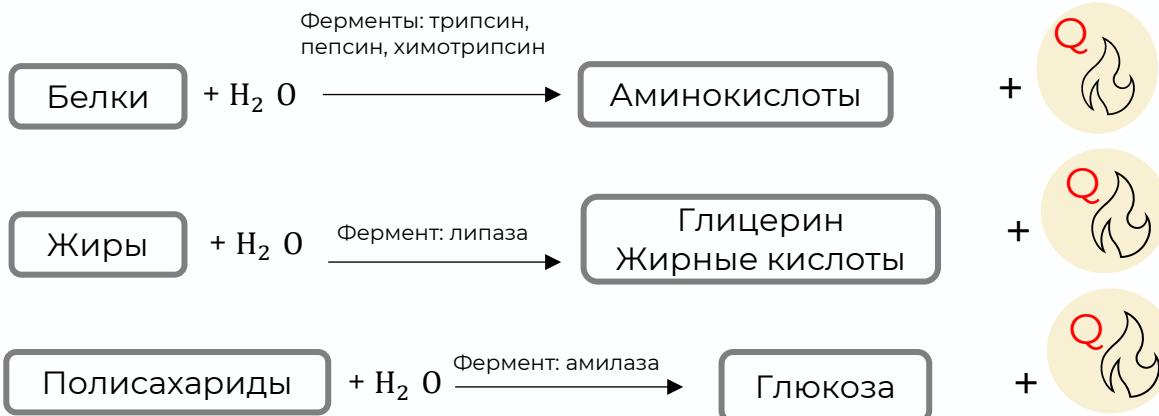


- Энергия выделяется (в виде тепла, запасается в АТФ)
- Сложные вещества расщепляются на более простые
- Например: клеточное дыхание, брожение, пищеварение, цикл Кребса

## Энергетический обмен

### 1. Подготовительный этап

- Гидролитическое расщепление полимеров до мономеров.
- Протекает в пищеварительном тракте и лизосомах.
- Вся энергия рассеивается в виде тепла.



### 2. Бескислородный (Гликолиз, анаэробное окисление)

- Происходит в цитоплазме
- Молекула глюкозы расщепляется до 2-х молекул ПВК
- Синтезируется 2 АТФ

Молекула глюкозы активируется 2 молекулами АТФ, глюкоза фосфолируется и превращается во фруктозодифосфат.

Фруктозодифосфат распадается на две молекулы триозофосфата.

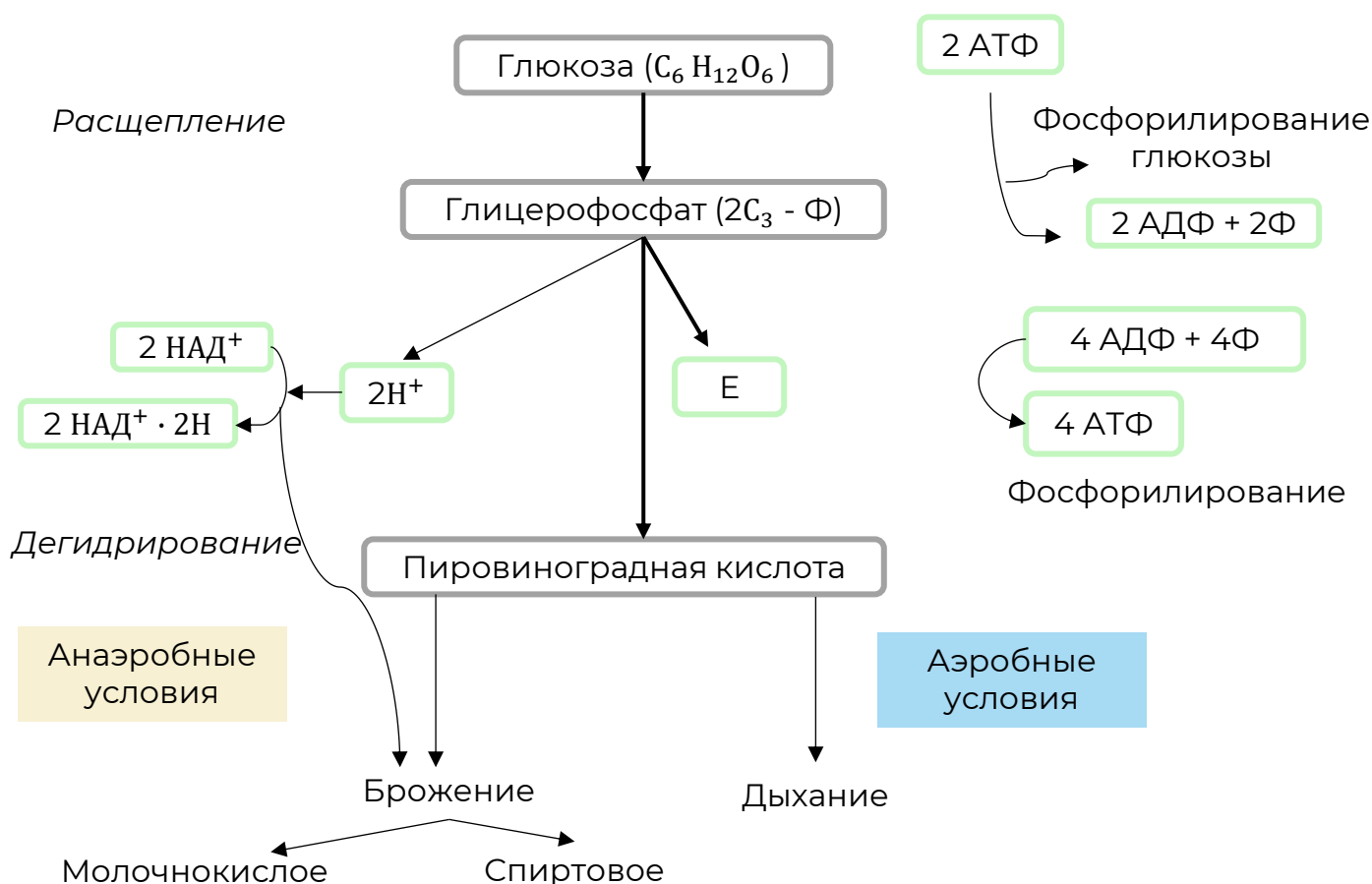
Триозы окисляются, теряя два атома водорода, которые соединяются с переносчиком водорода НАД.

Образуется 2 молекулы ПВК и синтезируется 4 АТФ.

Дальнейшая судьба ПВК зависит от присутствия кислорода в клетке:

А) Если кислорода нет, у растений и дрожжей происходит спиртовое брожение, при котором сначала образуется уксусный альдегид, а затем этиловый спирт. У бактерий и животных при недостатке кислорода происходит молочнокислое брожение с образованием молочной кислоты.

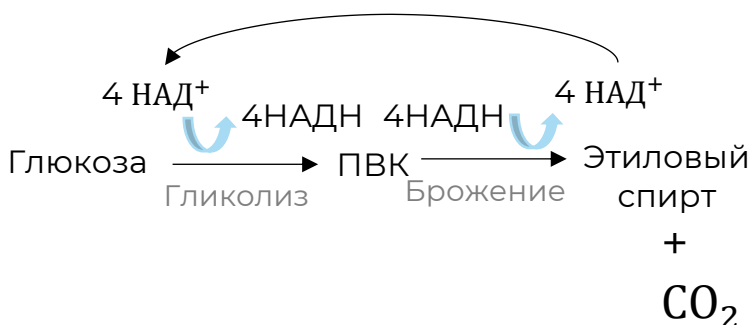
Б) При наличии кислорода молекула ПВК переходит в митохондрии для окисления.



**Брожение** – это процесс бескислородного расщепления органических веществ преимущественно углеводов, происходящий под действием ферментов.

### Важно!

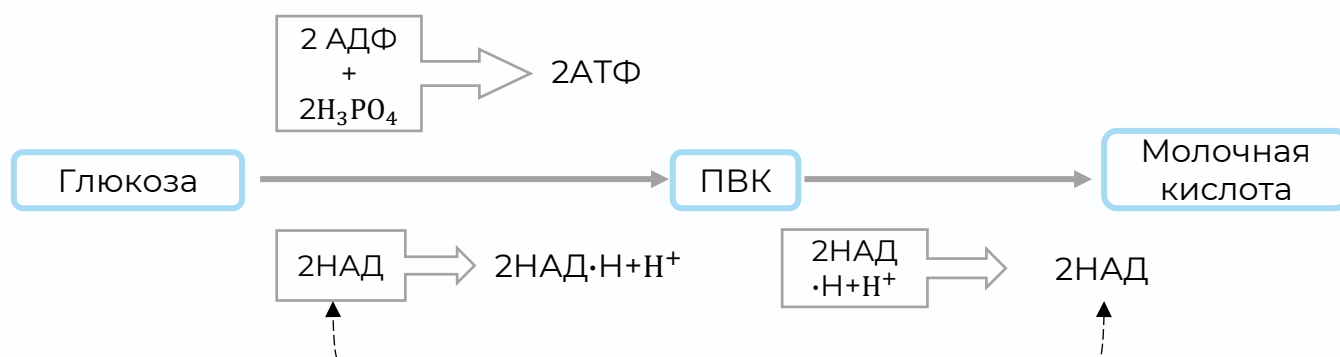
- Происходит в цитоплазме
- Кислород НЕ нужен
- Необходимы ферменты
- Выделяются побочные продукты
- Происходит регенерация  $НАД^+$



## Молочнокислое брожение

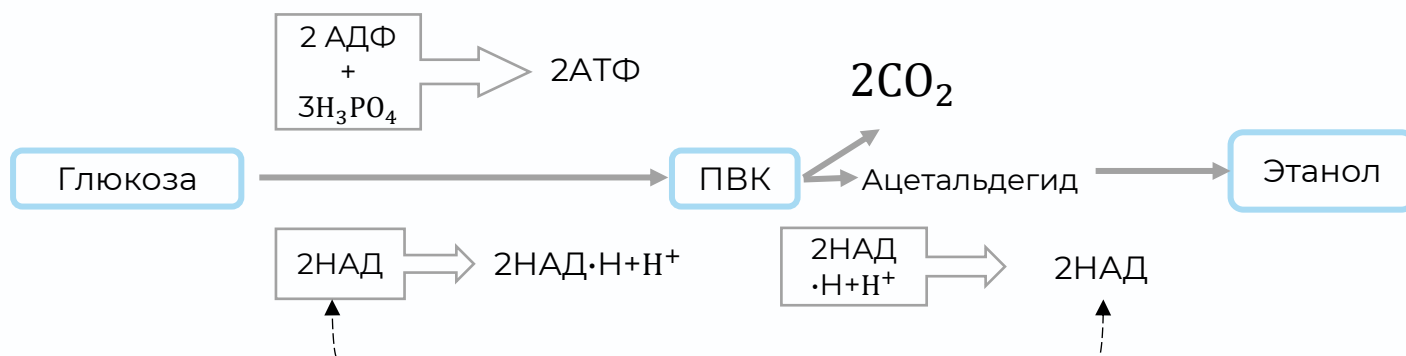
- Происходит у молочнокислых бактерий, в мышечных клетках человека и животных при недостатке кислорода.
- Протекает в 2 этапа, при этом АТФ не синтезируется.

Молочная кислота, образовавшаяся в мышцах, с током крови поступает в печень, где подвергается ферментативному окислению до ПВК. При наличии кислорода ПВК может вступать в кислородный этап клеточного дыхания. Кроме того, в клетках печени под действием ферментов ПВК может превращаться в глюкозу, которая запасается в виде гликогена или снова поступает в мышцы.



## Спиртовое брожение

- Происходит у дрожжей, бактерий и растений.
- Протекает в 3 этапа, при этом образуется уксусный альдегид и этиловый спирт.

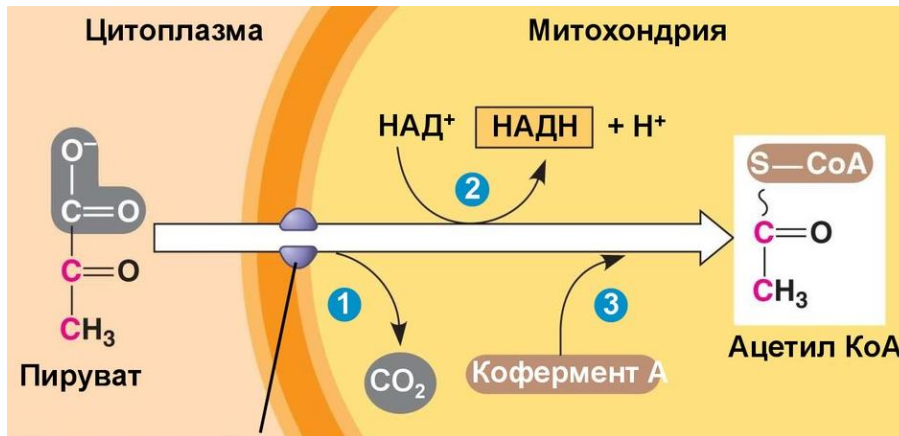


## 3. Кислородный (Клеточное дыхание, окислительное фосфорилирование)

- Происходит в митохондриях.
- Происходит полное расщепление ПВК до углекислого газа и воды.
- Синтезируется 30-32 АТФ

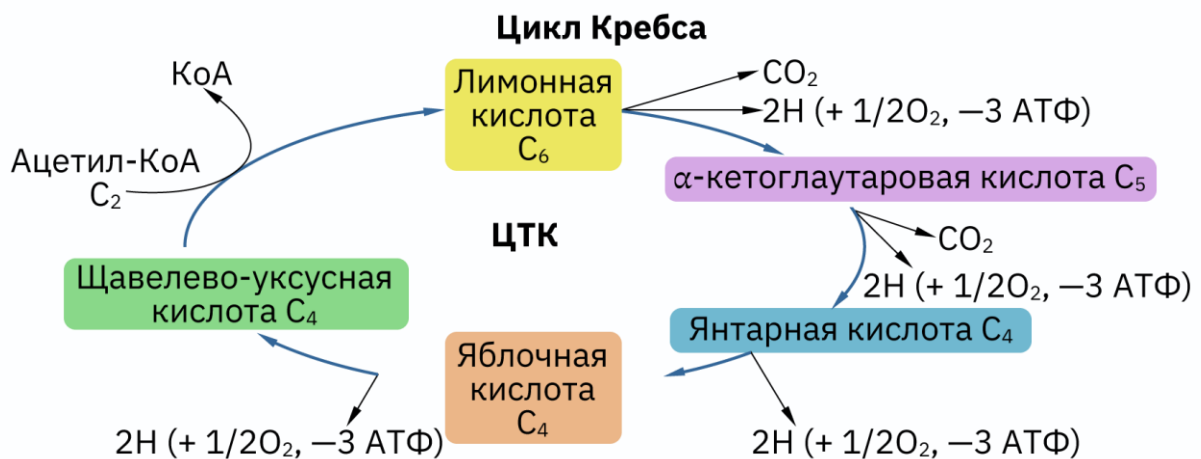
### Окислительное декарбоксилирование

- ПВК поступает в матрикс митохондрий из цитоплазмы.
- От ПВК отщепляется CO<sub>2</sub>, образовавшийся двухуглеродный остаток – радикал уксусной кислоты – присоединяется к молекуле переносчика углеродных радикалов, кофермента А (КоА).
- Образуется ацетил-КоА.
- В результате этой реакции НАД<sup>+</sup> восстанавливается до НАДН.



## Цикл Кребса

- Ацетил-КоА вступает в цикл Кребса, в ходе которого полностью расщепляется до углекислого газа и высвобождаются атомы водорода, которые связываются с НАД<sup>+</sup> и ФАД.
- На 2 молекулы ПВК синтезируется 2 АТФ.
- Углекислый газ выходит из клетки как побочный продукт.
- НАДН + Н и ФАД·Н<sub>2</sub> идут к электрон-транспортной цепи.



## Окислительное фосфорилирование

- Во внутренней мембране митохондрий содержатся белковые комплексы, образующие цепь переноса электронов, или электрон-транспортную цепь. В ее состав входят цитохромы и некоторые другие белки. Восстановленные коферменты НАД·Н + Н<sup>+</sup> и ФАД·Н<sub>2</sub> отдают атомы водорода переносчикам ЭТЦ, переходя при этом в окисленную форму.
- В результате функционирования компонентов ЭТЦ атомы водорода, полученные от НАД и ФАД, разделяются на протоны и электроны. Протоны переносятся через внутреннюю мембрану митохондрий и накапливаются в межмембранном пространстве. Электроны передаются от одного переносчика к другому и в итоге доставляются на внутреннюю сторону мембраны. Здесь их принимает конечный акцептор – кислород. При этом образуются анионы кислорода.
- Синтез АТФ. Во внутренней мембране митохондрий есть ферменты АТФ-синтетазы. Накопление протонов в межмембранном пространстве приводит к возникновению электрохимического потенциала на внутренней мембране

митохондрий. При достижении определенной концентрации протоны начинают перемещаться из межмембранного пространства в матрикс, проходя через каналы АТФ-синтазы. Энергия движения протонов используется для синтеза молекул АТФ.

- Достигнув матрикса, протоны соединяются с анионами кислорода и образуется вода.

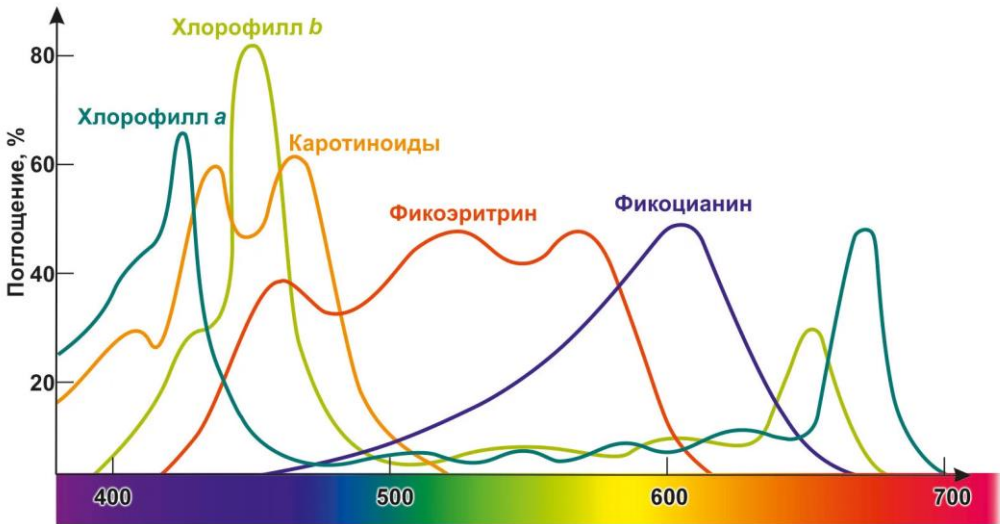
**Важно!**

Ранее считалось, что в кислородном этапе синтезируется 36 АТФ, но согласно новым исследованиям 28-30 АТФ в зависимости от переносчика, который доставляет электроны. Расщепление и окисление органических веществ происходит ступенчато, при участии ряда ферментов. Поэтому энергия высвобождается поэтапно.



Пластический обмен

Фотосинтетические пигменты			
Хлорофилл (a, b и др)	Каротиноиды	Фикобилины	
		Фикоэритрин	Фикоцианин
Окрашены в оттенки зеленого	Имеют разные оттенки желтого и оранжевого цвета	Красный цвет	Синий цвет
Поглощают сине-фиолетовую и красную части спектра	Поглощают синие и фиолетовые лучи спектра	Пигменты, способные поглощать оранжевый, желтый и зеленый свет, недоступный хлорофиллам и каротиноидам.	



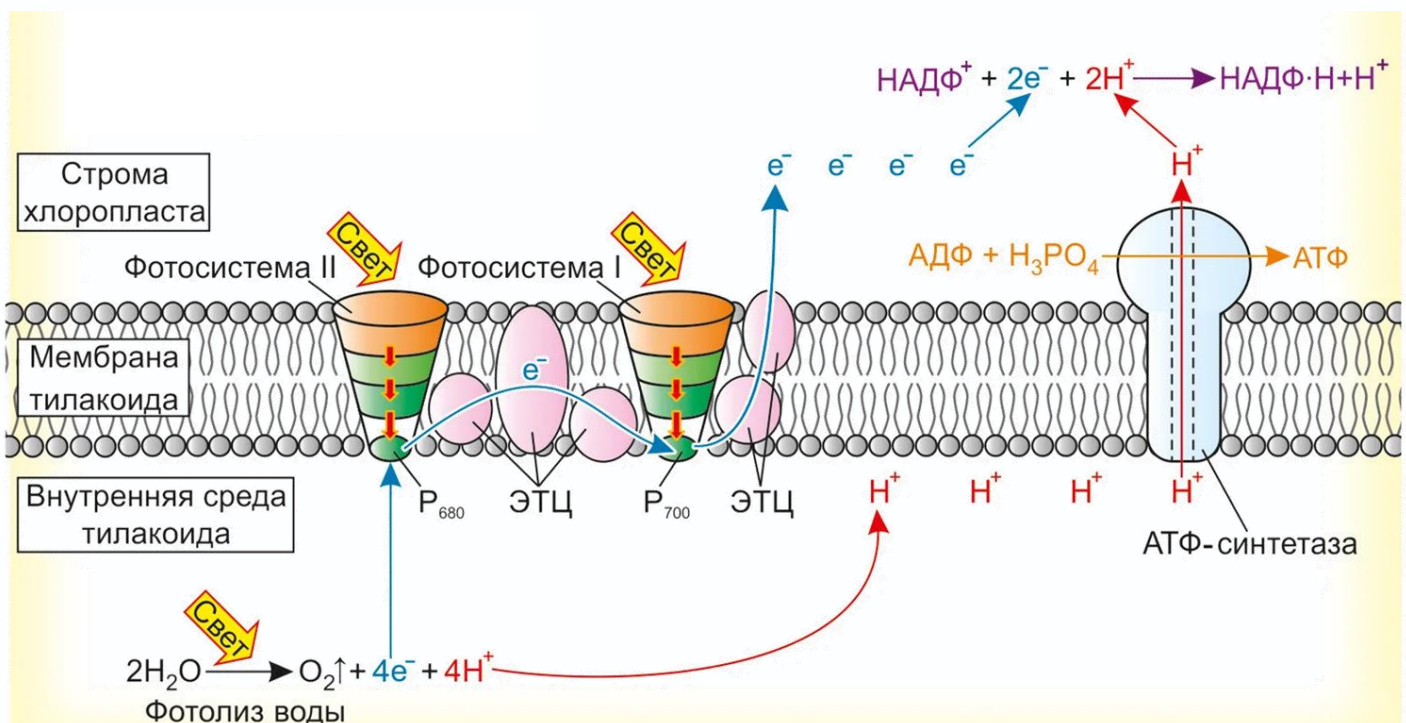
## Фотосинтез

Фотосинтез – способ автотрофного питания, при котором из углекислого газа и воды синтезируется глюкоза за счет энергии солнечного света.

Эукариоты	Прокариоты
<ul style="list-style-type: none"> <li>В хлоропластах.</li> <li>Световая фаза происходит на внутренней мембране хлоропластов. В мембранах тилакоидов содержатся фотосинтетические пигменты.</li> <li>Темновая фаза происходит в строме хлоропласта</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Хлоропластов нет.</li> <li>Световая фаза происходит на впячиваниях плазмолеммы внутрь клетки. На мембране содержатся фотосинтетические пигменты.</li> <li>Темновая фаза происходит в цитоплазме.</li> </ul>

### Световая фаза

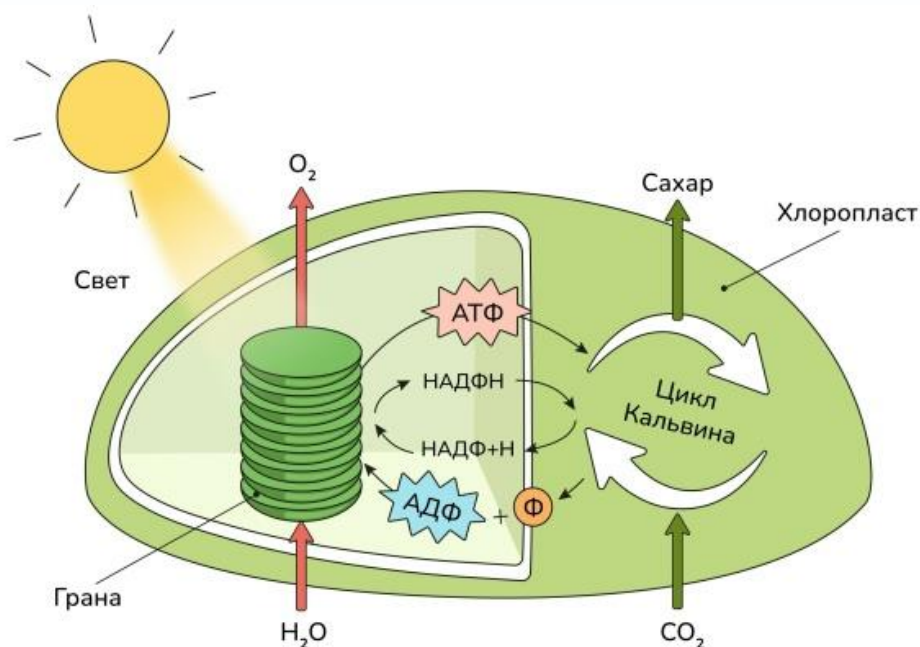
1. Происходит в тилакоидах хлоропласта.
2. Энергия света поглощается хлорофиллом и переводит электроны в возбуждённое состояние. Электроны из фотосистемы 1 и 2 поступают на цепь переносчиков электронов, таким образом в молекулах хлорофилла остаются электронные «дырки». Затем эти «дыры» в фотосистеме 1 заполняются электронами из фотосистемы 2, а «дыры» в фотосистеме 2 – электронами, которые образуются при фотолизе воды (разложение молекулы воды).
3. Молекулы воды разлагаются, образуя два протона и свободный кислород, который в качестве побочного продукта выделяется в атмосферу. При этом во время движения электроны теряют энергию, часть которой используется для синтеза АТФ.
4. Электрон из фотосистемы 1 движется к молекуле НАДФ<sup>+</sup>, восстанавливая его в НАДФ · Н.





## Темновая фаза

- Происходит в строме хлоропластов и не требует наличие света.
- Цикл Кальвина. Молекула углекислого газа взаимодействует с 1,5 – ребулозодифосфатом и образуется промежуточное соединение С<sub>6</sub>, которое затем разлагается на две молекулы фосfogлицериновой кислоты С<sub>3</sub>. При этом расходуется энергия АТФ.
- Две молекулы триозы соединяются между собой, образуя глюкозу, которая превращается в полисахарид.
- Освобождённые молекулы АДФ и НАДФ<sup>+</sup> вновь возвращаются к мембранам тилакоидов для участия в световых реакциях.

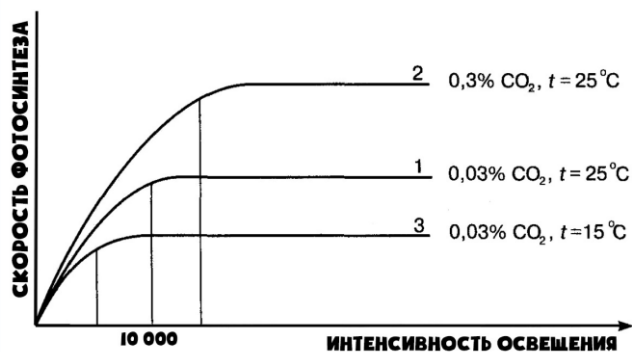


Признак сравнения	Световая фаза	Темновая фаза
Условия протекания	Обязательно наличие света	Наличие света не обязательно, может идти днём и ночью
Место протекания реакций в хлоропластах	На мембранах тилакоидов	В строме хлоропластов
Источник энергии	Солнечный свет	Энергия АТФ, НАДФ·2Н
Исходные вещества	Вода, АДФ, НАДФ	Углекислый газ, АТФ, НАДФ·2Н
Конечные продукты реакции	Кислород, АТФ, НАДФ·2Н	Глюкоза, АДФ, НАДФ

Чтобы углекислый газ поступал в растение, устьица должны быть открытыми. Однако при открытых устьицах происходит транспирация. Для растений, которые растут в засушливых местах обитания, крайне важно регулировать испарение воды, то есть днем при высоких температурах воздуха держать устьица закрытыми. У растений засушливых мест обитания есть необходимость фиксировать углекислый газ ночью, когда температура воздуха снижается. Есть 2 способа запасаания углекислого газа: С<sub>4</sub>-фотосинтез и САМ. Углекислый газ фиксируется ночью четырехуглеродным соединением и запасается, а днем углекислый газ отсоединяется от С<sub>4</sub>-соединения и поступает в цикл Кальвина. У С<sub>4</sub>-растений углекислый газ запасается в клетках обкладки проводящего пучка, а у САМ-растений – в вакуолях.

## Влияние на скорость фотосинтеза различных факторов:

1. Длина световой волны. Наиболее интенсивнее процесс протекает под действием волн сине-фиолетовой и красной части солнечного спектра.
2. Концентрация углекислого газа. Чем выше концентрация углекислого газа, тем интенсивнее идёт процесс фотосинтеза.
3. Температура. Все реакции фотосинтеза катализируются ферментами, для которых оптимальной температурой является интервал 25-30 С. При более низких температурах скорость действия ферментов резко снижается.



ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СКОРОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА

## Хемосинтез

**Хемосинтез** — это процесс синтеза органических веществ из неорганических за счет энергии окисления неорганических веществ.

Группа хемосинтетиков	Характеристика
Нитрифицирующие бактерии	Окисляют аммиак, который образуется при гниении до солей азотной кислоты
Железобактерии	Окисляют двухвалентное железо в трёхвалентное, процесс сопровождается выделением энергии
Серобактерии	Окисляют сероводород до свободной кристаллической серы, а затем серу до серной кислоты
Водородные бактерии	Окисляют водород до воды

## Сравнение хемосинтеза и фотосинтеза

Признак сравнения	Хемосинтез	Фотосинтез
Цель процесса	Получить глюкозу из углекислого газа	
Обмен веществ	Пластический обмен	
Какие организмы выполняют?	Автотрофы	
Какой источник энергии используется?	Окисление неорганических веществ	Свет
Источник протонов	Вода, сероводород, аммиак	Вода
Кислород выделяется	Нет	Да
Организмы	Бактерии	Растения, бактерии



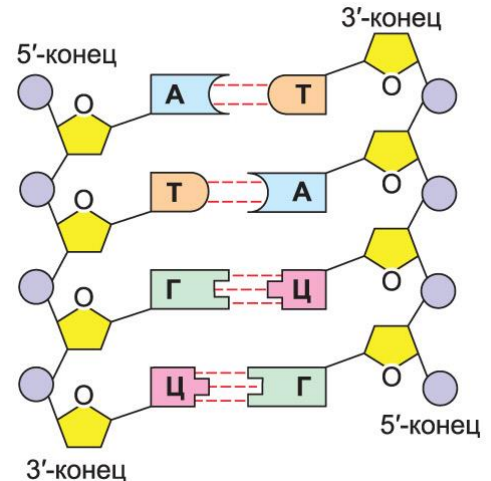
## Биосинтез белка

К матричным реакциям относятся: репликация ДНК, транскрипция и трансляция.

### Репликация ДНК

**Репликация (редупликация) ДНК** – процесс создания двух дочерних молекул ДНК на основе родительской молекулы ДНК.

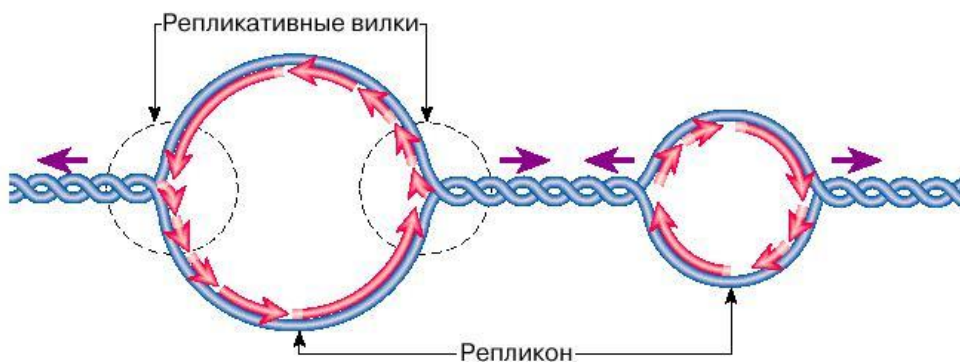
- Репликация происходит перед делением клетки (S-фаза интерфазы у эукариот).
- Она необходима для того чтобы дочерние клетки получили необходимый набор наследственной информации.
- В ходе репликации ДНК разделяется на две цепи, а затем из нуклеотидов формируется вдоль каждой цепи еще одна цепь, комплементарная ей. В ходе репликации реализуется принцип комплементарности (А-Т, Г-Ц).
- Комплементарные цепи антипараллельны
- Репликация – полуконсервативный процесс, т.е. в образовавшихся двух молекулах ДНК одна цепь – материнская, вторая – дочерняя (новая синтезированная цепь).



#### Механизм репликации:

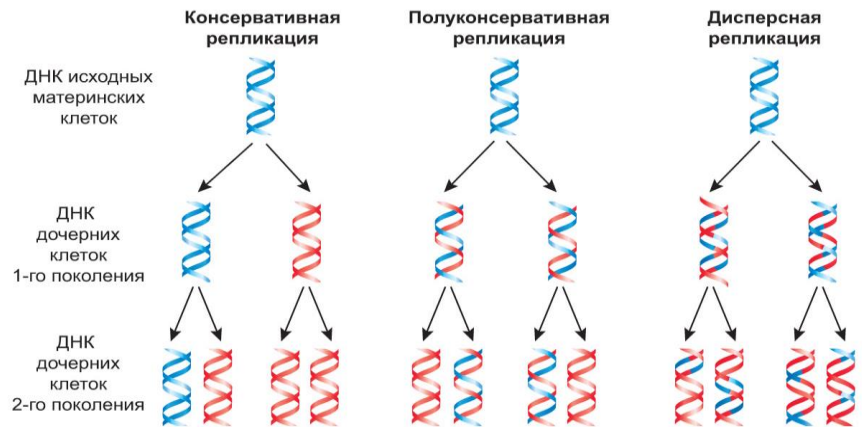
- Процесс начинается в строго определенных участках молекулы ДНК – точках начала репликации.
- Бактериальная хромосома имеет одну точку начала.
- У эукариот каждая молекула ДНК содержит множество точек начала репликации.
- Репликация начинается с образования репликационного пузыря, где две цепи материнской ДНК отделяются друг от друга.

Область расхождения двойной спирали ДНК на одинарные цепи называют репликационной вилкой.



1. *Полуконсервативный* – каждая молекула ДНК содержит одну старую и одну новую цепь.
2. *Консервативный* – в результате репликации образуется одна молекула ДНК, состоящая только из новых.

3. Дисперсионный – молекулы ДНК состоят из цепей, одни участки которых вновь синтезированы, а другие взяты из родительской молекулы ДНК.



## Этапы репликации

### Инициация

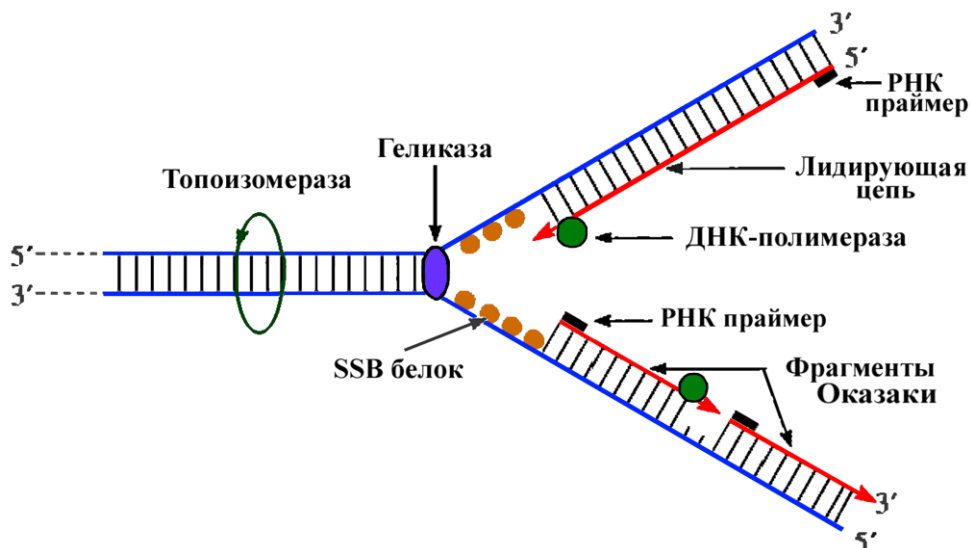
- Репликация молекулы ДНК начинается с разъединения двойной спирали с одного конца.
- Фермент ДНК-топоизомераза раскручивает цепи ДНК.
- Фермент хеликаза разрывает водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями противоположных цепей. В результате образуется репликационная вилка.
- SSB – белки связывают одноцепочечные фрагменты ДНК и препятствуют комплементарному спариванию нуклеотидов другой цепи.

### Элонгация

- К обоим цепям ДНК подходит фермент праймаза и начинает синтезировать короткие РНК-затравки (праймеры). Они необходимы для того, чтобы ДНК-полимераза «понимала» куда ей нужно присоединиться.
- На затравки присоединяется ДНК-полимераза и начинает синтез в направлении от 5' к 3'. При этом на одной из цепей (лидирующая цепь) синтез идёт непрерывно, а на другой (отстающая цепь) синтез идёт короткими фрагментами (фрагменты Оказаки).

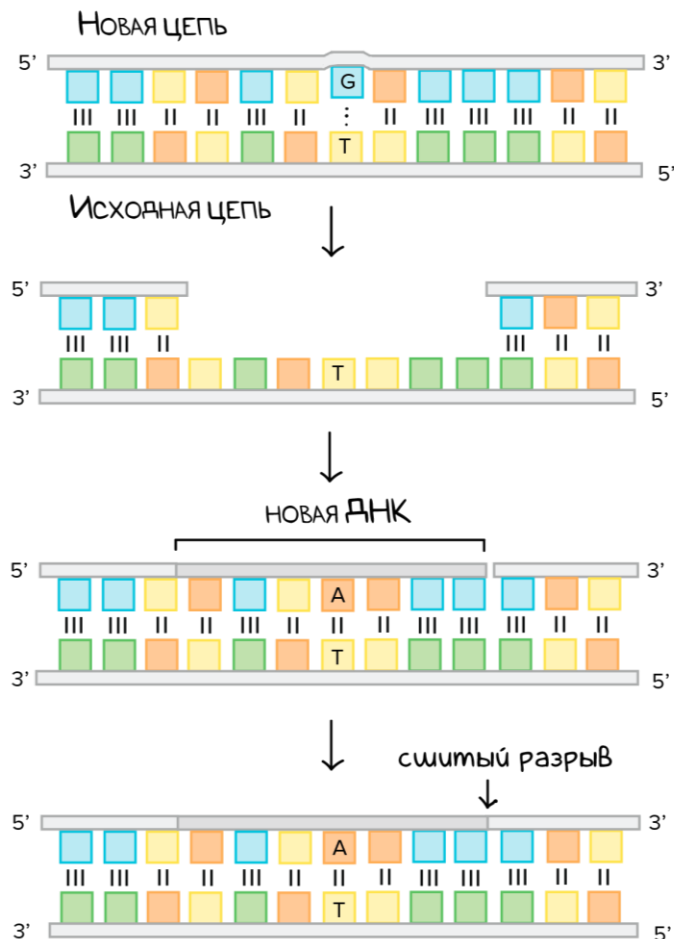
### Терминация

- После окончания работы ДНК-полимеразы фермент экзонуклеаза удаляет праймеры.
- Фермент ДНК-лигаза сшивает между собой фрагменты Оказаки в единую цепь.



## Репарация после репликации ДНК

Это особый процесс в клетках, который позволяет исправить повреждения и разрывы в молекулах ДНК, поврежденных при нормальном биосинтезе ДНК в клетке или в результате воздействия физических или химических факторов.



В новой цепи ДНК определяется несоответствие нуклеотидов

Новая цепь ДНК разрезается и неподходящий нуклеотид удаляется вместе с соседними нуклеотидами

Недостающий участок заполняется правильными нуклеотидами с помощью ДНК-полимеразы

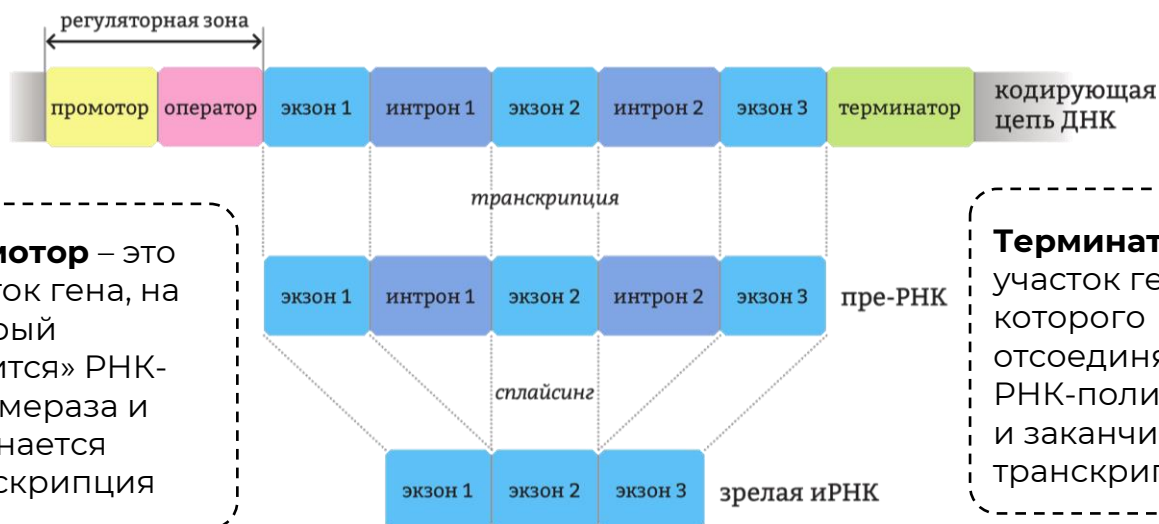
ДНК-лигаза сшивает разрывы в цепи ДНК

## Ген

Это участок ДНК, задающий последовательность аминокислот полипептида или последовательность нуклеотидов РНК (тРНК, рРНК).

### Строение гена у эукариот

**Экзоны** – информативные участки гена, а **интроны** – неинформативные участки.

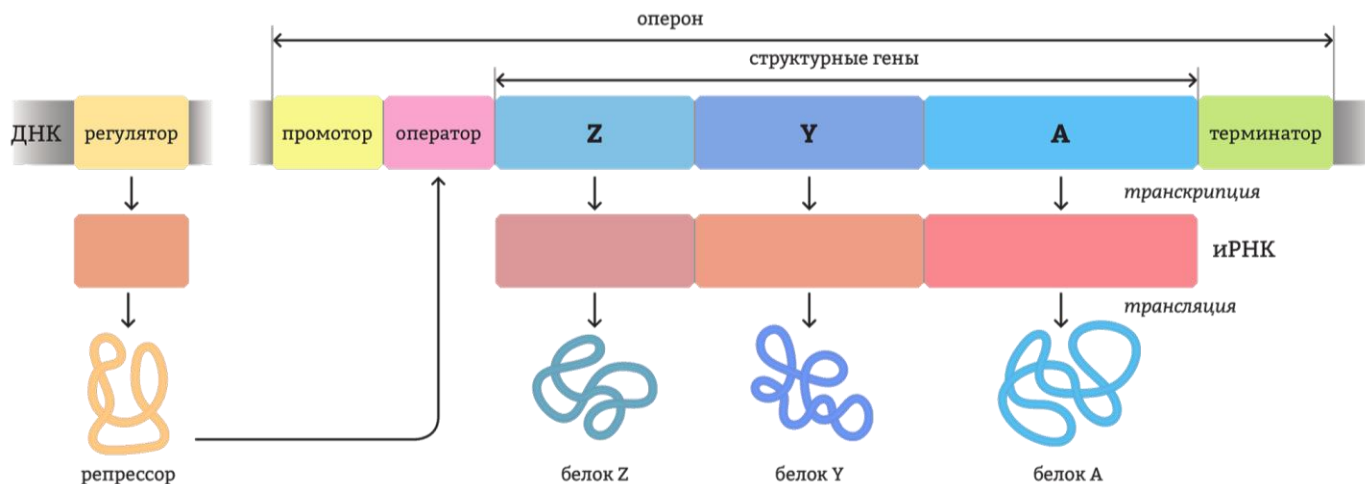


**Промотор** – это участок гена, на который «садится» РНК-полимераза и начинается транскрипция

**Терминатор** – участок гена, с которого отсоединяется РНК-полимераза и заканчивается транскрипция

## Строение гена у прокариот

Для прокариот характерно объединение нескольких генов в единую функциональную систему – **оперон**.



В начале и в конце оперона есть единые регуляторные области для нескольких структурных генов. С транскрибируемого участка оперона считывается одна молекула иРНК, которая содержит несколько кодирующих последовательностей, в каждой из которых есть свой старт и стоп-кодон. С каждого из таких участков синтезируются один белок. Таким образом, с одной молекулы иРНК синтезируется несколько молекул белка.

Работу оперона могут регулировать другие гены, которые могут быть заметно удалены от самого оперона – **регуляторы**. Белок, транслируемый с этого гена называется **репрессор**. Он связывается с оператором оперона, регулируя экспрессию сразу всех генов, в нем содержащихся.

## Генетический код

**Генетический код** — это система перевода последовательности нуклеотидов в нуклеиновой кислоте в аминокислотную последовательность белка

Свойство	Описание
Код треплетен	Каждой аминокислоте соответствует сочетание из трёх нуклеотидов (кодонах или триплетов). Существует один старт-кодон (иРНК 5'-АУГ-3') и три стоп-кодона (иРНК 5'-УАА-3', 5'-УГА-3', 5'-УАГ-3'). Стоп-кодонах сигнализируют об окончании одного гена.
Код однозначен	Каждый кодон соответствует только одной аминокислоте
Код вырожден (избыточен)	Аминокислоты кодируются более чем одним кодоном
Код универсален	Все организмы, живущие на Земле, имеют один и тот же генетический код
Код непрерывен	Между триплетами нет промежутков
Код неперекрываем	Конечный нуклеотид одного триплета не может служить началом другого

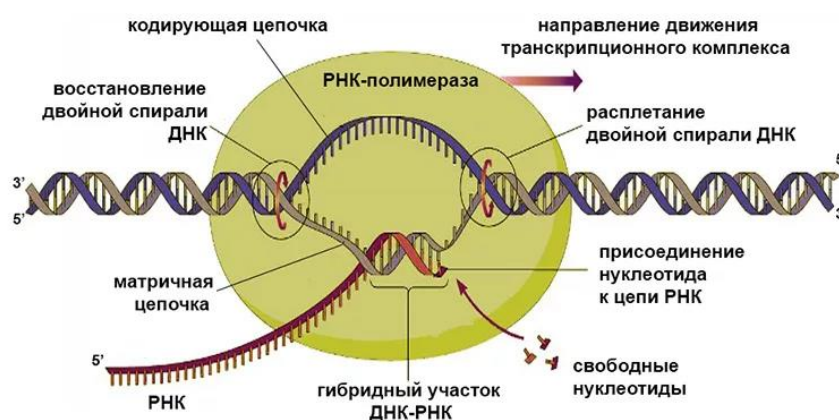
Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

## Транскрипция – матричный синтез РНК

- ДНК служит матрицей для синтеза всех нуклеиновых кислот.
- Процесс биосинтеза РНК на ДНК называется транскрипцией.
- Этот процесс происходит в ядре клетки.
- На разных участках ДНК синтезируются разные виды РНК, которые в последствии участвуют в биосинтезе белка.

Этапы транскрипции:

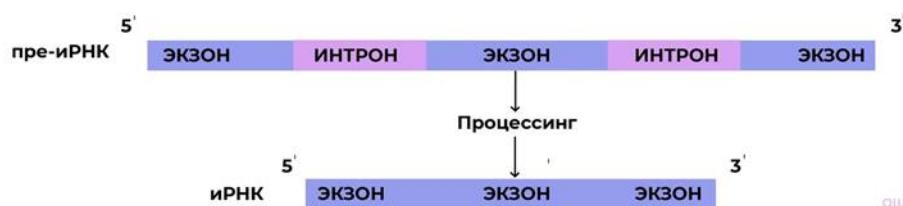
1. **Инициация.** Фермент РНК-полимераза соединяется с определённой зоной на ДНК. Данная стартовая площадка называется *промотор*. Эта зона содержит старт-кодон. Под действием специальных белков раскручивается участок спирали ДНК, при этом разрушаются водородные связи. Одна из цепей ДНК и будет матричной или транскрибируемой.
2. **Элонгация.** На матричной цепи ДНК по принципу комплементарности выстраиваются нуклеотиды. Фермент РНК-полимераза, продвигаясь по цепи ДНК, соединяет между собой нуклеотиды. В результате синтезируется РНК-копия.
3. **Терминация.** Фермент РНК-полимераза отделяется от ДНК. Освобождается и синтезированная молекула РНК – копии, ДНК восстанавливая двойную спираль. Синтез завершён.





- У прокариот синтезируемые иРНК сразу взаимодействует с рибосомами и участвуют в синтезе белка.
- У эукариот синтез РНК происходит в ядре.
- ДНК эукариот есть неинформативные участки – **интроны** и информативные участки – **экзоны**, которые переписываются на иРНК.
- После транскрипции молекула иРНК эукариотических клеток подвергается перестройке, т.е. из неё специальными ферментами «вырезаются» нуклеотидные последовательности - интроны, которые не несут информации о данном белке.
- Вырезание и сшивание экзонов (нуклеотидные последовательности, несущие информацию о первичной структуре белка) называется **сплайсинг**.

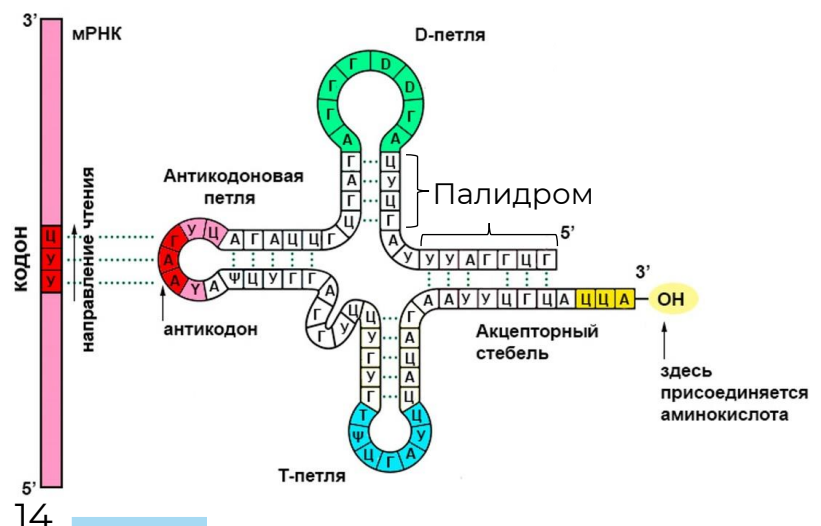
В результате **процессинга** образуется зрелая матричная РНК. В ядре клетки она взаимодействует со специальными белками и с их помощью через поры в ядерной мембране переносится в цитоплазму.



1. Изменение концов иРНК
  - Каждый из концов пре-иРНК модифицируется.
  - 5'-конец синтезируется первым и получает 5'-кэп-модифицированную форму гуанинового нуклеотида.
  - Специальный фермент добавляет еще 50-250 адениновых нуклеотидов к 3'-концу, образуя поли (А)-хвост.
  - 5'-кэп и 3'-поли (А)-хвост нужны чтобы:
    - Помогать экспорту зрелой иРНК из ядра
    - Помочь защитить РНК от гидролитических ферментов
    - Помогать рибосоме прикрепляться к 5'-концу, когда она попадает в цитоплазму.
2. Сплайсинг.
  - Вырезание участков, соответствующих интронам и соединение в одну непрерывную последовательность участков, комплементарных экзонам.
  - Этот процесс протекает в ядре клетки и катализируется сплайсосомами – особыми комплексами, состоящих из молекул РНК и белков. В результате сплайсинга длина созревающей РНК по сравнению с пре-иРНК уменьшается.

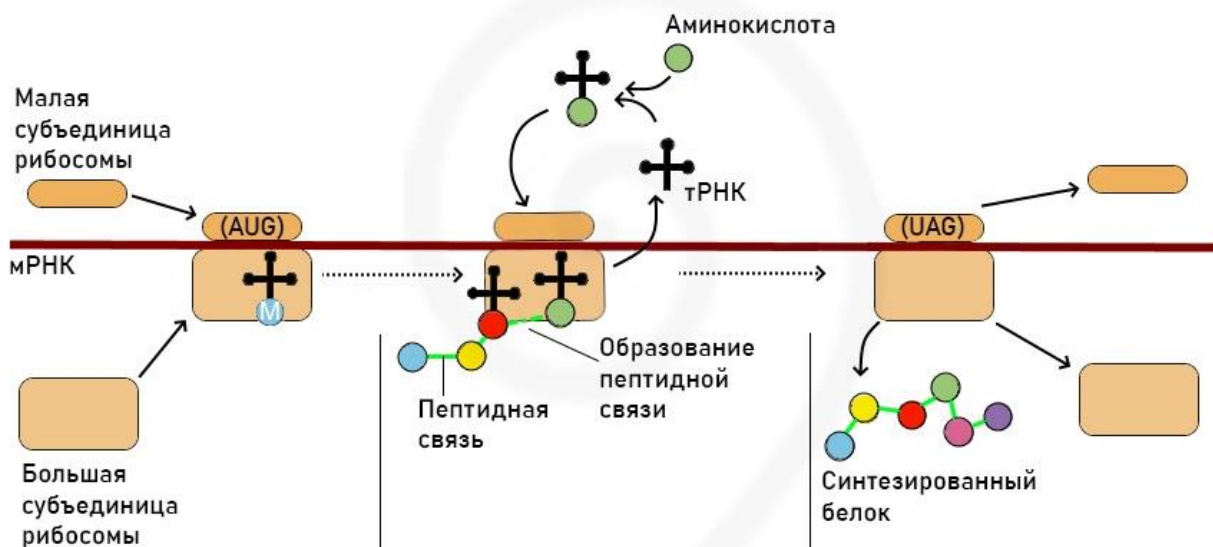
## Трансляция

- Это процесс, посредством которого генетическая информация в виде последовательности нуклеотидов иРНК переводится в последовательность аминокислот в полипептиде





- Происходит на рибосоме в цитоплазме или на шероховатой ЭПС.
- тРНК:
- Доставляют аминокислоты к рибосомам.
  - Имеют форму клеверного листа.
  - 3' -конец цепи тРНК – акцепторный хвост – служит для присоединения аминокислоты.
  - Центральный треплет средней петли – антикодон. Последовательность нуклеотидов в составе антикодона определяет, с каким именно кодоном иРНК будет комплементарно соединяться та или иная тРНК и какую аминокислоту она будет переносить.
  - Палиндром – двуцепочечный участок, связанный водородными связями, обе цепи которого обладают одинаковой последовательностью нуклеотидов при прочитывании от 5' к 3' -концу.
  - Все виды РНК (тРНК, иРНК, рРНК) синтезируется с ДНК матрицы в процессе транскрипции.



### Инициация

- Малая и большая субъединицы рибосом присоединяются к иРНК.
- Узнавание старт-кодона 5'-АУГ- 3'.
- тРНК с метионином попадает в пептидильный участок рибосомы

### Элонгация

- Транспептидация – перенос растущего пептида на новоприбывшую аминокислоту.
- Транслокация – шаг рибосомы на один триплет

### Терминация

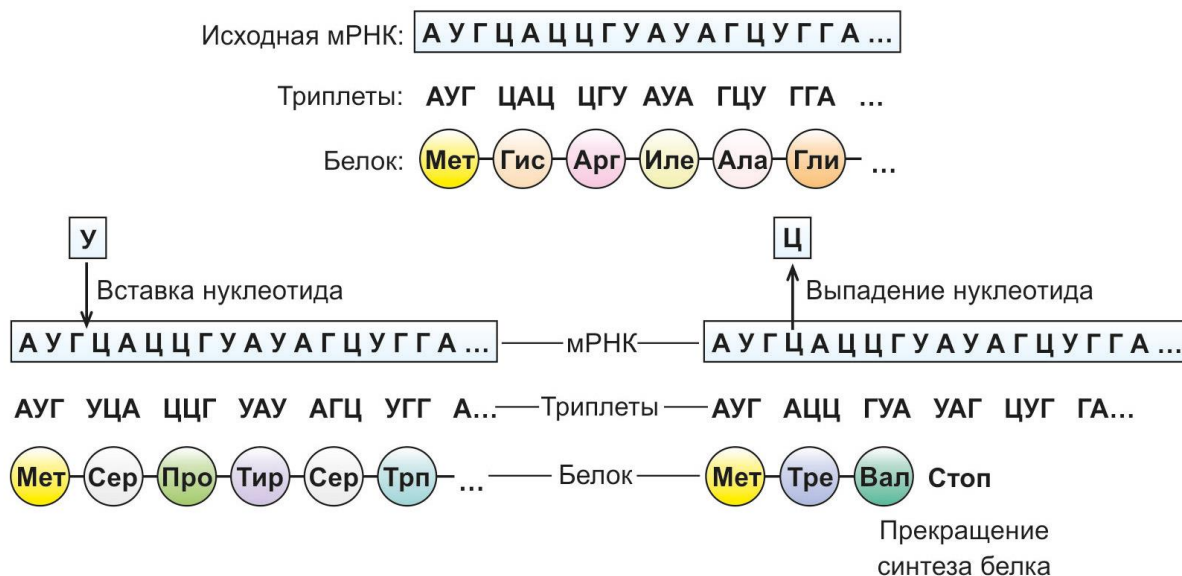
- Узнавание стоп-кодона
- Отсоединение готового белка от иРНК и рибосомы

### Рамка считывания

Рамка считывания – один из трех возможных способов считывания нуклеотидной последовательности в виде триплетов.

- Рамка считывания определяется самым первым триплетом, с которого начинается трансляция.
- Последовательность кодонов, начинающуюся со старт – кодона (АУГ) и заканчивающуюся стоп-кодоном, называют открытой рамкой считывания

- Открытая рамка считывания потенциально способна кодировать белок.
- Основным признаком рамки считывания служит отсутствие стоп-кодона.
- Закрытая рамка считывания содержит стоп-кодон внутри последовательности, что не позволяет иРНК транслироваться в функционально активный белок из-за преждевременной терминации.



### Регуляция активности генов у прокариот. Гипотеза оперона.

- Оперон – это группа генов прокариот, находящихся под общим промотором. Все эти гены транскрибируются на одну общую молекулу иРНК. Оперон является генетической единицей регуляции механизма синтеза белков.
- Промотор – посадочная площадка для РНК-полимеразы.
- Оператор – последовательность ДНК между промотором и структурными генами в опероне. Оператор способен связываться с репрессором. В этом случае РНК-полимераза не может начать синтез иРНК, и ген не экспрессируется.

Например: если бактерия кишечной палочки попадает в среду с лактозой, то она начинает синтезировать ферменты для расщепления лактозы. А если лактоза в среде заканчивается, то синтез ферментов сразу же прекращается.

### Ферменты. Коферменты. Белки-активаторы и белки-ингибиторы.

**Ферменты (энзимы)** — это макромолекулы белковой природы, которые работают в качестве катализаторов, ускоряющие биохимические реакции.

*Строение фермента:*

1. Субстратный центр служит якорной площадкой для соединения фермента с субстратом.
2. Активный центр. Здесь происходит видоизменение субстрата, он делается доступным для проведения реакций.
3. Регуляторный центр (аллостерический). К этому центру могут присоединяться неорганические ионы, низкомолекулярные вещества, которые заставляют молекулу фермента принять такую форму, которая будет способствовать быстрому соединению с субстратом.



### Свойства фермента:

#### 1. Субстратная специфичность.

Реагент на который действует фермент, называется субстратом фермента.

Фермент связывается с субстратом образуя фермент-субстратный комплекс. В то время, которое фермент и субстрат связаны, каталитическое действие фермента преобразует субстрат в продукт.

Каждый фермент действует только на определенное вещество - субстрат. То есть они могут ускорять только одну реакцию или реакции одного типа.

2. Индуцированное соответствие. Как только субстрат входит в активный центр, фермент незначительно изменяет свою форму из-за взаимодействия между химическими группами на боковых цепях аминокислот, образующих активный центр. Фермент активнее обхватывает субстрат – это индуцированное соответствие, при котором увеличивается способность активного центра к катализу.

3. Активность ферментов. Ферменты активны в определенных условиях.

А) температура. Каждый фермент имеет оптимальную температуру, при которой скорость катализируемой реакции максимальна. Не приводя к денатурации фермента, такая температура обеспечивает наибольшее число столкновений молекул и быстрое преобразование реагентов в продукт.

Б) pH среды. Значения pH, при котором наблюдается наиболее высокая скорость ферментативных реакций, называют оптимальными.

### Механизм действия ферментов:

1. Фермент соединяется с субстратом и образуется фермент-субстратный комплекс.

2. В активном центре фермента происходят преобразования субстрата, изменяются связи в молекуле субстрата, его конфигурация.

3. Образуется комплекс фермента с видоизмененным субстратом

4. Происходит химическая реакция и образуется фермент-продуктный комплекс.

5. После окончания реакции комплекс распадается, продукт освобождается, а фермент восстанавливается.

Для того чтобы осуществлять каталитическую активность, многим ферментам нужны небелковые помощники. Эти помощники называются **кофакторами**.

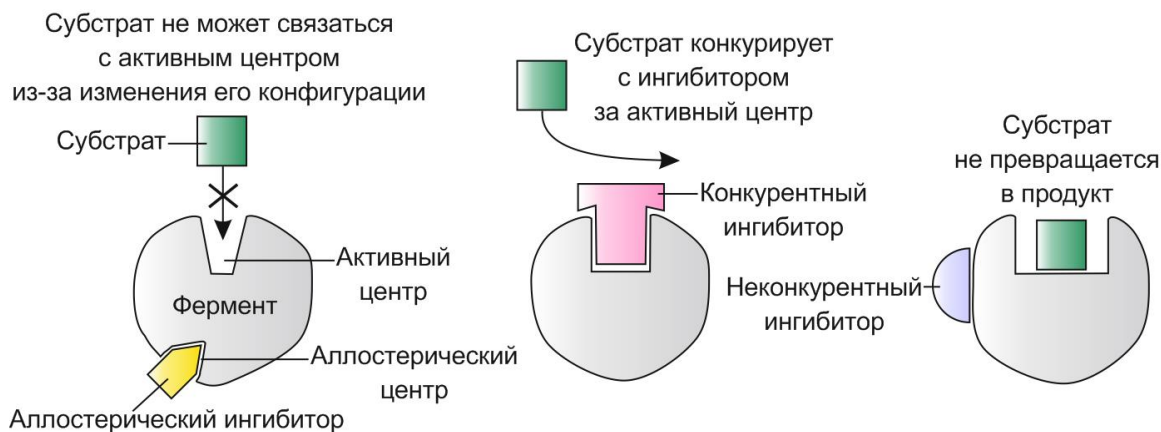
Кофакторы бывают неорганическими (ионы цинка, железа, меди) и органические - **коферменты** (витамины, КоА, НАД, АТФ, НАДФ).

**Белки – активаторы** ускоряют скорость ферментативных реакций.

**Ингибиторами** называют вещества, вызывающие снижение активности фермента.

**Виды ингибирования:**

1. Конкурентное ингибирование. Ингибитор напоминает молекулу субстрата и может блокировать доступ субстрата к активному центру и тем самым снижает производительность фермента.
2. Неконкурентное ингибирование. Не происходит соперничества ингибитора с субстратом за связывание с активным центром на прямую. Ингибитор связывается с другой частью фермента, меняет пространственную конфигурацию и больше не может катализировать реакцию.



**Скорость ферментативных реакций зависит от:**

1. Природы и концентрации фермента и субстрата.
2. Температуры.
3. Давления.
4. Кислотности среды
5. Наличие ингибиторов.

Следующая тема: Клеточный цикл

