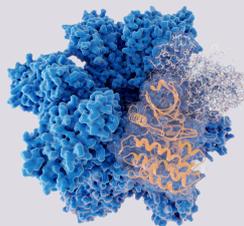


# Биосинтез белка



**БиоФАК**  
с Ксенией Напольской

## Свойства генетического кода

### • Универсальность

Генетический код един для всех живых организмов

### • Триплетность

1 аминокислота кодируется 1 триплетом (кодоном) или 3 нуклеотидами

Обратите внимание, что 3 из 64 кодонов (в молекулах мРНК — УАА, УАГ и УГА) не кодируют аминокислоты. Это так называемые стоп-кодоны или нонсенс-кодоны (от англ. nonsense — бессмыслица), они служат сигналом окончания синтеза белка. Остальные триплеты называются смысловыми.

### • Однозначность

1 кодон кодирует только одну определенную аминокислоту

### • Вырожденность (=избыточность)

одну аминокислоту кодируют несколько кодонов (кодонов 64, а АК 20!)

### • Непрерывность

Между кодонами нет пропусков

### • Неперекрываемость

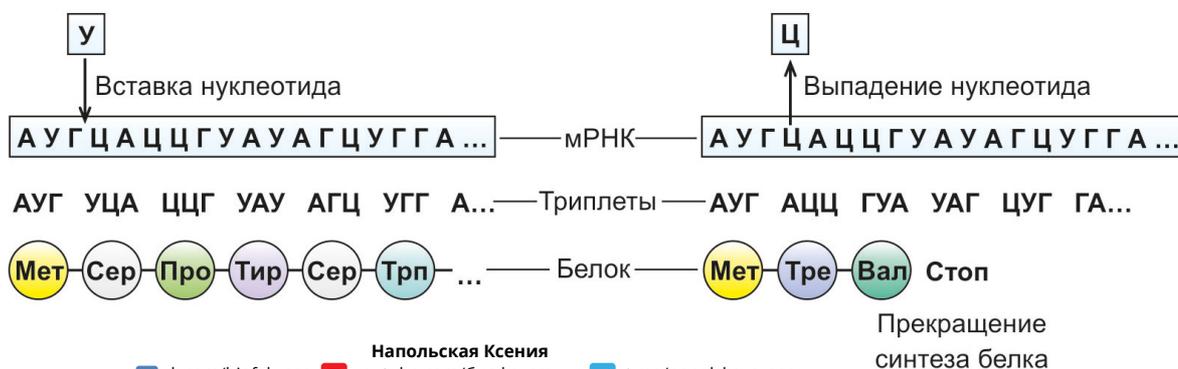
Каждый нуклеотид входит только в один кодон. Конечный нуклеотид одного кодона не может быть началом другого кодона

Если в составе гена происходит изменение количества нуклеотидов (их выпадение или вставка) на число, не кратное трем, наблюдается так называемый сдвиг рамки считывания. Это приводит к существенному изменению последовательности аминокислот в белке, который кодируется измененным геном. В некоторых случаях сдвиг рамки считывания приводит к возникновению стоп-кодонов, из-за чего синтез белка обрывается.

Исходная мРНК: **А У Г Ц А Ц Ц Г У А У А Г Ц У Г Г А ...**

Триплеты: **АУГ ЦАЦ ЦГУ АУА ГЦУ ГГА ...**

Белок: **Мет-Гис-Арг-Иле-Ала-Гли-...**



Сколько **нуклеотидов** кодирует белок из 300 аминокислот?

**Решение:** 1 а.к. кодируется 3 нуклеотидами. У нас 300 аминокислот.

$300 \cdot 3 = 900$  нуклеотидов

**В бланк: 900**

Сколько **триплетов** кодирует белок из 300 аминокислот?

**Решение:** 1 а.к. кодируется 1 триплетом. У нас 300 а.к.

$300 \cdot 1 = 300$  триплетов

**В бланк: 300**

| Первый нуклеотид | Второй нуклеотид |     |      |      | Третий нуклеотид |
|------------------|------------------|-----|------|------|------------------|
|                  | У                | Ц   | А    | Г    |                  |
| У                | Фен              | Сер | Тир  | Цис  | У                |
|                  | Фен              | Сер | Тир  | Цис  | Ц                |
|                  | Лей              | Сер | Стоп | Стоп | А                |
|                  | Лей              | Сер | Стоп | Трп  | Г                |
| Ц                | Лей              | Про | Гис  | Арг  | У                |
|                  | Лей              | Про | Гис  | Арг  | Ц                |
|                  | Лей              | Про | Гли  | Арг  | А                |
|                  | Лей              | Про | Гли  | Арг  | Г                |
| А                | Иле              | Тре | Асп  | Сер  | У                |
|                  | Иле              | Тре | Асп  | 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                |

- В ДНК записана последовательность аминокислот (наследственная информация)
- ДНК может удваиваться (реплицироваться) благодаря свойству комплементарности
- ДНК не выходит из ядра (митохондрий, хлоропластов), белок синтезируется только в цитоплазме, наследственная информация переписывается на РНК.
- иРНК - посредник между ДНК и местом синтеза белка.



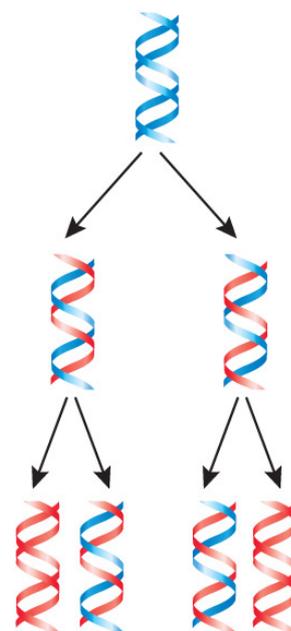
Репликация, транскрипция, трансляция относятся к реакциям **матричного синтеза**.

**Матрица- объект, с которого снимается копия**

### Принципы матричных реакций:

- **Комплементарность**  
A=T(У), Г=Ц
- **Однонаправленность**  
Синтез идет в направлении от 5' к 3'
- **Полуконсервативность (для репликации)**  
Каждая образовавшаяся молекула ДНК содержит одну исходную цепь (материнскую, матричную) и одну новосинтезированную по принципу комплементарности

### Полуконсервативная репликация



**Транскрипция -** синтез РНК копий по матрице полинуклеотидного участка ДНК. Транскрипция происходит в ядре клетки в 3 этапа.

#### Инициация

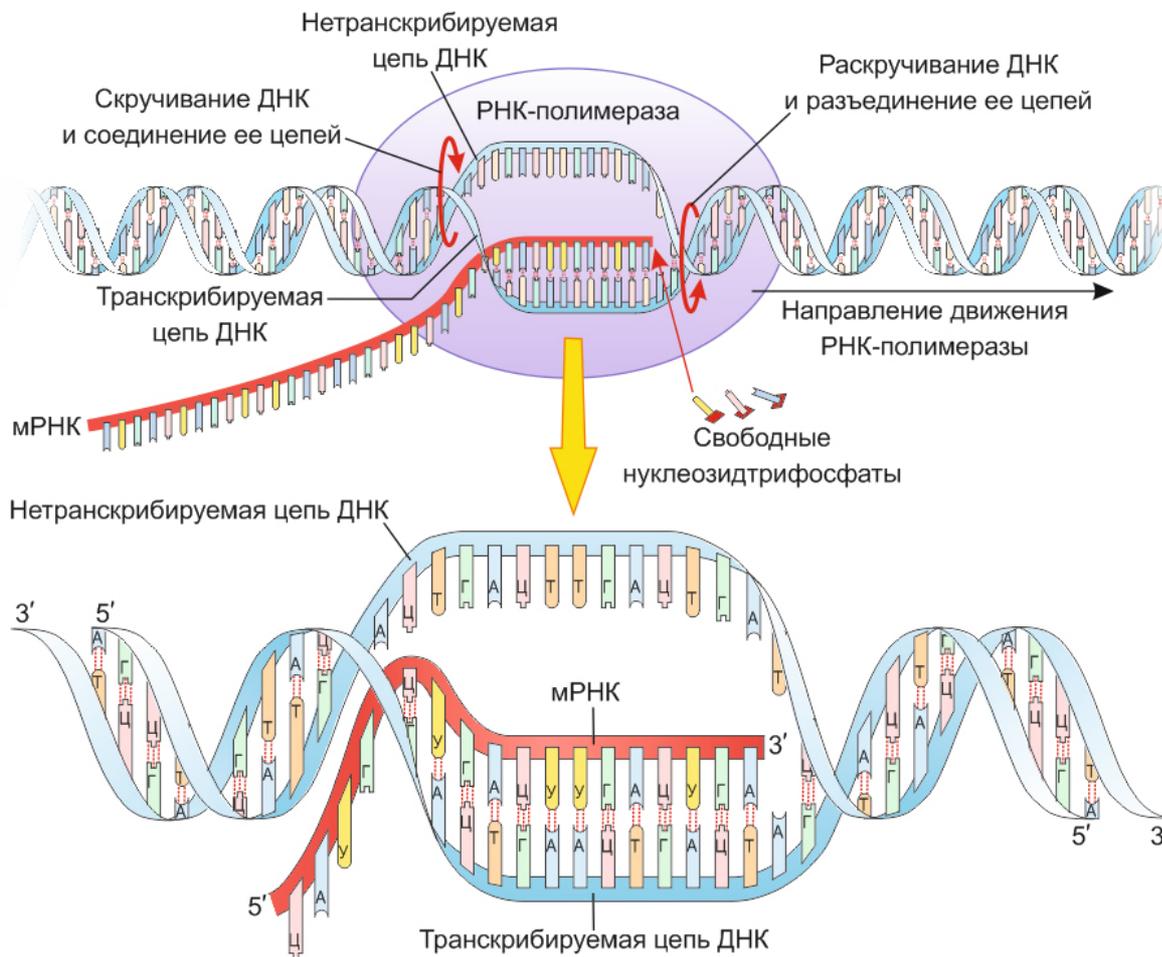
- Фермент РНК-полимераза узнает промотор (специальная стартовая последовательность нуклеотидов) и прикрепляется к нему
- Спираль ДНК раскручивается

#### Элонгация

- РНК-полимераза продвигается по транскрибируемой цепи ДНК, достраивая РНК по принципу комплементарности в направлении от 5' к 3'

#### Терминация

- РНК-полимераза узнает стоп-сигнал (терминатор) и отсоединяется от ДНК
- Готовая РНК отсоединяется от ДНК
- ДНК восстанавливает двойную спираль



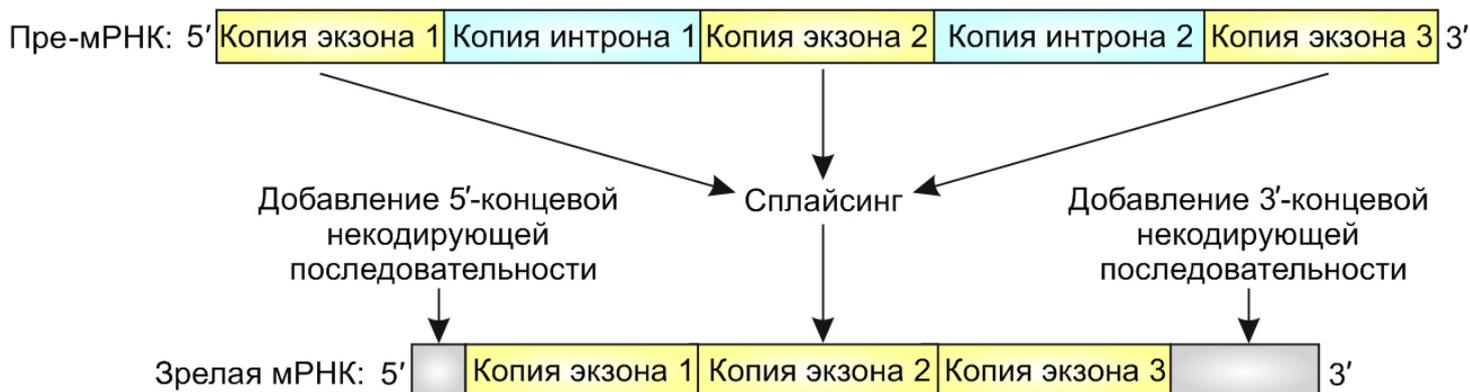
**Процессинг** - процесс, в ходе которого специальные ферменты в ядре эукариотической клетки особым образом модифицируют пре-иРНК, прежде чем генетическое сообщение отправится в цитоплазму

### Изменение концов иРНК

- Каждый из концов пре-иРНК модифицируется определенным образом
- 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: 1)помогать экспорту зрелой иРНК из ядра; 2) помогают защитить РНК от гидролитических ферментов; 3) помогают рибосомам прикрепляться к 5'-концу, когда она попадает в цитоплазму

### Сплайсинг - это удаление больших отрезков изначально синтезируемой РНК (интронов)

Интроны- некодирующие фрагменты  
Эзоны- кодирующие фрагменты

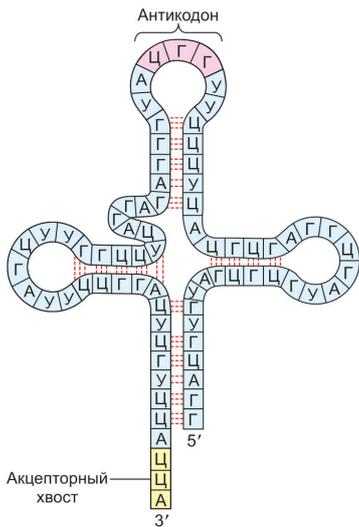


Как правило, копии экзонов соединяются в том же порядке, в котором экзоны располагались в ДНК. Однако существует и так называемый **альтернативный сплайсинг**, при котором, например, копии некоторых экзонов удаляются вместе с копиями интронов и, следовательно, не входят в состав зрелой мРНК. Установлено, что благодаря альтернативному сплайсингу становится возможным синтез двух или более разных белков с одного и того же гена.

**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.**

## Трансляция -

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.



Доставка аминокислот к рибосомам проходит помощью **транспортных РНК**.

тРНК имеют форму, напоминающую лист клевера. При этом

- 3'-конец цепи тРНК — акцепторный хвост — служит для присоединения аминокислоты.
- В противоположной части молекулы тРНК имеется особый триплет — **антикодон**. Последовательность нуклеотидов в составе антикодона определяет, с каким именно кодоном мРНК будет комплементарно соединяться та или иная тРНК и какую аминокислоту она будет переносить.

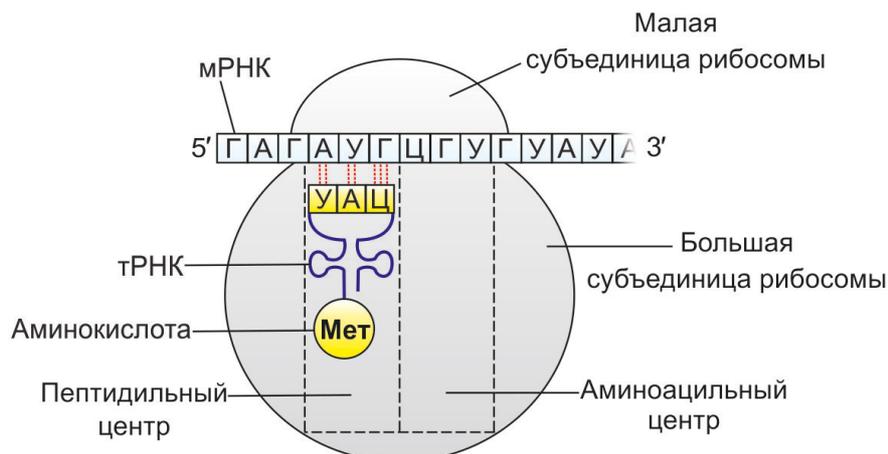
Например, тРНК, имеющая антикодон 3'УАЦ5', может связаться по принципу комплементарности только с триплетом мРНК 5'АУГ3'. Поскольку этот триплет кодирует метионин (Мет), данная тРНК служит для транспорта именно этой аминокислоты

Синтез белков у прокариот и эукариот осуществляется сходным образом, **основными этапами трансляции являются инициация, элонгация и терминация.**

Рассмотрим эти этапы на примере синтеза белка в эукариотической клетке.

## Инициация

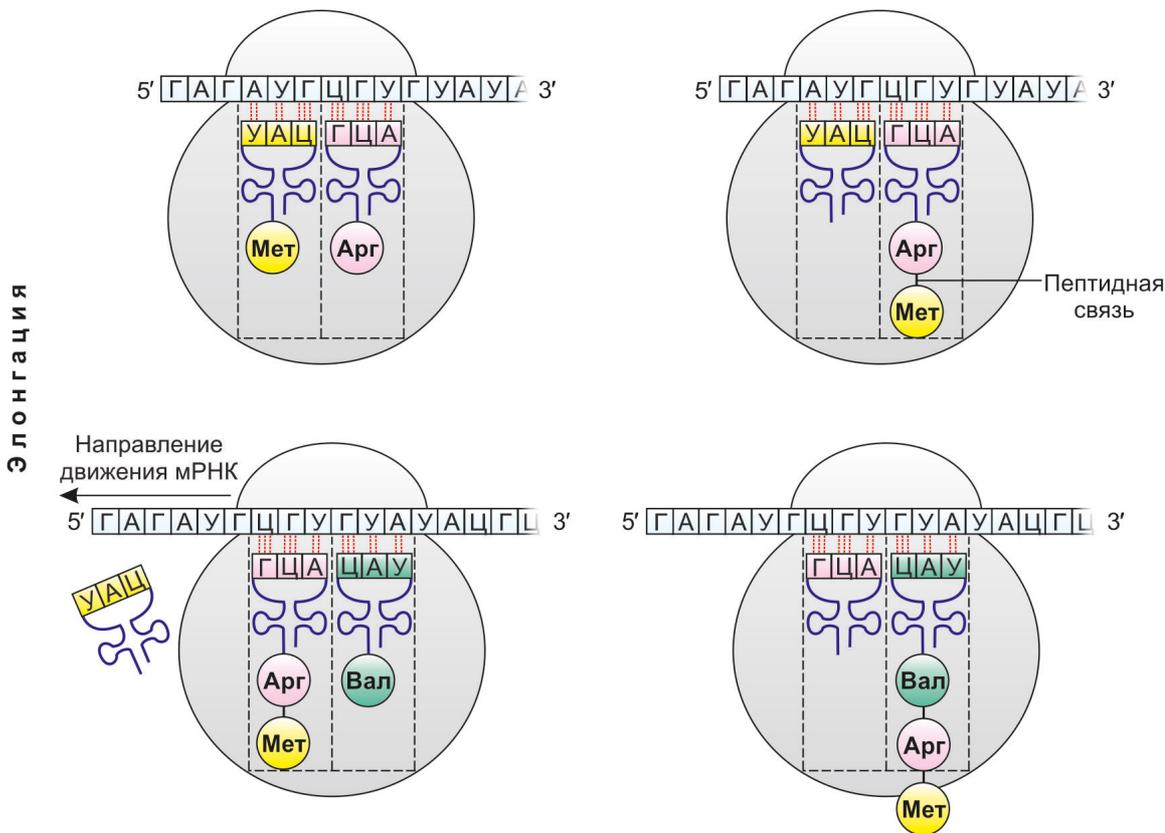
- Малая и большая субъединицы рибосом присоединяются к иРНК
- Узнавание старт-кодона 5'-АУГ-3'
- тРНК с метионином попадает в пептидный участок рибосомы



Инициация

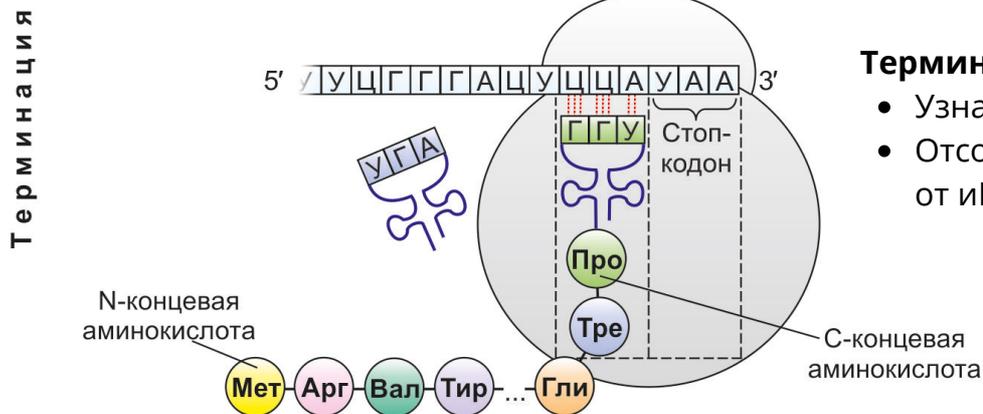
## Элонгация

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

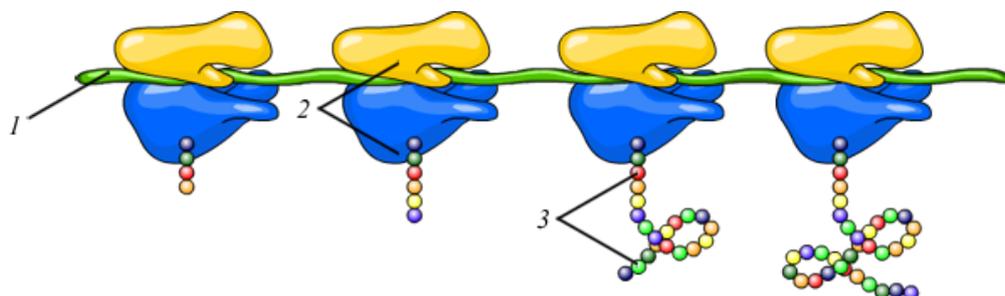


## Терминация

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



По мере продвижения мРНК через рибосому с ее освободившимся 5'-концом может связываться следующая рибосома. Благодаря этому на одной молекуле мРНК могут одновременно находиться несколько рибосом, синтезирующих с небольшой разбежкой во времени идентичные молекулы белка. Такие комплексы рибосом, связанные одной молекулой мРНК, называются **полисомами**



## Полисома

- 1- мРНК
- 2- рибосома
- 3- белковая цепь