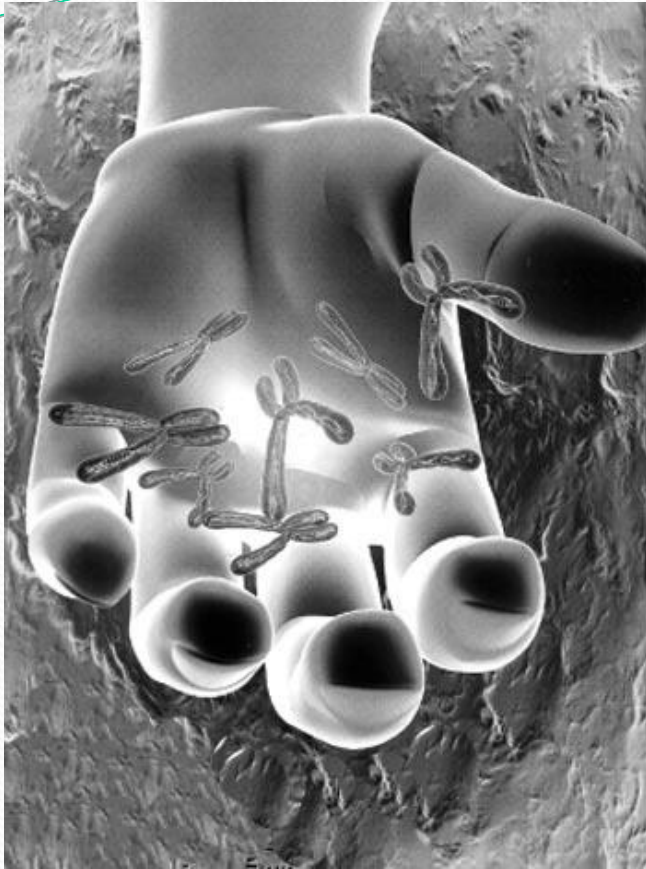


Молекулы ДНК и РНК

- 1. Характеристика ДНК, репликация.*
- 2. Код ДНК.*
- 3. Характеристика РНК*
- 4. Транскрипция*
- 5. Трансляция*



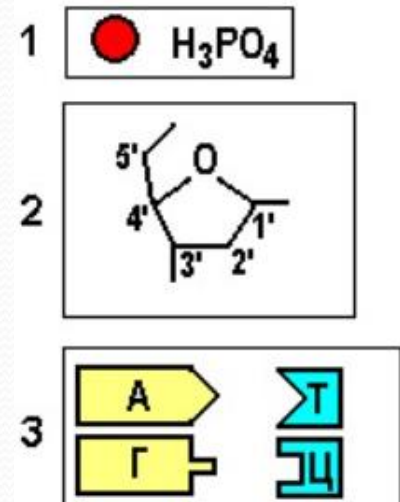
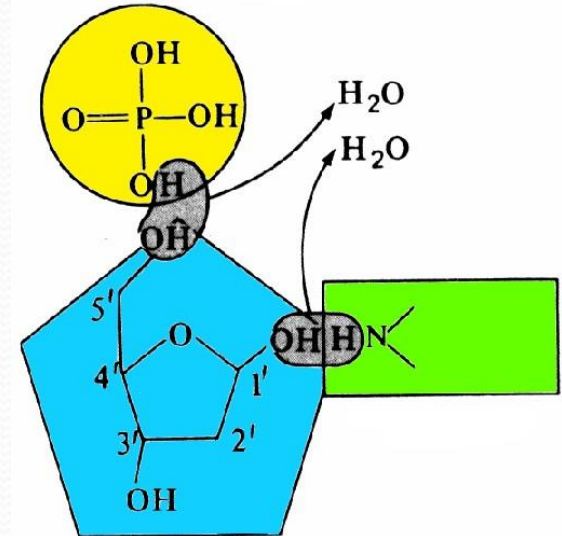
Элементарные единицы наследственности — гены — представляют собой участки ДНК хромосом.

Характеристика ДНК

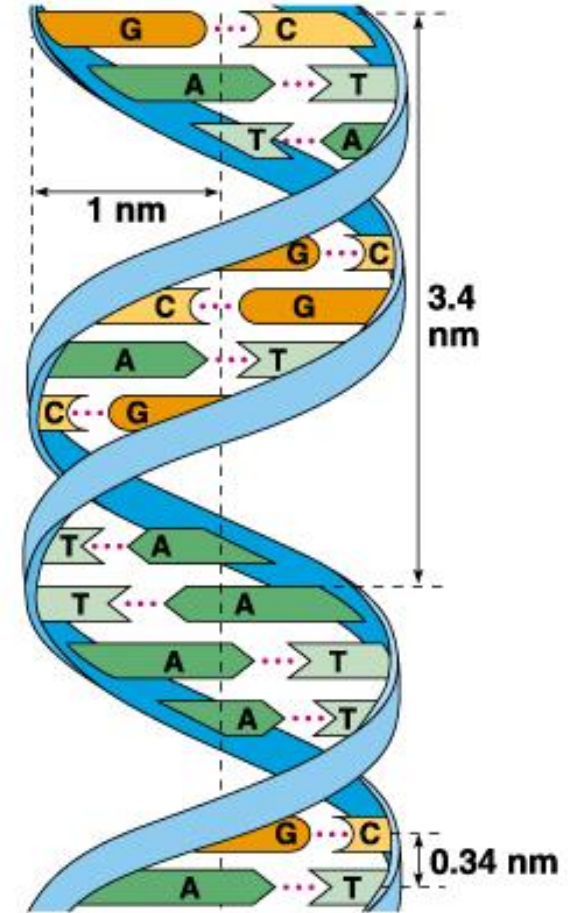
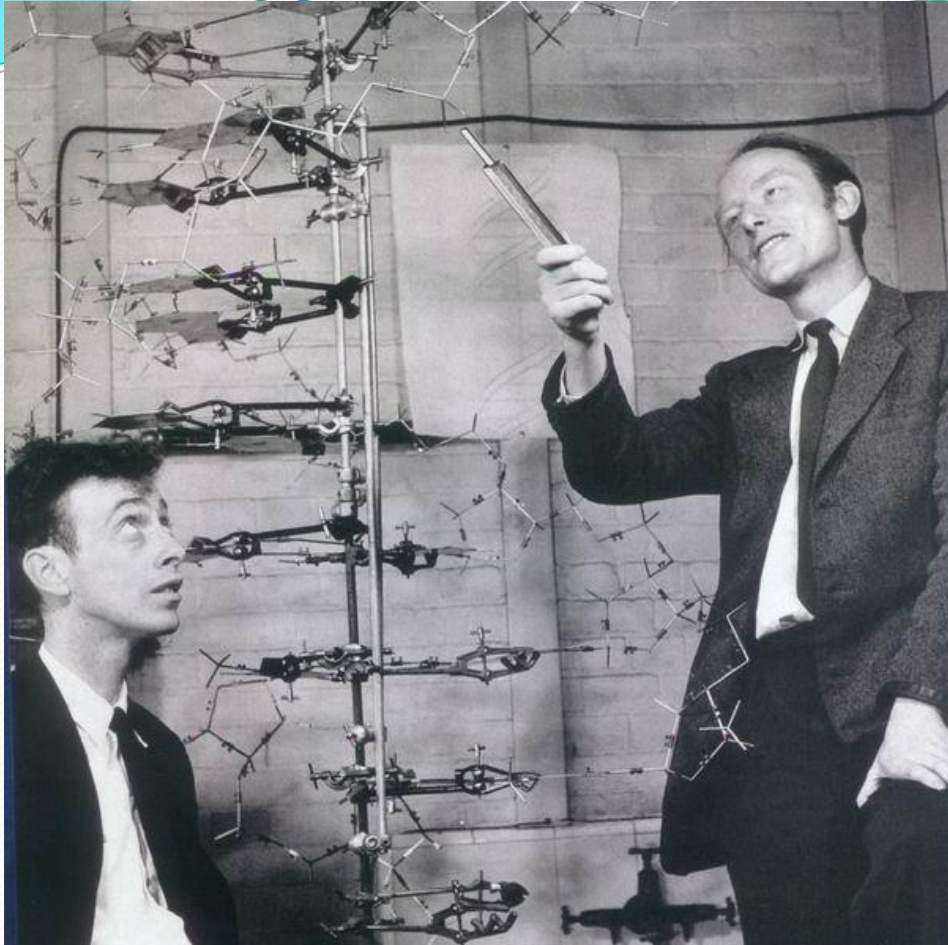
Молекулы ДНК являются *полимерами*, мономерами которых являются *дезоксирибонуклеотиды*, образованные остатками:

1. Фосфорной кислоты;
2. Дезоксирибозы;
3. Азотистого основания (пуринового — аденина, гуанина или пиримидинового — тимина, цитозина).

Трехмерная модель пространственного строения молекулы ДНК в виде двойной спирали была предложена в 1953 г. американским биологом *Дж. Уотсоном* и английским физиком *Ф. Криком*. За свои исследования они были удостоены Нобелевской премии.

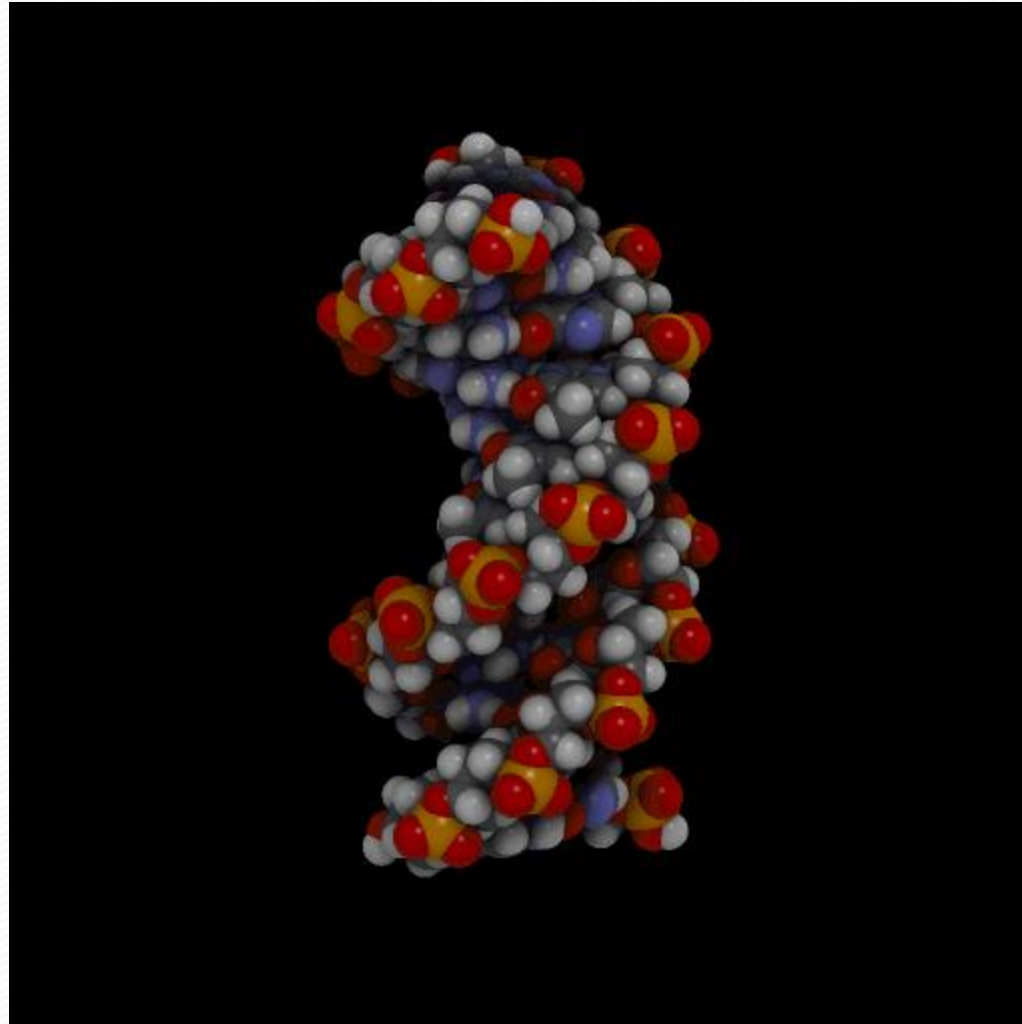


Характеристика ДНК



Практически [Дж. Уотсон](#) и [Ф. Крик](#) раскрыли химическую структуру гена. ДНК обеспечивает хранение, реализацию и передачу наследственной информации.

Характеристика ДНК



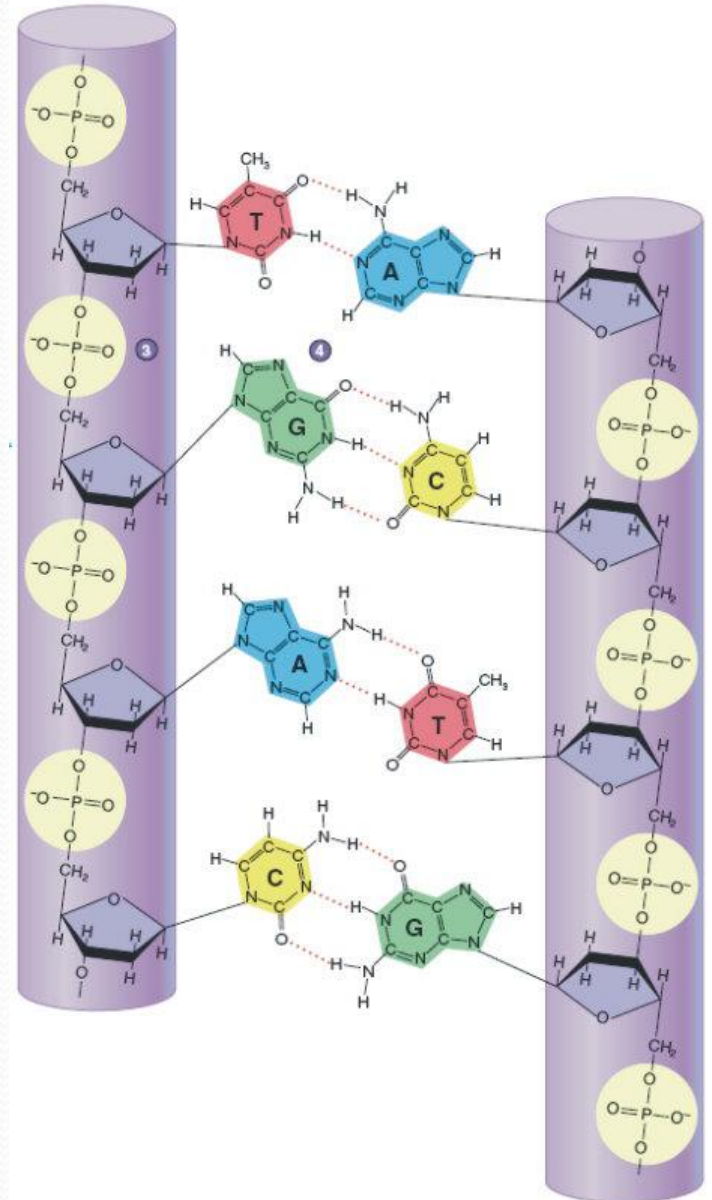
Характеристика ДНК

Э.Чаргафф, обследовав огромное количество образцов тканей и органов различных организмов, выявил следующую закономерность:

в любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина — тимину.

Это положение получило название "правила Чаргаффа":

$$A = T; G = Ц \quad \text{или} \quad \frac{A + G}{Ц + T} = 1$$



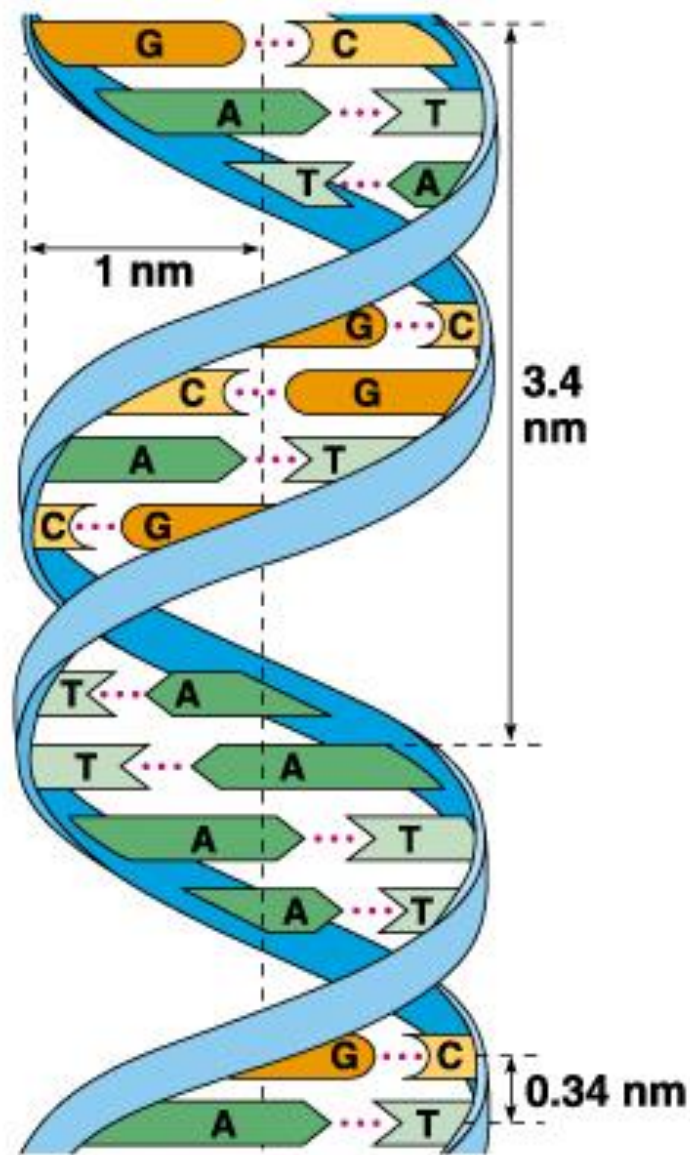
Характеристика ДНК

Дж. Уотсон и Ф. Крик воспользовались этим правилом при построении модели молекулы ДНК.

ДНК представляет собой двойную спираль. Ее молекула образована двумя полинуклеотидными цепями, спирально закрученными друг около друга, и вместе вокруг воображаемой оси.

Диаметр двойной спирали ДНК — 2 нм, шаг общей спирали, на который приходится 10 пар нуклеотидов — 3,4 нм. Длина молекулы — до нескольких сантиметров.

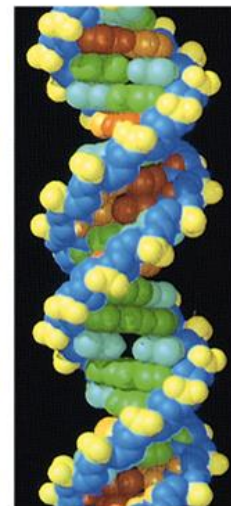
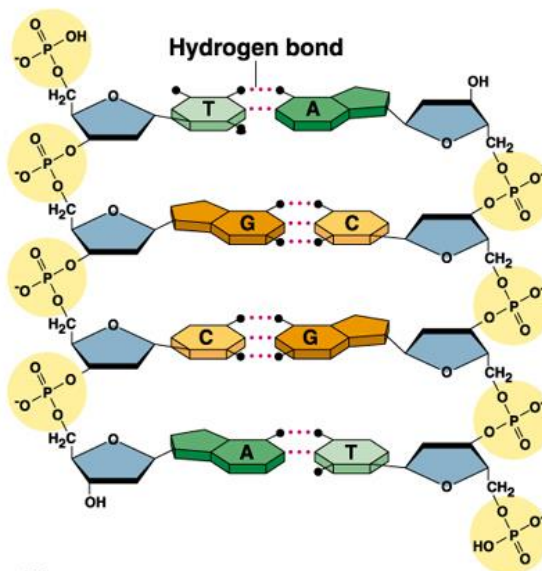
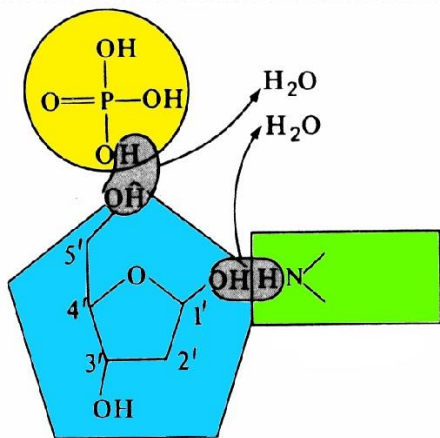
Молекулярная масса составляет десятки и сотни миллионов. В ядре соматической клетки человека общая длина ДНК около 2 м.



Характеристика ДНК

Мономер нуклеиновых кислот – нуклеотид. Молекула нуклеотида состоит из остатков трех частей: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и фосфорной кислоты.

Азотистые основания имеют циклическую структуру, в состав которой наряду с атомами углерода входят атомы других элементов, в частности азота. За присутствие в этих соединениях атомов азота они и получили название азотистых, а поскольку они обладают щелочными свойствами — оснований. Азотистые основания нуклеиновых кислот относятся к классам *пиримидинов* и *пуринов*.



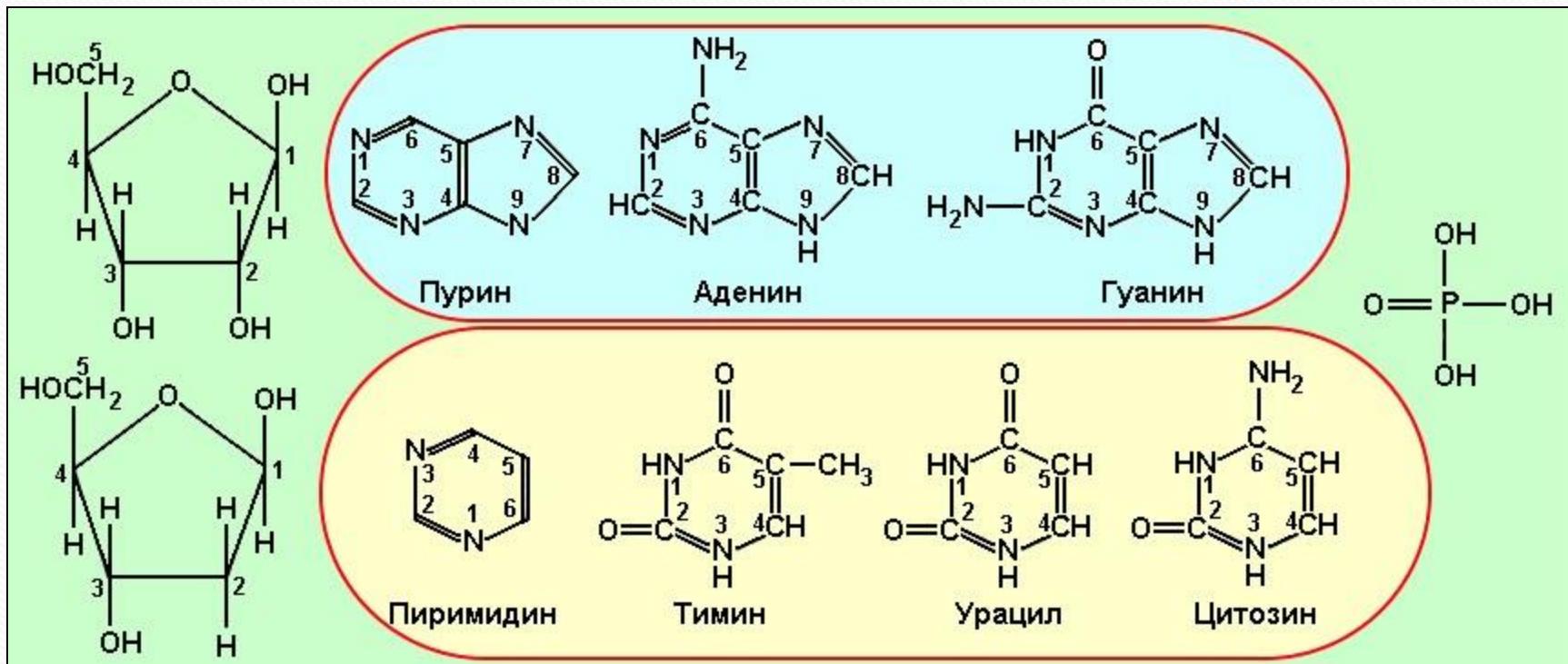
(b)

(c)

Характеристика ДНК

Пиримидиновые основания являются производными пиримидина, имеющего в составе своей молекулы одно кольцо. К наиболее распространенным пиримидиновым основаниям относятся *тимин*, *цитозин*.

Пуриновые основания являются производными пурина, имеющего два кольца. К пуриновым основаниям относятся *аденин* и *гуанин*.



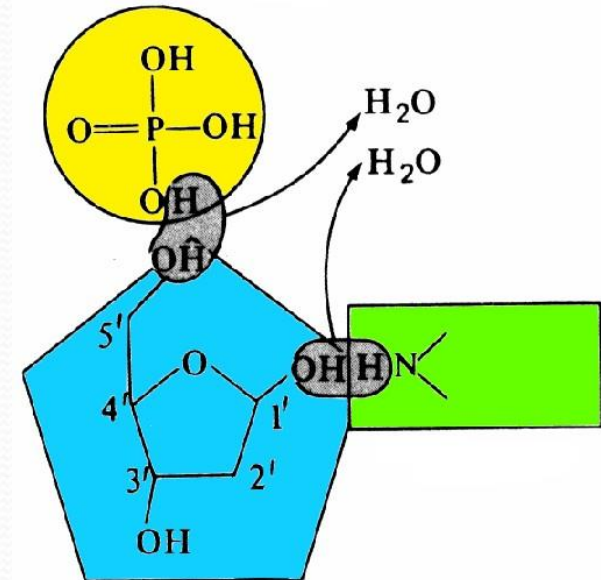
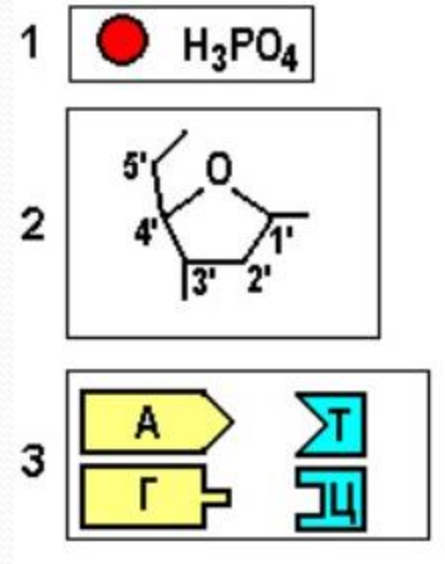
Характеристика ДНК

В результате реакции конденсации азотистого основания и дезоксирибозы образуется нуклеозид.

При реакции конденсации между нуклеозидом и фосфорной кислотой образуется нуклеотид.

Названия нуклеотидов отличаются от названий соответствующих оснований. И те, и другие принято обозначать заглавными буквами (А,Т,Г,Ц):

Аденин – адениловый; гуанин – гуаниловый; цитозин – цитидиловый; тимин – тимидиловый нуклеотиды.

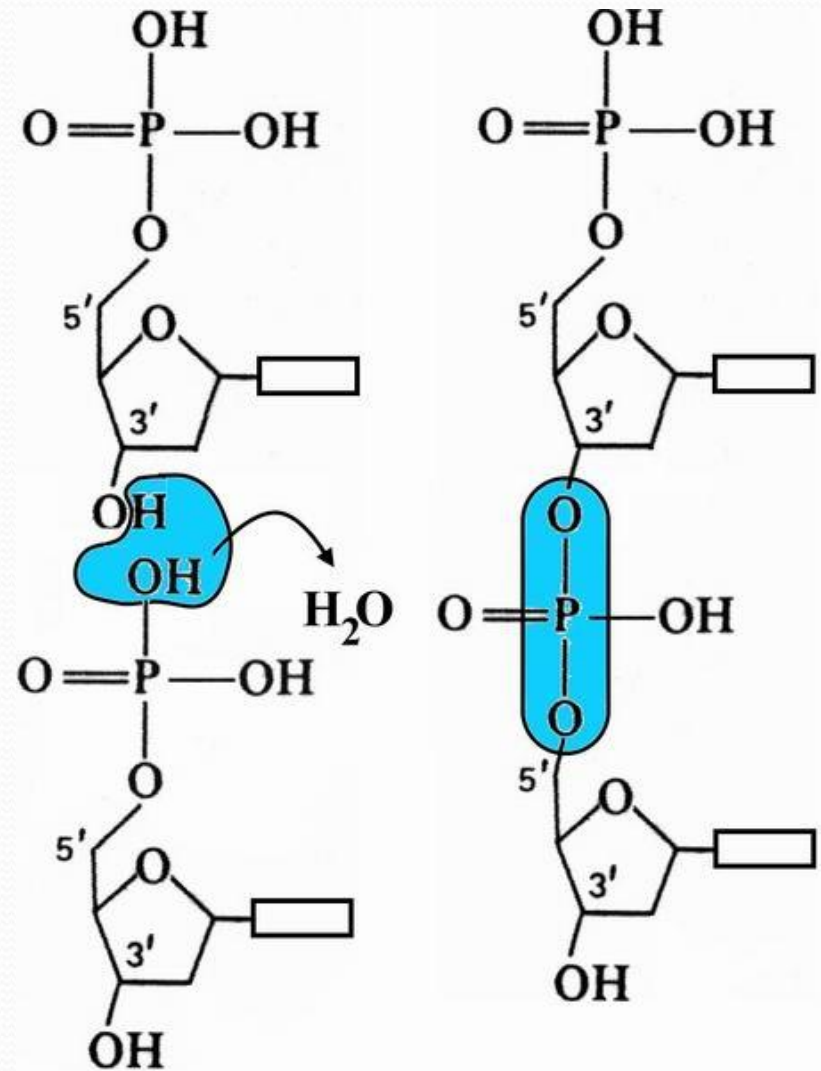


Характеристика ДНК

Одна цепь нуклеотидов образуется в результате **реакций конденсации нуклеотидов**.

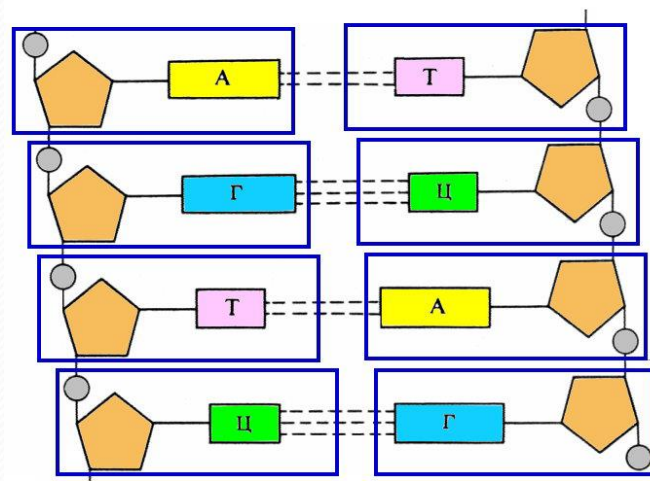
При этом между 3'-углеродом остатка сахара одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого возникает **фосфодиэфирная связь**.

В результате образуются неразветвленные полинуклеотидные цепи. **Один конец полинуклеотидной цепи заканчивается 5'-углеродом (его называют 5'-концом), другой – 3'-углеродом (3'-концом)**.



Характеристика ДНК

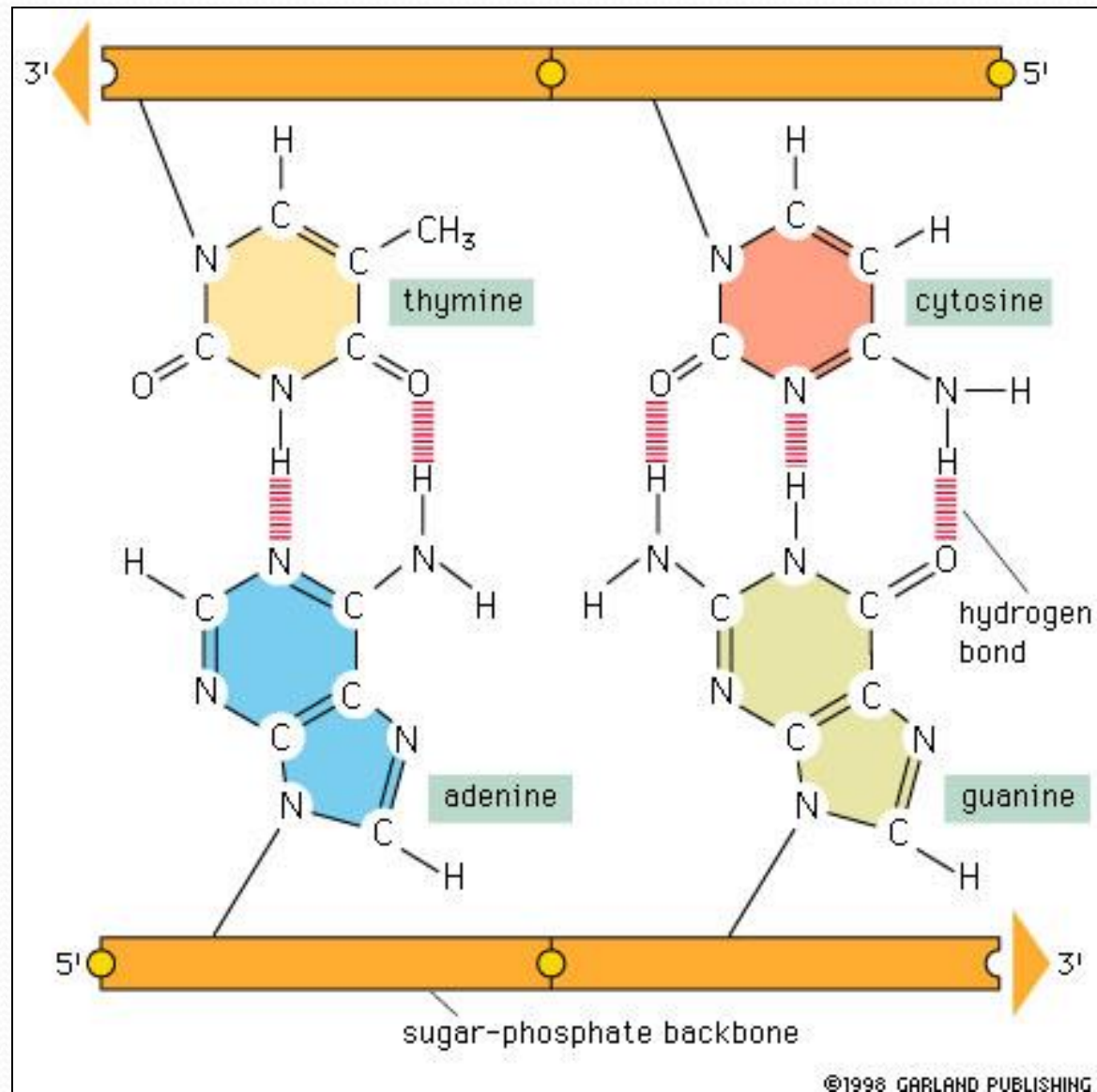
Против одной цепи нуклеотидов располагается вторая цепь. Полинуклеотидные цепи в молекуле ДНК удерживаются друг около друга благодаря возникновению **водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов**, располагающихся друг против друга.



В основе лежит принцип **комплементарного** взаимодействия пар оснований: против **аденина - тимин** на другой цепи, а против **гуанина - цитозин** на другой, то есть **аденин комплементарен тимину** и между ними **две водородные связи**, а **гуанин — цитозину** (три водородные связи).

Комплементарность называют способность нуклеотидов к избирательному соединению друг с другом.

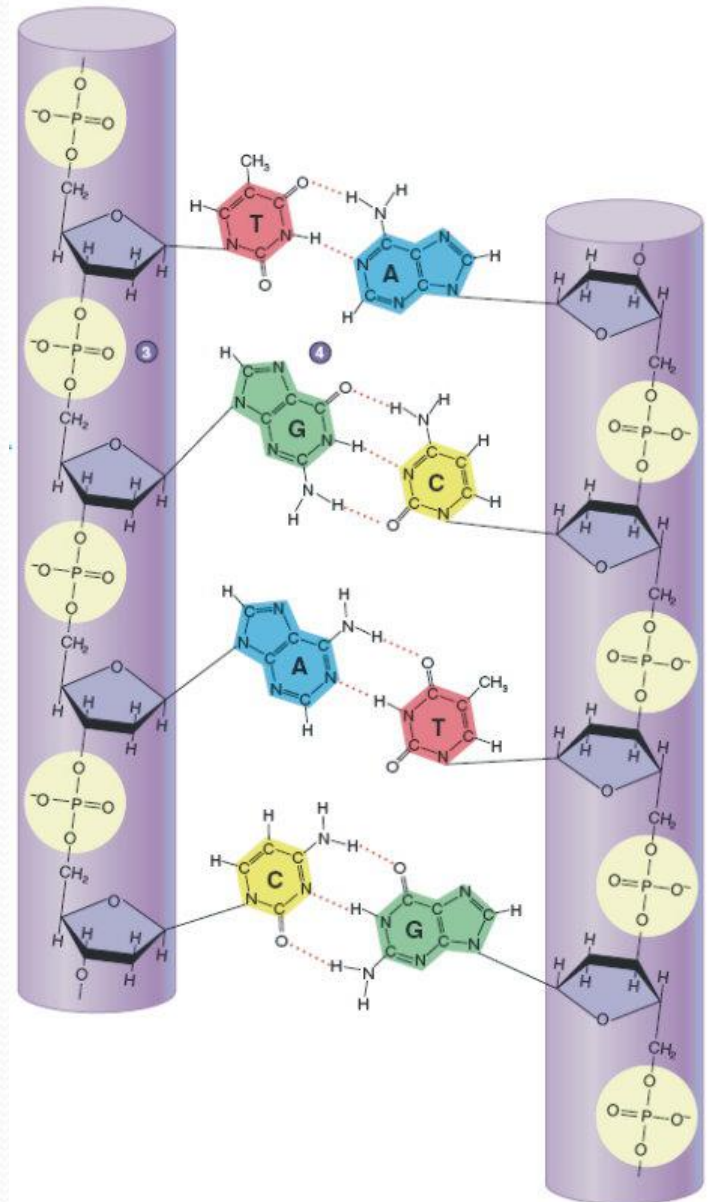
Характеристика ДНК



Характеристика ДНК

Цепи ДНК **антипараллельны** (разнонаправлены), то есть против 3'-конца одной цепи находится 5'-конец другой.

На периферию молекулы обращен сахаро-фосфатный остов. Внутри молекулы обращены азотистые основания.



Подведем итоги:

Нуклеиновые кислоты – биополимеры. Мономеры:

Нуклеотиды, дезоксирибонуклеотиды в ДНК, рибонуклеотиды в РНК.

Что представляет собой нуклеотид?

Нуклеотид состоит из остатков трех веществ: фосфорной кислоты, сахара – дезоксирибозы или рибозы и азотистого основания.

Какие азотистые основания входят в состав нуклеотидов ДНК?

Пуриновые – аденин и гуанин, пиримидиновые – тимин и цитозин.

Как нуклеотиды одной цепи соединены друг с другом?

Через остаток фосфорной кислоты одного нуклеотида и 3'-атом дезоксирибозы другого.

Как полинуклеотидные цепи соединены в молекуле ДНК?

Комплементарно (против А – Т, против Г – Ц) и антипараллельно (против 3' атома углерода одной цепи 5'-атом углерода другой).

Какова длина отрезка молекулы ДНК, состоящей из 100 пар нуклеотидов?

Длина 10 пар (одного витка) равна 3,4 нм, значит 100 пар – 34 нм.

Какой отрезок ДНК будет при нагревании денатурировать быстрее:

AAAATTTTТТТТ или ГГГГЦЦЦЦГГ
ТТТТАААААА ЦЦЦЦГГГГЦЦ?

Первый, так как удерживается 20 водородными связями а второй – 30 водородными связями.

Подведем итоги:

Когда и кем была определена структура молекулы ДНК?

В 1953 г. американским биологом Дж. Уотсоном и английским физиком Ф. Криком.

Сформулируйте правила Э. Чаргаффа:

В любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина — тимину.

Каков диаметр молекулы ДНК?

Диаметр двойной спирали ДНК — 2 нм.

Сколько пар нуклеотидов в одном витке спирали и какова длина одного витка спирали ДНК?

Шаг общей спирали, на который приходится 10 пар нуклеотидов — 3,4 нм.

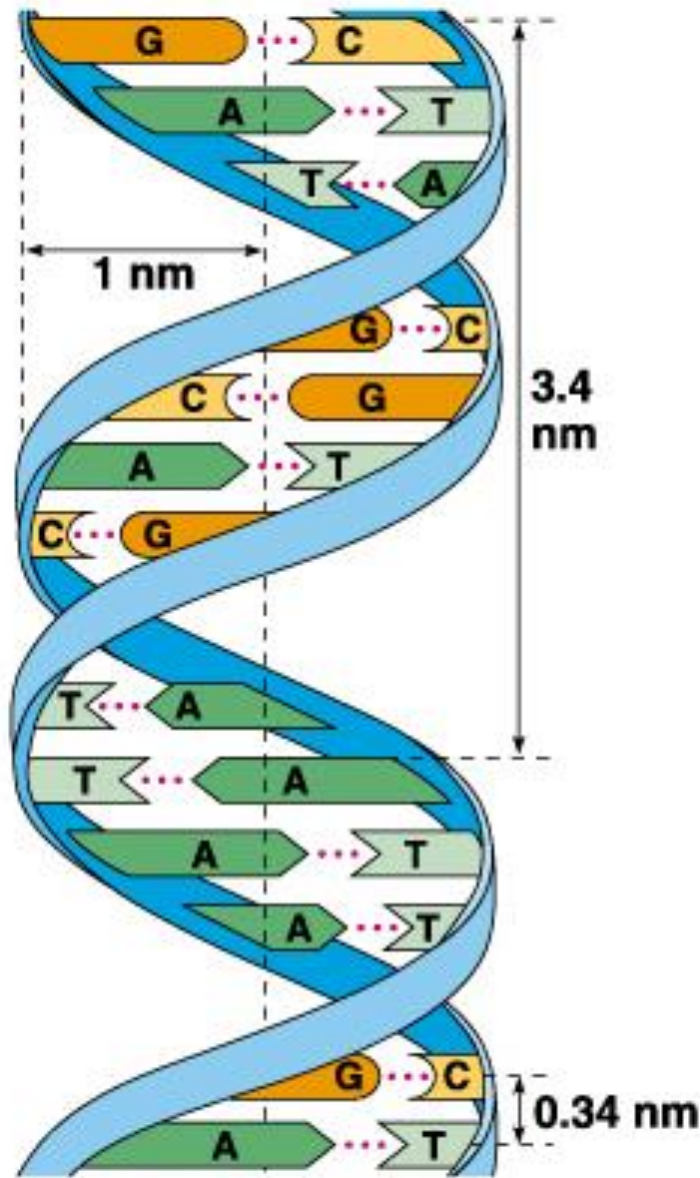
Какова длина одной молекулы ДНК и 46 молекул, находящихся в ядре клетки человека?

Длина молекулы — до нескольких сантиметров. В ядре клетки человека общая длина 46 молекул ДНК около 1 м.

Какие функции выполняют молекулы ДНК?

Отвечают за хранение, реализацию и передачу генетической информации дочерним клеткам.

Репликация ДНК

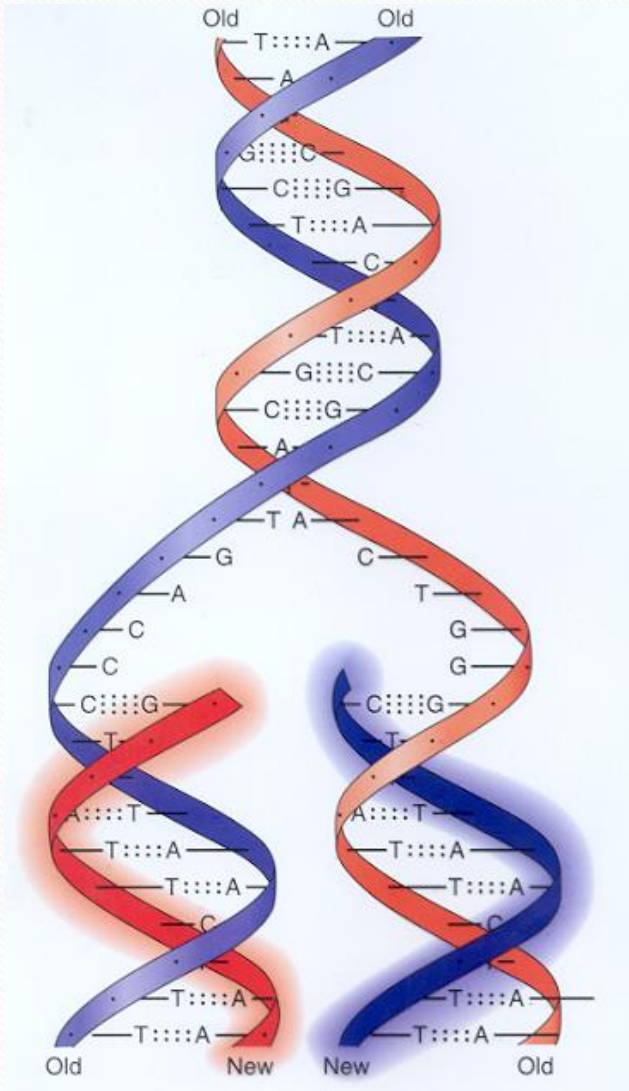


Одним из уникальных свойств молекулы ДНК является ее способность к самоудвоению — воспроизведению точных копий исходной молекулы.

Благодаря этой способности молекулы ДНК, осуществляется передача наследственной информации от материнской клетки дочерним во время деления. Процесс самоудвоения молекулы ДНК называют *репликацией*.

Репликация — сложный процесс, идущий с участием ферментов (ДНК-полимераз и многих других).

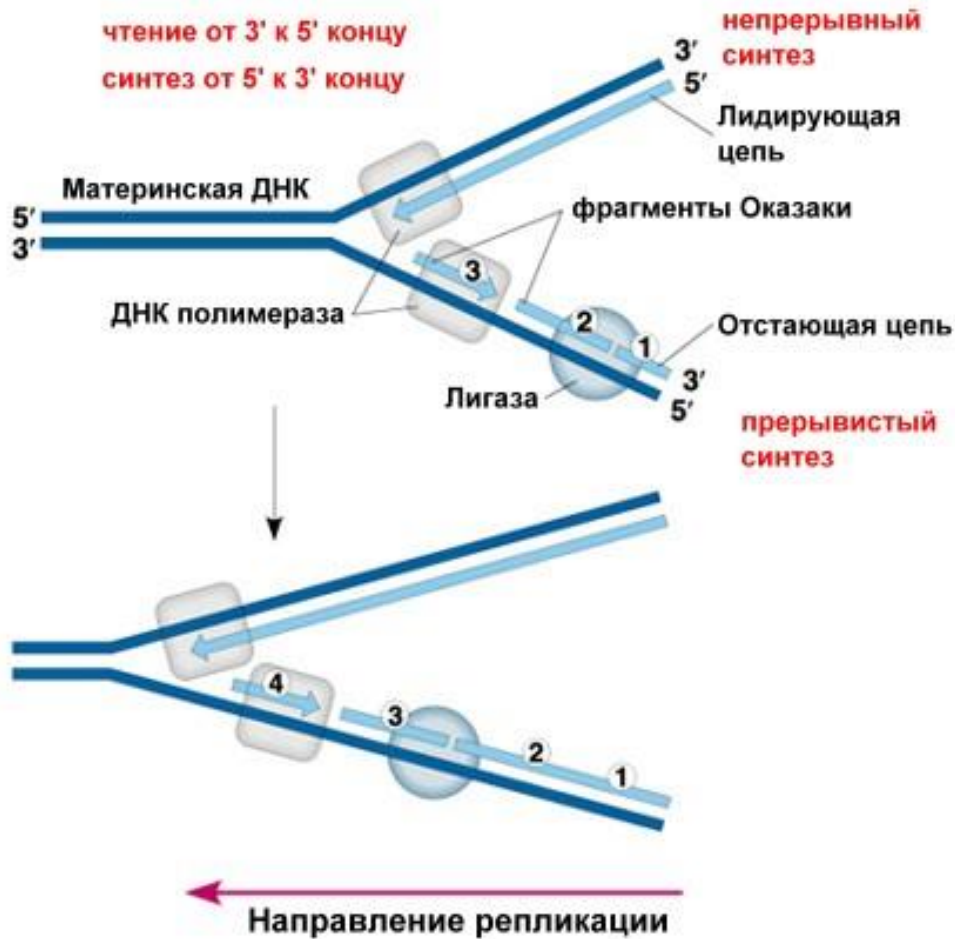
Репликация ДНК



Репликация осуществляется *полуконсервативным способом*, то есть под действием ферментов молекула ДНК раскручивается и около каждой цепи, *выступающей в роли матрицы*, по принципу комплементарности достраивается новая цепь.

Таким образом, в каждой дочерней ДНК одна цепь является неизменной, материнской, а вторая — вновь синтезированной. Раскручивание молекулы происходит на небольшом отрезке (несколько десятков нуклеотидов), называемом *репликативной вилкой*.

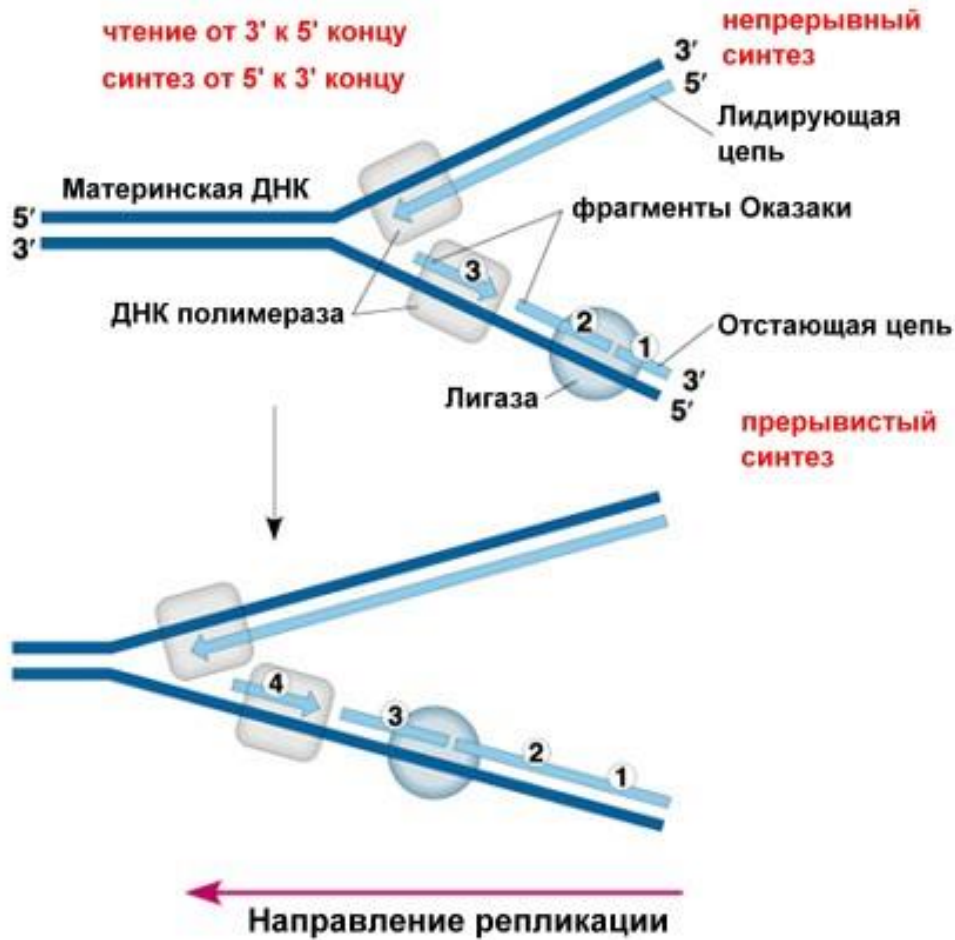
Репликация ДНК



В материнской ДНК цепи антипараллельны. ДНК-полимеразы способны двигаться в одном направлении — от 3'-конца к 5'-концу, *стро́я дочернюю цепь антипараллельно — от 5' к 3'-концу.*

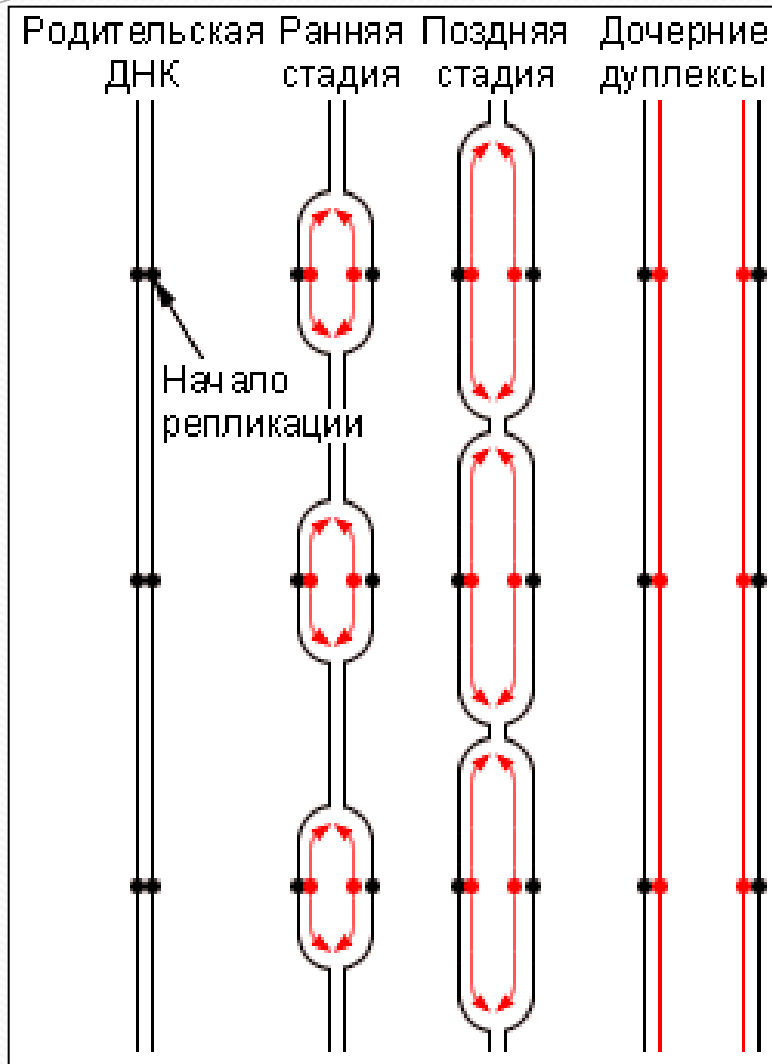
Одна ДНК-полимераза передвигается в направлении 3'→5' по одной цепи ДНК непрерывно, синтезируя *лидирующую цепь.*

Репликация ДНК



Другая ДНК-полимераза движется по другой цепи в обратную сторону (тоже в направлении $3' \rightarrow 5'$), синтезируя вторую дочернюю цепь *фрагментами, которые получили название фрагменты Оказаки*, которые после завершения репликации сшиваются в единую цепь. Эта цепь называется *отстающей*. Сшивают фрагменты Оказаки ферменты *лигазы*.

Репликация ДНК



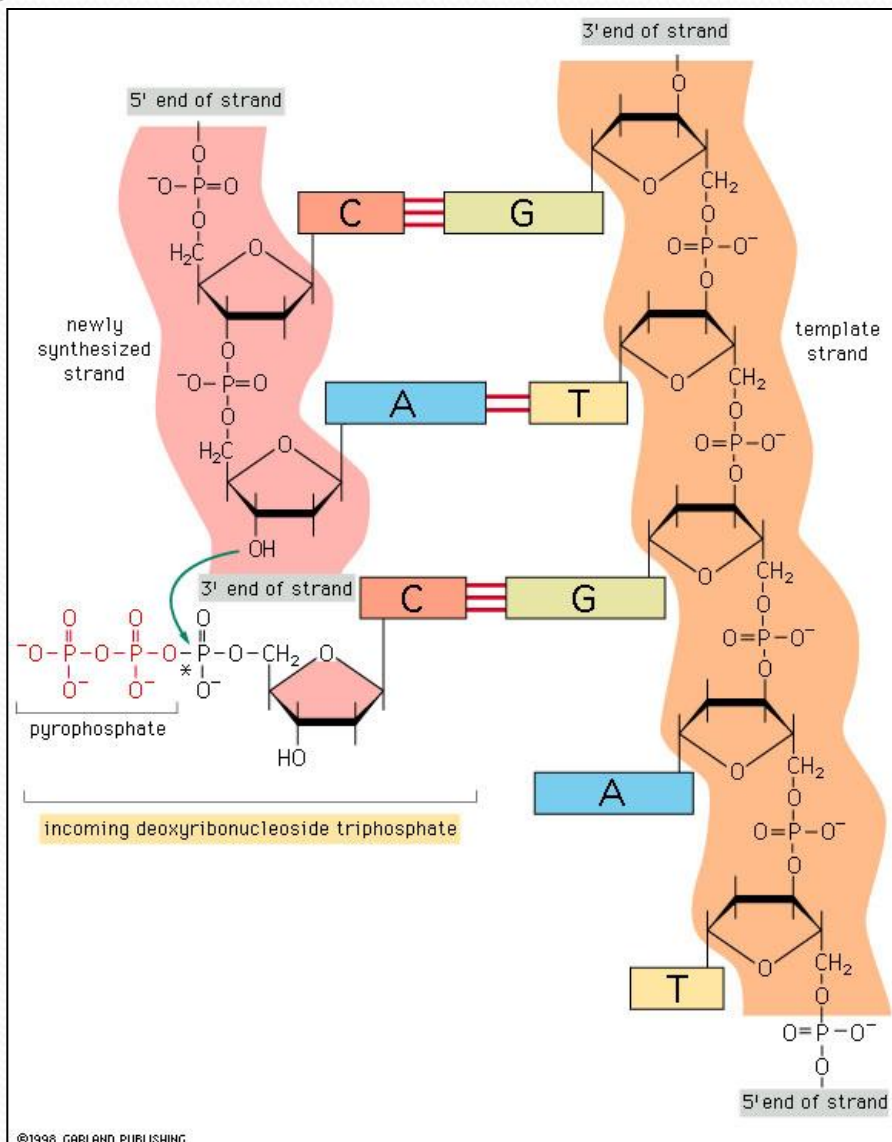
Эукариотические хромосомы содержат большое число репликонов.

Репликационная вилка начинается с образования особой структуры – репликационного глаза.

Участок, в котором образуется репликационный глаз, называют точкой начала репликации (около 300 нуклеотидов).

Репликация идет в обоих направлениях, полная репликация генома млекопитающих заканчивается за 9 часов.

Репликация ДНК



Субстратами, из которых синтезируются новые цепи ДНК, являются **дезоксинуклеозидтрифосфаты (дНТФ)**, а не дезоксинуклеозидмонофосфаты (дНМФ), входящие в состав ДНК.

Поэтому в ходе включения в цепь ДНК от каждого нуклеотида отщепляются 2 фосфатных остатка. Использование именно дНТФ, а не дНМФ, объясняется энергетическими причинами: образование межнуклеотидной связи требует энергии; источником ее и служит разрыв межфосфатной связи.

Подведем итоги:

Почему говорят, что удвоение ДНК происходит полуконсервативным способом?

После репликации в каждой дочерней ДНК одна цепь нуклеотидов остается неизменной, а вторая – вновь синтезируемая.

В каком направлении движется фермент ДНК-полимераза, в каком направлении происходит рост новой цепи нуклеотидов?

ДНК-полимераза может двигаться только в направлении от 3'-к 5'-концу, а рост новой цепи происходит антипараллельно, от 5'-к 3'-концу.

Что такое фрагменты Оказаки?

По отстающей цепи синтез новой цепи идет фрагментами, эти фрагменты и называются фрагментами Оказаки.

За счет какой энергии происходит образование химических связей в новой цепи нуклеотидов ДНК?

За счет энергии дезоксирибонуклеозидтрифосфатов.

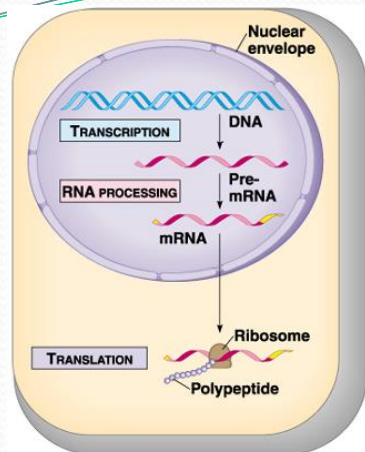
Какая цепь нуклеотидов называется лидирующей?

Та, которая синтезируется непрерывно.

Что такое лигазы?

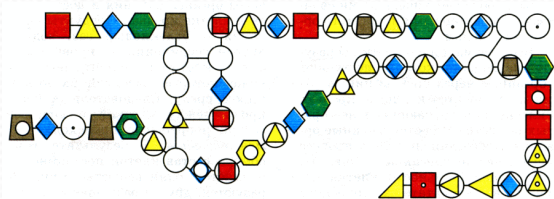
Ферменты, которые сшивают фрагменты Оказаки.

Код ДНК. Свойства кода



В каждой клетке синтезируется несколько тысяч различных белковых молекул. Белки недолговечны, время их существования ограничено, после чего они разрушаются. Так, например, за сутки в организме человека распадается около 400 г различных белков, следовательно, такую же массу нужно синтезировать снова.

Информация о последовательности аминокислот в белковой молекуле закодирована в виде последовательности нуклеотидов в ДНК.



В геноме человека около 30 000 генов, которые находятся в 23 хромосомах. Одна хромосома содержит несколько тысяч генов, которые располагаются в линейном порядке в определенных участках хромосомы – **локусах**.

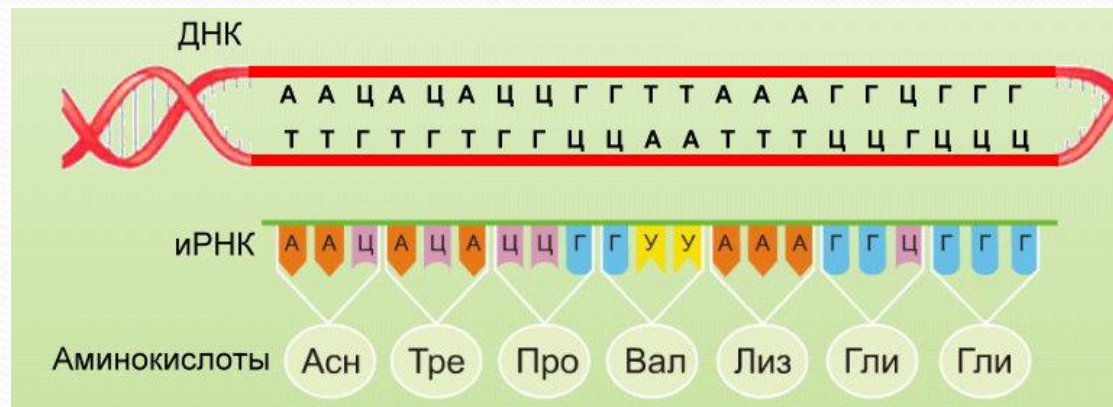
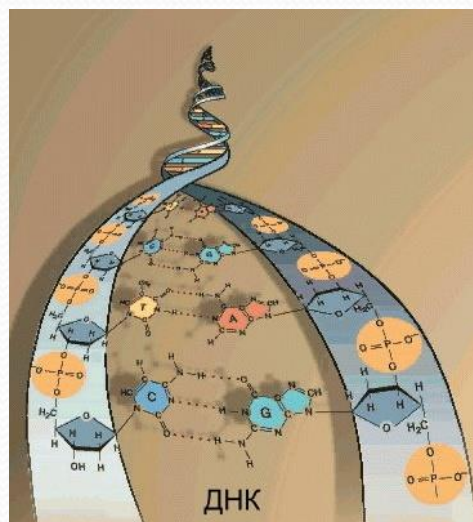
Ген — совокупность сегментов ДНК, которые вместе составляют экспрессируемую единицу, обуславливающую образование специфического функционального продукта – либо молекулы РНК, либо полипептида.

Код ДНК. Свойства кода

Гены, кодирующие белки, кодируют **первичную структуру**, т. е. последовательность аминокислот в молекуле белка. Наследственная информация о первичной структуре белка заключена в последовательности нуклеотидов в молекулах двуцепочечной ДНК.

Как же последовательность нуклеотидов может кодировать последовательность аминокислот? Все многообразие белков образовано из 20 различных аминокислот, а нуклеотидов в составе ДНК — 4 вида.

Если предположить, что один нуклеотид кодирует одну аминокислоту, то 4 нуклеотидами можно закодировать 4 аминокислоты.

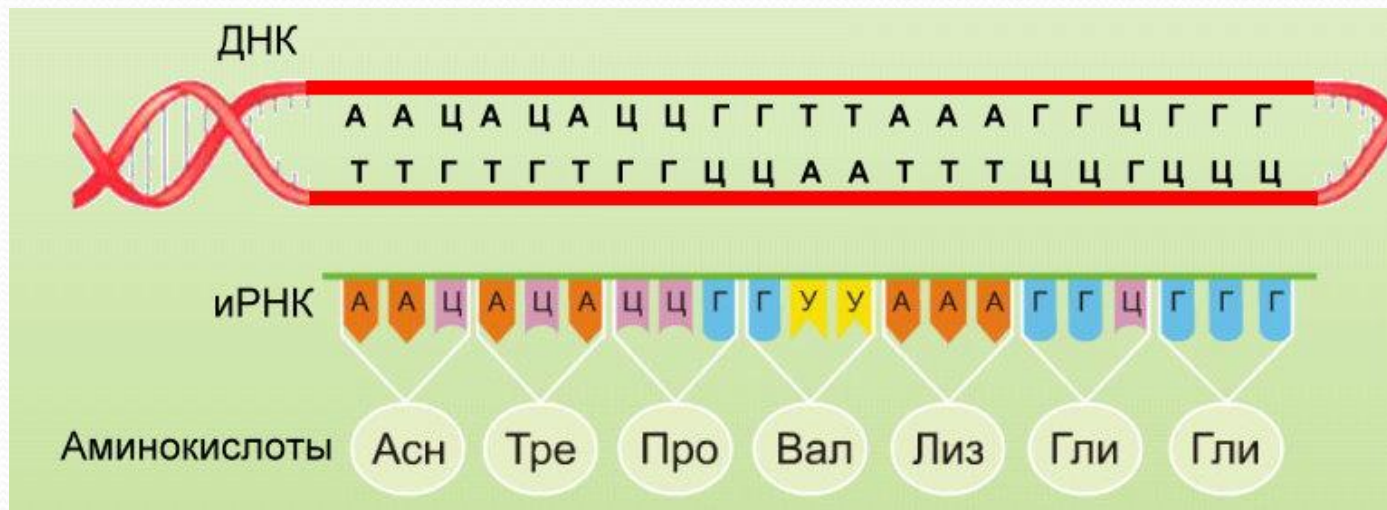


Код ДНК. Свойства кода

Если 2 нуклеотида кодируют одну аминокислоту, то количество кодируемых кислот возрастает до $4^2 = 16$. Значит, код ДНК должен быть триплетным. Было доказано, что именно три нуклеотида кодируют одну аминокислоту, в этом случае можно будет закодировать $4^3 = 64$ аминокислоты. А так как аминокислот всего 20, то некоторые аминокислоты должны кодироваться несколькими триплетами.

Первое свойство кода. Каждой аминокислоте белка соответствует последовательность из **трех расположенных друг за другом нуклеотидов ДНК — триплет**, или **кодон**.

Число сочетаний из 4 по 3 составляет $4^3 = 64$, т. е. ДНК может кодировать 64 аминокислоты. Однако всего кодируется только 20 аминокислот.



Код ДНК. Свойства кода

Второе свойство кода – избыточность, или вырожденность. Оказалось, что многим аминокислотам соответствует не один, а несколько кодонов. Предполагается, что такое свойство генетического кода повышает надежность хранения и передачи генетической информации при делении клеток. Например, аминокислоте аланину соответствуют 4 кодона — ЦГА, ЦГГ, ЦГТ и ЦГЦ.

		Второй нуклеотид				
		У	Ц	А	Г	
Первый нуклеотид	У	УУУ } Фенил-аланин УУЦ } УУА } Лейцин УУГ }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин УАЦ } УАА } Стоп-кодон УАГ } Стоп-кодон	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } Стоп-кодон УГГ } Триптофан	У Ц А Г
	Ц	ЦУУ } ЦУЦ } Лейцин ЦУА } ЦУГ }	ЦЦУ } ЦЦЦ } Пролин ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гистидин ЦАЦ } ЦАА } Глутамин ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } Аргинин ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
	А	АУУ } АУЦ } Изолейцин АУА } АУГ } Метионин старт-кодон	АЦУ } АЦЦ } Треонин АЦА } АЦГ }	ААУ } Аспарагин ААЦ } ААА } Лизин ААГ }	АГУ } Серин АГЦ } АГА } Аргинин АГГ }	У Ц А Г
	Г	ГУУ } ГУЦ } Валин ГУА } ГУГ }	ГЦУ } ГЦЦ } Аланин ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспарагиновая кислота ГАЦ } ГАА } Глутаминовая кислота ГАГ }	ГГУ } ГГЦ } Глицин ГГА } ГГГ }	У Ц А Г

Код ДНК. Свойства кода

Третье свойство кода – специфичность или однозначность.

Специфичность проявляется в том, что один триплет всегда кодирует только одну аминокислоту.

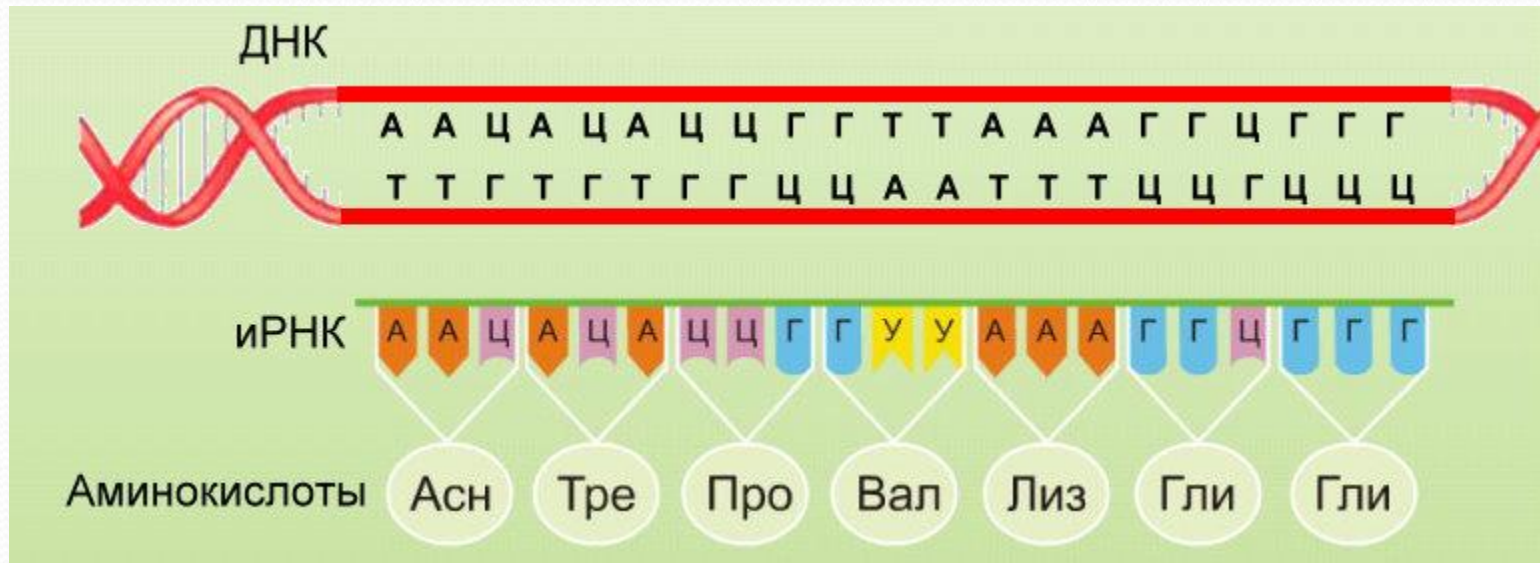
Четвертое свойство кода – универсальность.

Генетический код универсален для всех живых организмов от бактерии до человека.

		Второй нуклеотид				
		У	Ц	А	Г	
Первый нуклеотид	У	УУУ } Фенил-аланин	УЦУ } Серин УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } Стоп-кодон УГГ } Триптофан	У Ц А Г
		УУЦ } Лейцин		УАЦ } Стоп-кодон		
		УУА } Лейцин		УАА } Стоп-кодон		
		УУГ } Лейцин		УАГ } Стоп-кодон		
Ц	Ц	ЦУУ } Лейцин	ЦЦУ } Пролин ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гистидин	ЦГУ } Аргинин ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
		ЦУЦ } Лейцин		ЦАЦ } Гистидин		
		ЦУА } Лейцин		ЦАА } Глутамин		
		ЦУГ } Лейцин		ЦАГ } Глутамин		
А	А	АУУ } Изолейцин	АЦУ } Треонин АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ } Аспарагин	АГУ } Серин АГЦ } АГА } Аргинин АГГ }	У Ц А Г
		АУЦ } Изолейцин		ААЦ } Аспарагин		
		АУА } Метионин старт-кодон		ААА } Лизин		
		АУГ } Метионин старт-кодон		ААГ } Лизин		
Г	Г	ГУУ } Валин	ГЦУ } Аланин ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспарагиновая кислота	ГГУ } Глицин ГГЦ } ГГА } ГГГ }	У Ц А Г
		ГУЦ } Валин		ГАЦ } Аспарагиновая кислота		
		ГУА } Валин		ГАА } Глутаминовая кислота		
		ГУГ } Валин		ГАГ } Глутаминовая кислота		

Код ДНК. Свойства кода

Пятое свойство кода – неперекрываемость. Генетический код **неперекрываем** – рамка считывания – три нуклеотида, один нуклеотид не может быть в составе двух кодонов одновременно.



Код ДНК. Свойства кода

Шестое свойство кода – наличие старт-кодона и стоп-кодонов.

Первый кодон, с которого начинается синтез полипептида, **старт-кодон – АУГ**, первая аминокислота в белке – **метионин**. Заканчивает считывание информации с иРНК один из трех кодонов, которые не кодируют аминокислоты, **кодоны-терминаторы, стоп-кодоны – УАА, УАГ или УГА**.

		Второй нуклеотид										
		У	Ц	А	Г							
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ } УАЦ } УАА } УАГ }	УГУ } УГЦ } УГА } УГГ }	У } Ц } А } Г }						
		УУЦ					Фенил-аланин	Тирозин	Цистеин			
		УУА								Лейцин	Стоп-кодон	Стоп-кодон
		УУГ									Стоп-кодон	Триптофан
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } ЦАЦ } ЦАА } ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } ЦГА } ЦГГ }	У } Ц } А } Г }							
	ЦУЦ					Лейцин	Гистидин	Аргинин				
	ЦУА								Пролин	Глутамин		
	ЦУГ										Глутамин	
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ } ААЦ } ААА } ААГ }	АГУ } АГЦ } АГА } АГГ }	У } Ц } А } Г }							
	АУЦ					Изолейцин	Аспарагин	Серин				
	АУА								Метионин старт-кодон	Аргинин		
	АУГ										Аргинин	
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } ГАЦ } ГАА } ГАГ }	ГГУ } ГГЦ } ГГА } ГГГ }	У } Ц } А } Г }							
	ГУЦ					Валин	Аспарагиновая кислота	Глицин				
	ГУА								Аланин	Глутаминовая кислота		
	ГУГ										Аланин	

Подведем итоги:

Ген:

Участок молекулы ДНК, кодирующий первичную последовательность аминокислот в полипептиде или последовательность нуклеотидов в молекулах транспортных и рибосомальных РНК.

Триплетность:

Каждой аминокислоте белка в ДНК соответствует последовательность из трех расположенных друг за другом нуклеотидов — триплет.

Избыточность (вырожденность):

Многим аминокислотам соответствует не один, а несколько различных триплетов — кодонов.

Специфичность (однозначность):

Один триплет всегда обозначает только одну единственную аминокислоту.

Неперекрываемость:

Считывание информации происходит триплетами, кодонами и нуклеотид не может входить в состав двух кодонов.

Универсальность:

Генетический код универсален – одинаков для всех живых организмов от бактерий до человека.

Подведем итоги:

Знаки препинания на ДНК:

В состав ДНК обязательно входят триплеты, являющиеся «знаками препинания» и обозначающие начало и конец того или иного гена.

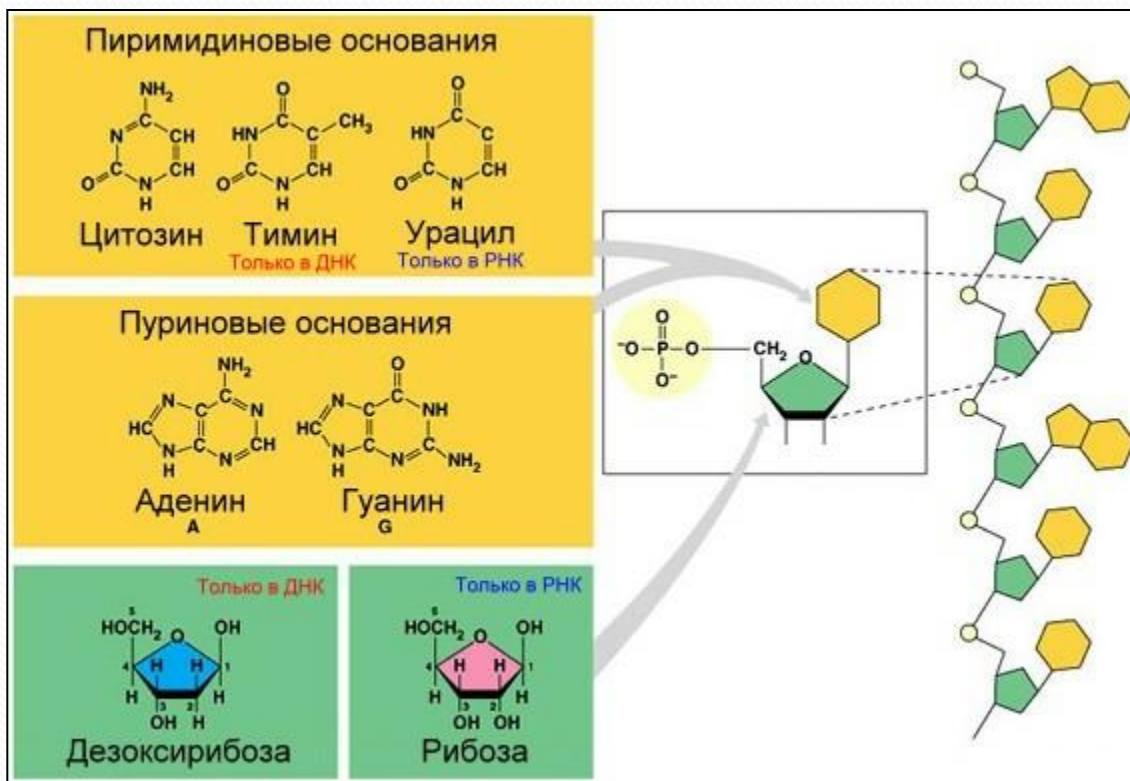
Начинается синтез белка с кодона АУГ (старт-кодона), заканчивается – одним из трех кодонов, которые не несут информации об аминокислотах – УАА, УАГ, УГА (стоп-кодоном).

На ДНК могут быть закодированы:

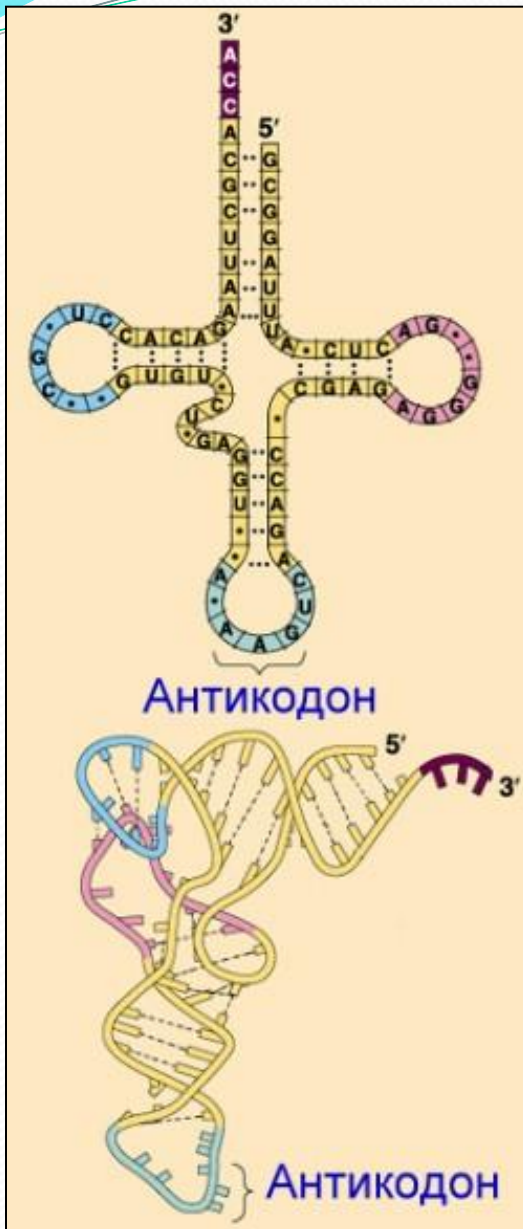
Полипептиды, рибосомные РНК, транспортные РНК.

Характеристика РНК

Молекулы РНК являются полимерами, мономерами которых являются **рибонуклеотиды**, образованные: остатком пятиуглеродного сахара — рибозы; остатком одного из азотистых оснований: пуриновых — аденина, гуанина; пиримидиновых — урацил, цитозина; остатком фосфорной кислоты.



Характеристика РНК



Молекула РНК представляет собой неразветвленный полинуклеотид, который может иметь:

первичную структуру – последовательность нуклеотидов;

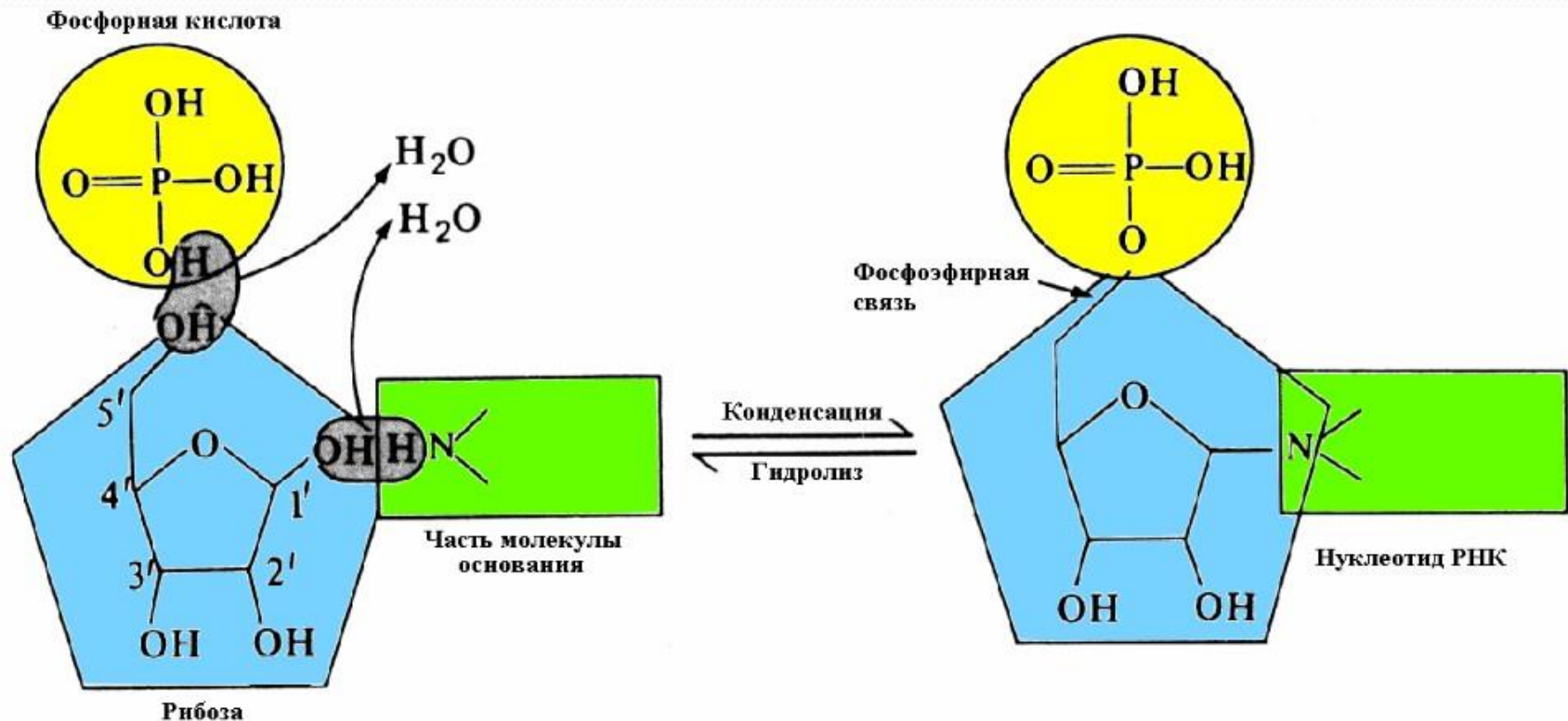
вторичную – образование петель за счет спаривания комплементарных нуклеотидов;

третичную структуру – образование компактной структуры за счет взаимодействия спирализованных участков вторичной структуры.

Характеристика РНК

В результате реакции конденсации азотистого основания с сахаром **рибозой** образуется **рибонуклеозид**, при реакции конденсации нуклеозида с фосфорной кислотой образуется **рибонуклеотид**.

Названия нуклеотидов: **пуриновых (бициклических)** – адениловый, гуаниловый, **пиримидиновых** – уридилловый и цитидилловый.

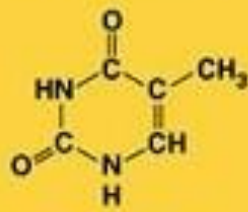


Характеристика РНК

Пиримидиновые основания

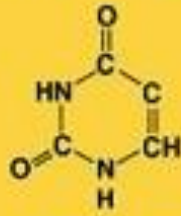


Цитозин



Тимин

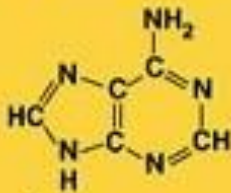
Только в ДНК



Урацил

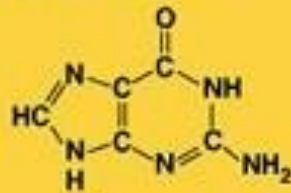
Только в РНК

Пуриновые основания



Аденин

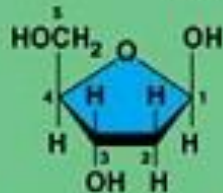
A



Гуанин

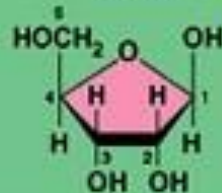
G

Только в ДНК

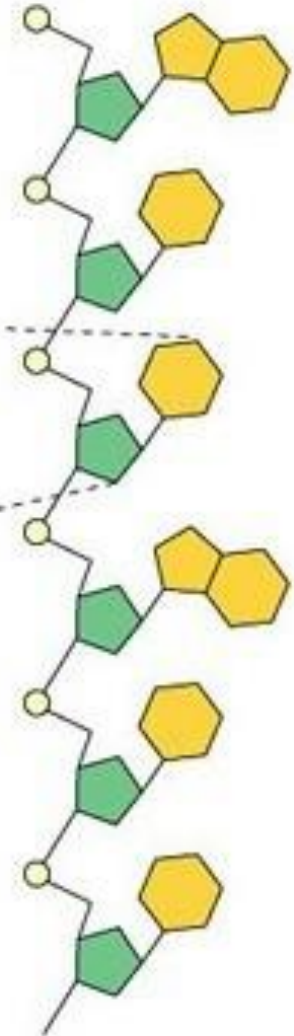
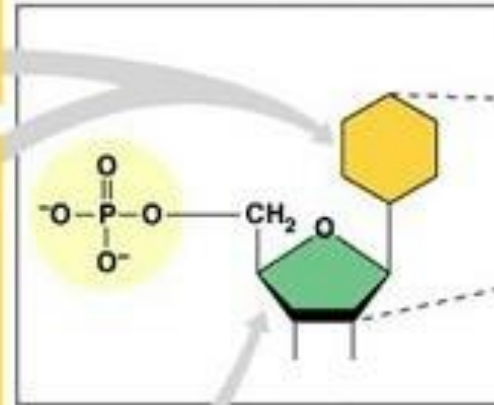


Дезоксирибоза

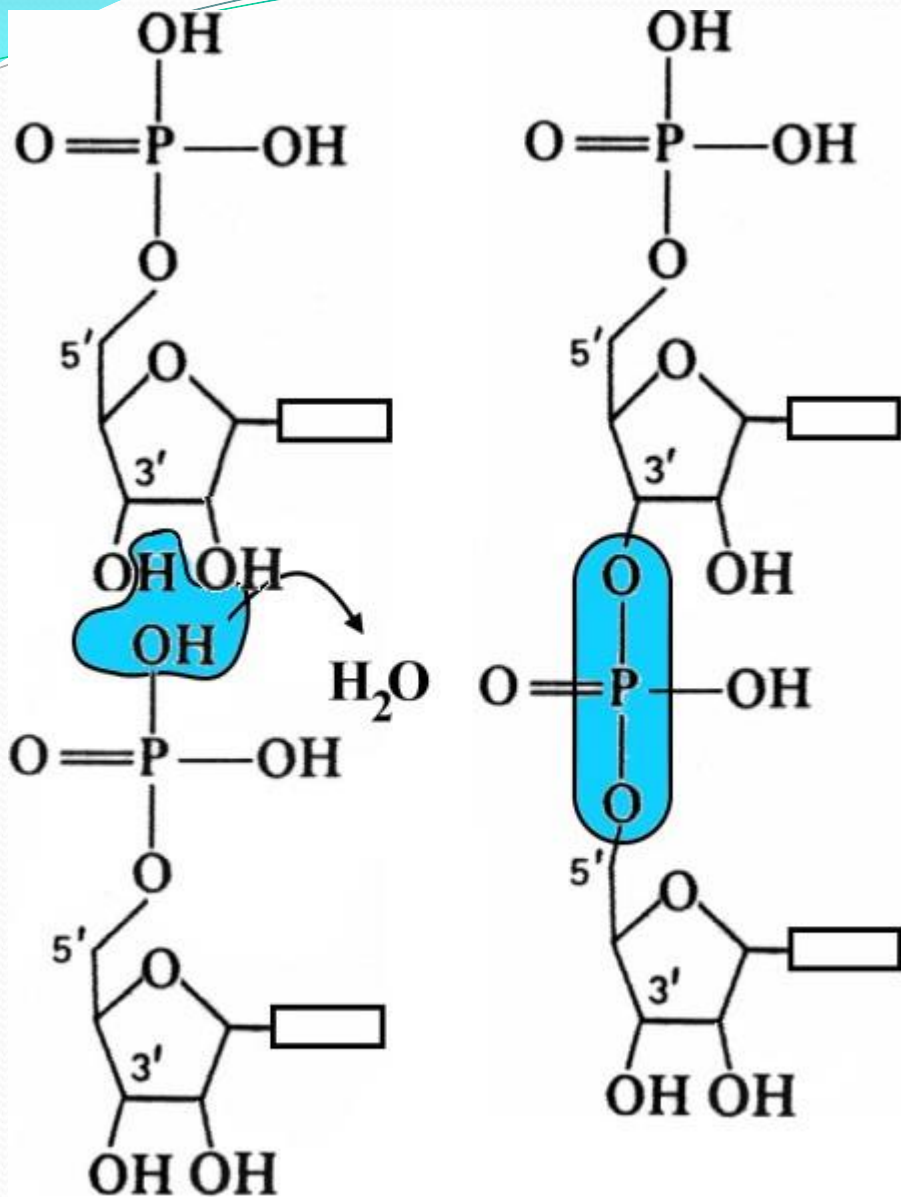
Только в РНК



Рибоза

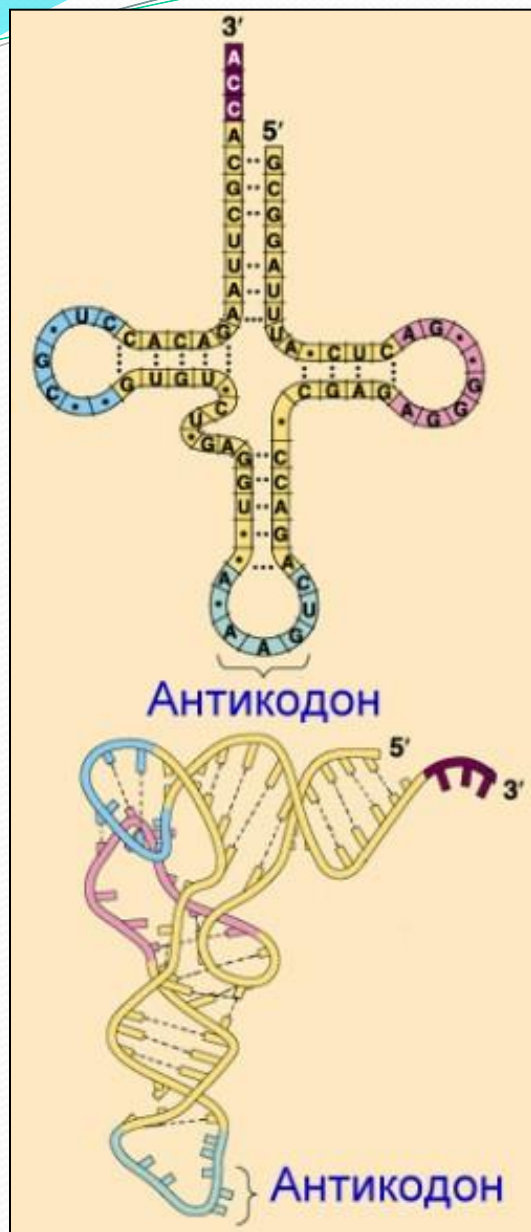


Характеристика РНК



Нуклеотиды РНК при реакции конденсации образуют **сложноэфирные связи**, так образуется полинуклеотидная цепочка.

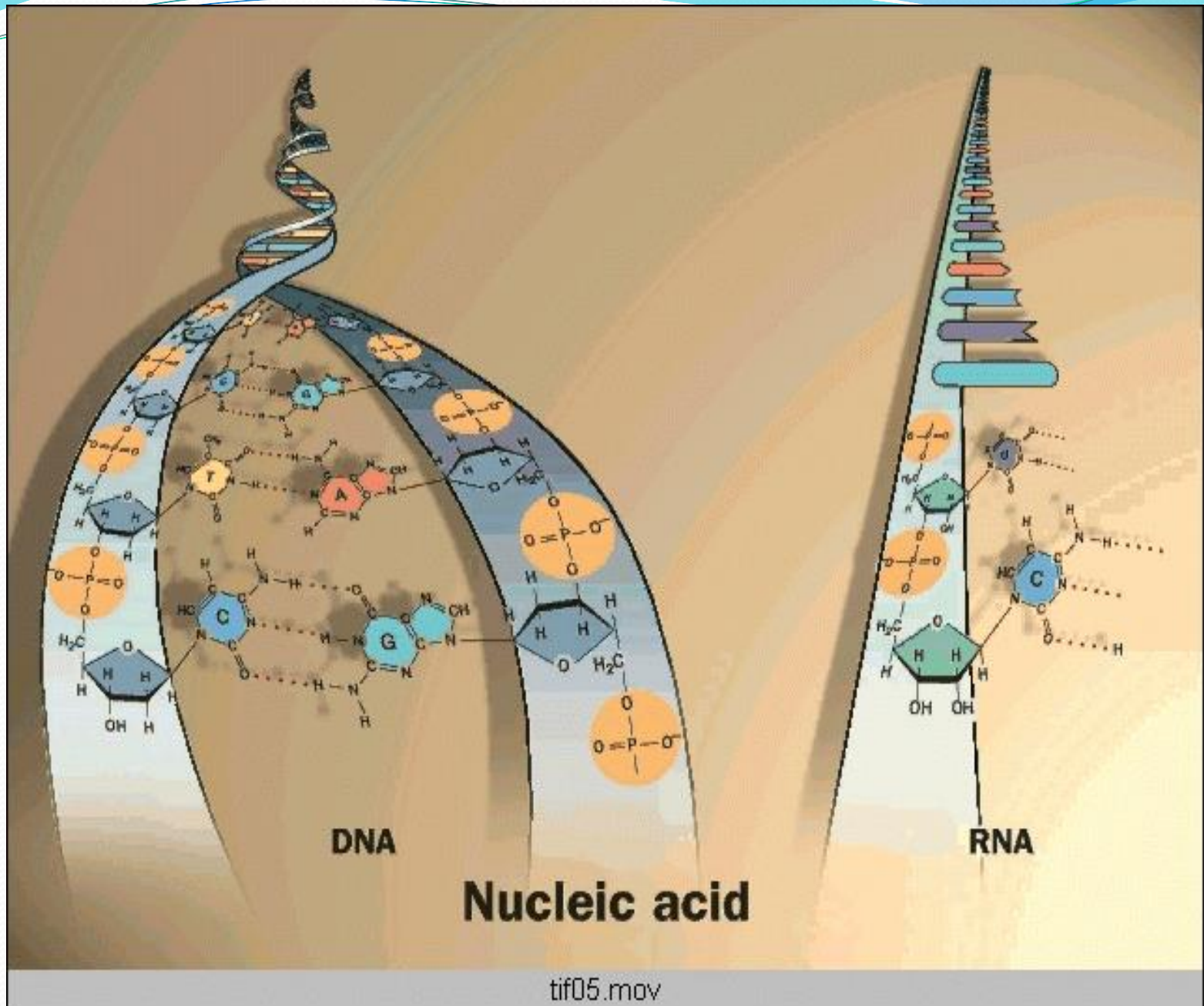
Характеристика РНК



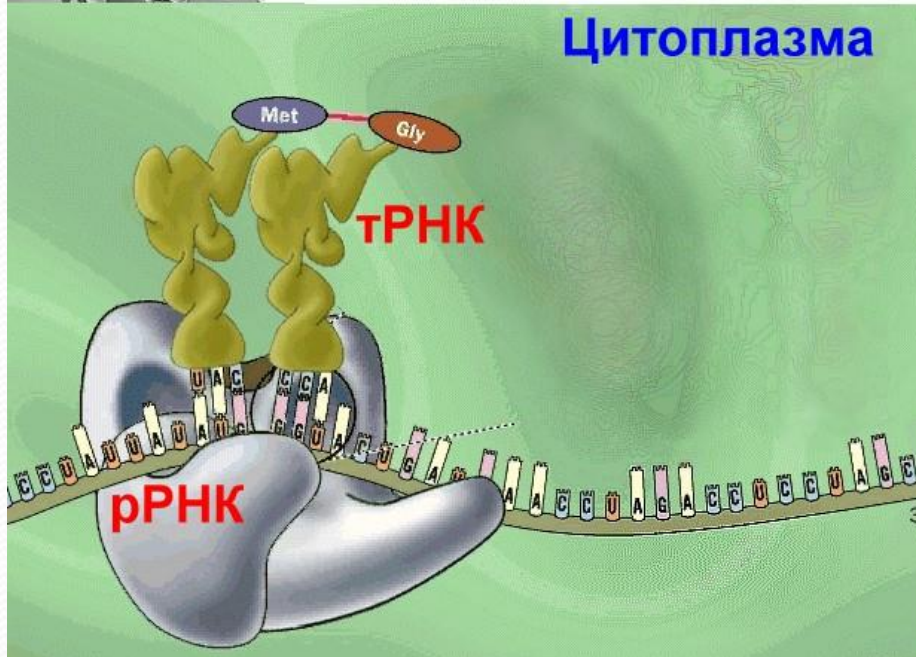
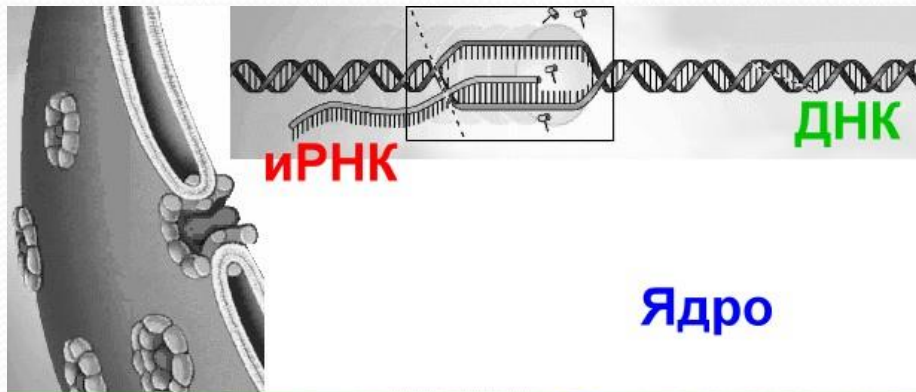
В отличие от ДНК, молекула РНК обычно образована не двумя, а **одной полинуклеотидной цепочкой**. Однако ее нуклеотиды также способны образовывать водородные связи между собой, но это **внутри-, а не межцепочечные соединения** комплементарных нуклеотидов. Цепи РНК значительно короче цепей ДНК.

Информация о структуре молекулы РНК заложена в молекулах ДНК. Синтез молекул РНК происходит на матрице ДНК с участием ферментов РНК-полимераз и называется **транскрипцией**. Если содержание ДНК в клетке относительно постоянно, то содержание РНК сильно колеблется. Наибольшее количество РНК в клетках наблюдается во время синтеза белка.

Характеристика РНК



Характеристика РНК



Содержание РНК в любых клетках в 5 – 10 раз превышает содержание ДНК. Существует три основных класса рибонуклеиновых кислот:

Информационные (матричные) РНК — иРНК (5%);
транспортные РНК — тРНК (10%);
рибосомальные РНК — рРНК (85%).

Все виды РНК обеспечивают биосинтез белка.

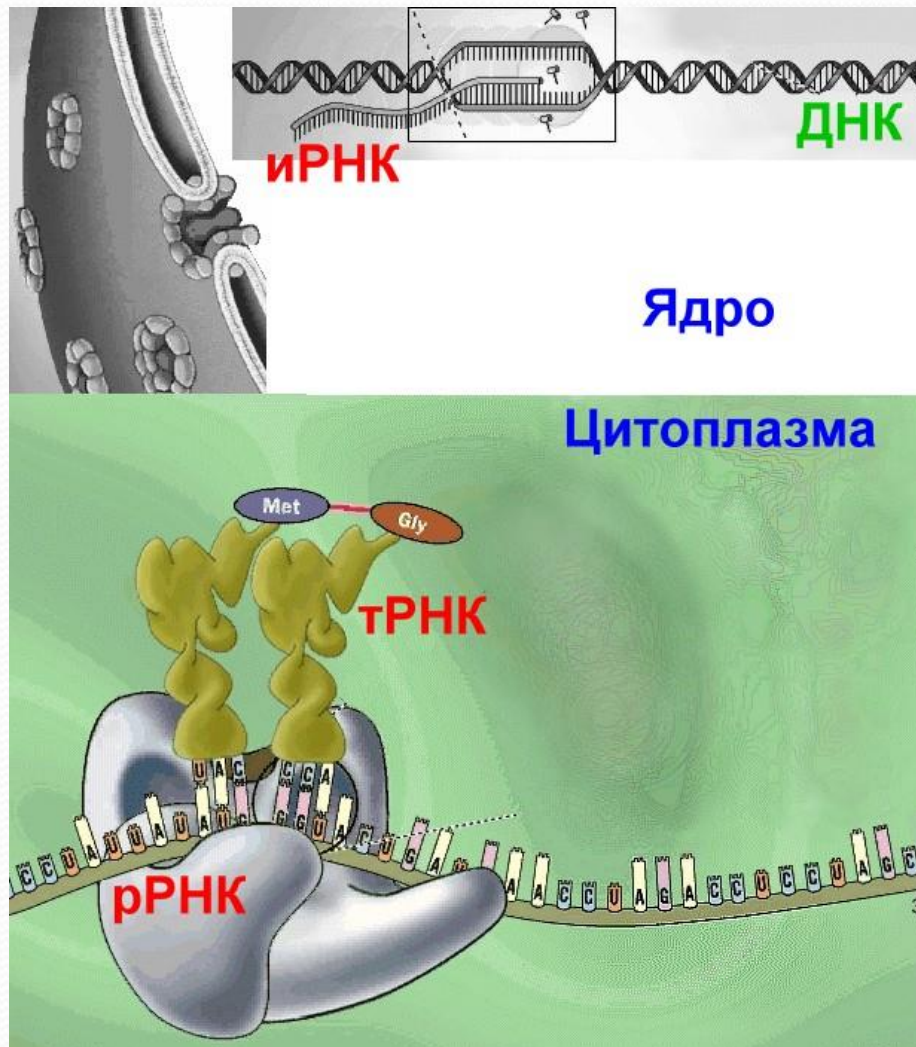
Характеристика РНК

Информационная РНК.

Наиболее разнообразный по размерам и стабильности класс. Все они являются переносчиками генетической информации из ядра в цитоплазму. Они служат матрицей для синтеза молекулы белка, т.к. определяют аминокислотную последовательность первичной структуры белковой молекулы.

Размеры – в зависимости от размеров белка – до 30 000 нуклеотидов.

На долю иРНК приходится до 5% от общего содержания РНК в клетке.

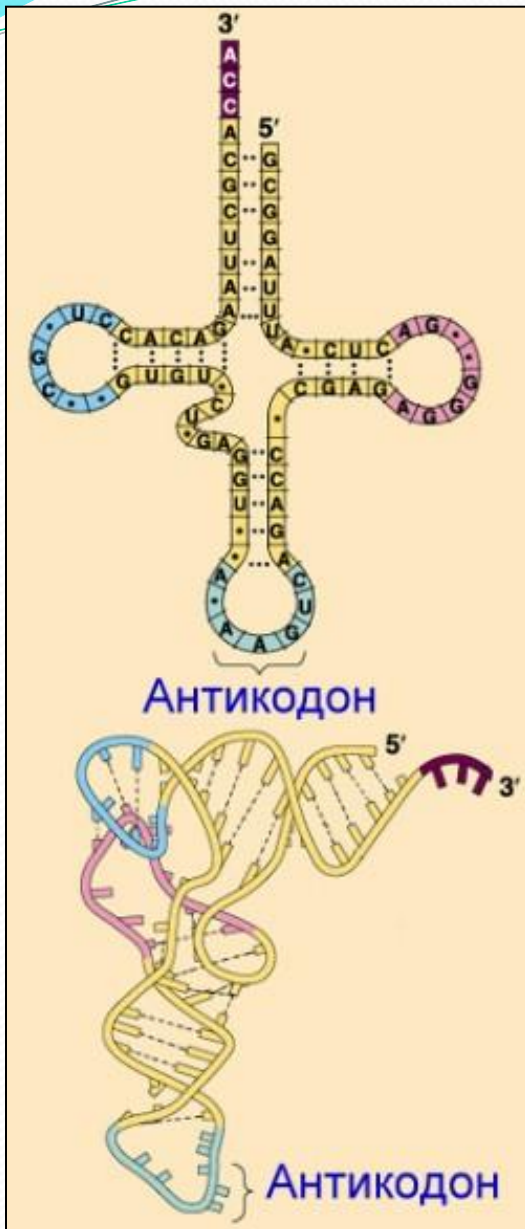


Транспортная РНК

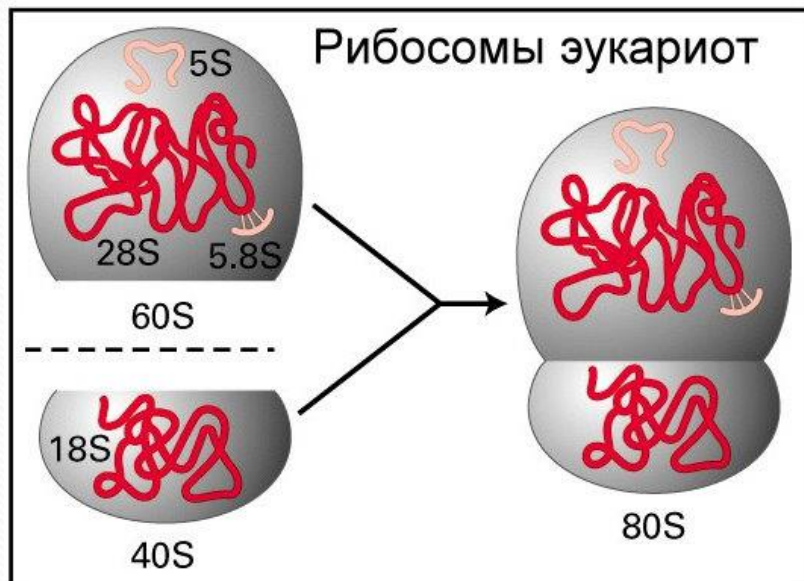
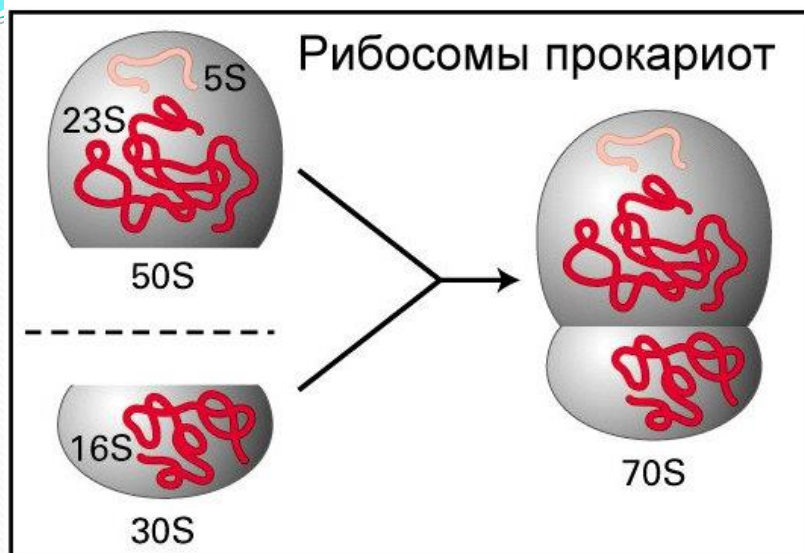
Молекулы транспортных РНК содержат обычно 76-85 нуклеотидов и имеют третичную структуру, на долю тРНК приходится до 10% от общего содержания РНК в клетке.

Функции: они доставляют аминокислоты к месту синтеза белка, в рибосомы.

В клетке содержится более 30 видов тРНК. Каждый вид тРНК имеет характерную только для него последовательность нуклеотидов. Однако у всех молекул имеется несколько внутримолекулярных комплементарных участков, благодаря наличию которых все тРНК имеют третичную структуру, напоминающую по форме лист клевера.



Характеристика РНК



Рибосомная РНК.

На долю рибосомальной РНК (рРНК) приходится 80-85% от общего содержания РНК в клетке, состоят из 3 000 – 5 000 нуклеотидов.

Цитоплазматические рибосомы содержат 4 разных молекулы РНК. В малой субъединице одна молекула, в большой – три молекулы РНК. В рибосоме около 100 белковых молекул.

Подведем итоги:

Нуклеотиды РНК состоят из трех компонентов:

Углевода, азотистого основания и остатка фосфорной кислоты.

Азотистые основание и углевод в составе РНК:

Аденин, урацил, гуанин, цитозин. Углевод в составе РНК – рибоза.

Различают три вида РНК:

Информационные РНК (иРНК), транспортные РНК (тРНК), рибосомные РНК (рРНК).

Информационные РНК отвечают:

За перенос информации о белке из ядра в цитоплазму.

Размеры иРНК и количество в клетке:

Около 30 000 нуклеотидов, 5%.

Транспортные РНК отвечают:

За транспорт аминокислот в рибосомы.

Размеры тРНК и количество в клетке :

76-85 нуклеотидов, до 10% от общего содержания РНК в клетке.

Рибосомные РНК отвечают:

Входят в состав рибосом, рибосомы отвечают за синтез белка.

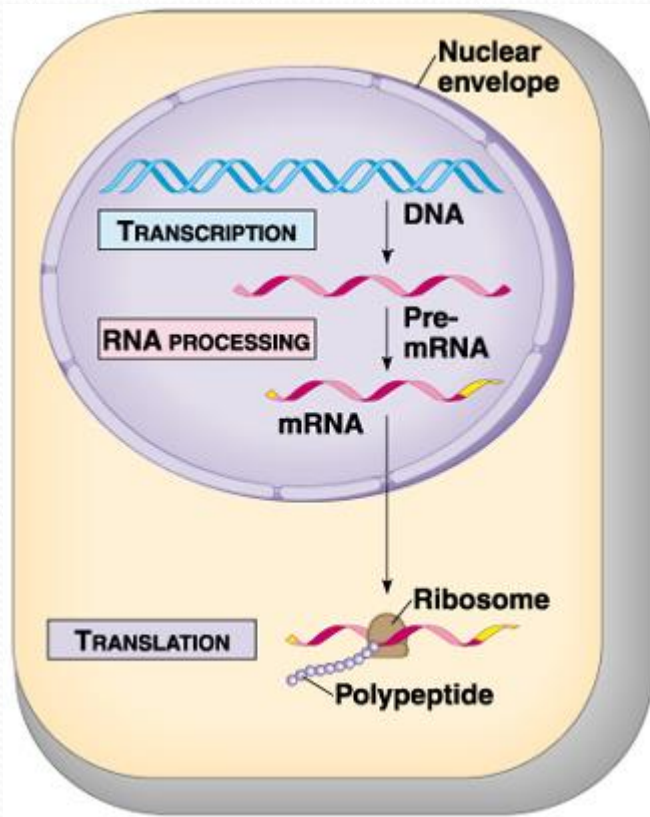
Размеры рРНК и количество в клетке :

3 000 – 5 000 нуклеотидов, 85%.

РНК содержится:

В ядре, цитоплазме, рибосомах, митохондриях и пластидах.

Транскрипция

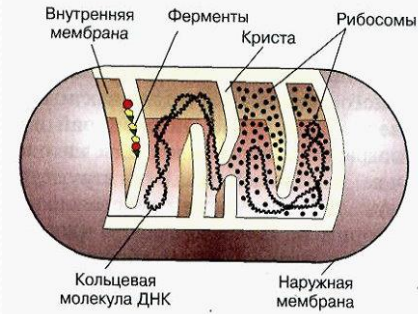
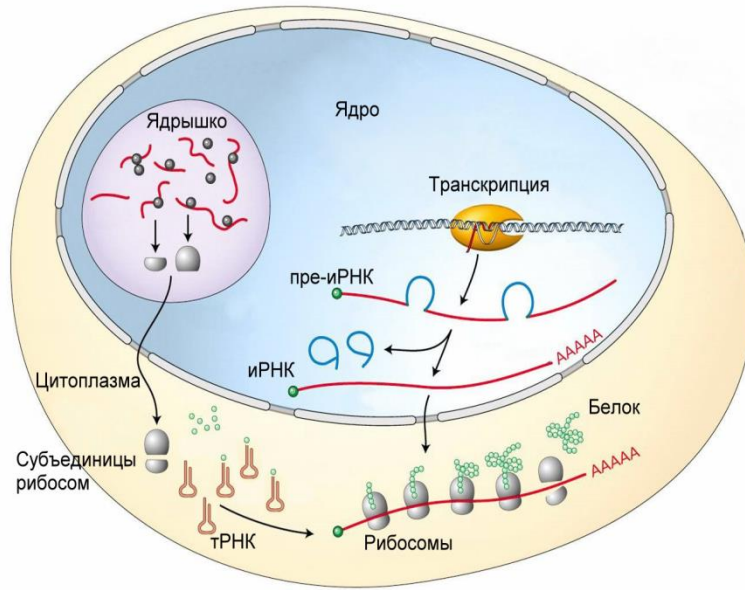


Реакции матричного синтеза – особая категория химических реакций, происходящих в клетках живых организмов. Во время этих реакций происходит синтез полимерных молекул по плану, заложенному в структуре других полимерных молекул-матриц. На одной матрице может быть синтезировано неограниченное количество молекул-копий.

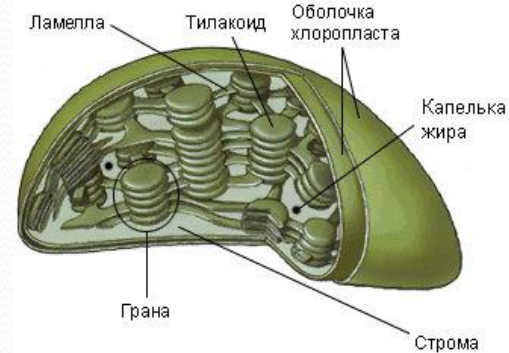
К этой категории реакций относятся репликация, транскрипция, трансляция и обратная транскрипция (образование на РНК ДНК).

Центральная догма молекулярной биологии: ДНК→РНК→белок.

Транскрипция



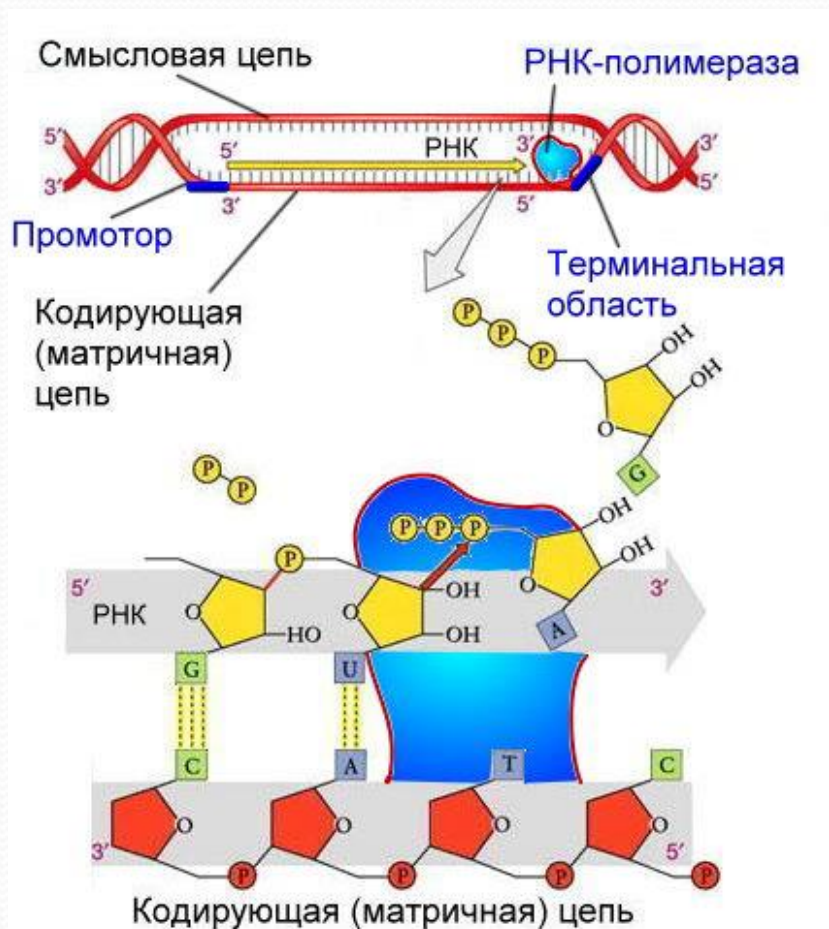
Митохондрия



Хлоропласт

Транскрипция у эукариот происходит в ядре и в органоидах, которые считаются симбионтами эукариотической клетки – в митохондриях и пластидах. Данные органоиды сохранили часть своего генетического аппарата и имеют собственные рибосомы.

Транскрипция

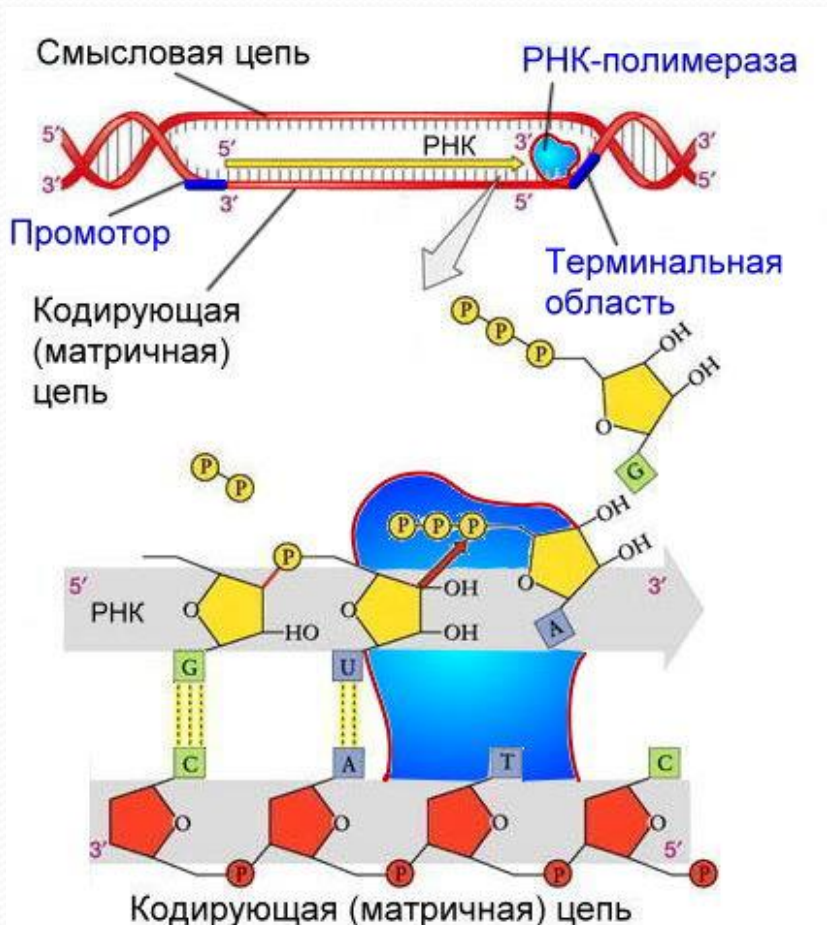


В ДНК одна цепь - **кодирующая, матричная**, кодирует последовательность аминокислот, другая – **смысловая, некодирующая**, комплементарная кодирующей.

Начало гена принято изображать на рисунке слева, на 3' конце кодирующей цепи. Перед геном находится **промотор** – последовательность нуклеотидов, с которой соединяется РНК-полимераза.

В конце гена находится **терминальная область**, с которой РНК не образуется.

Транскрипция

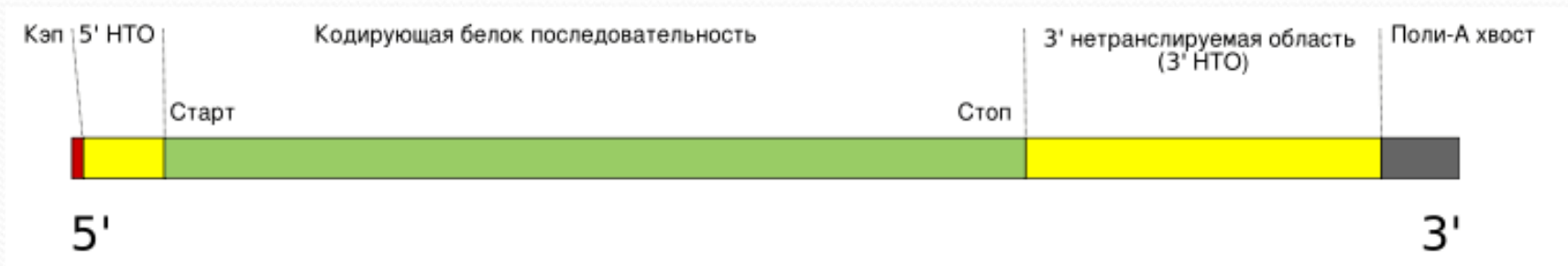
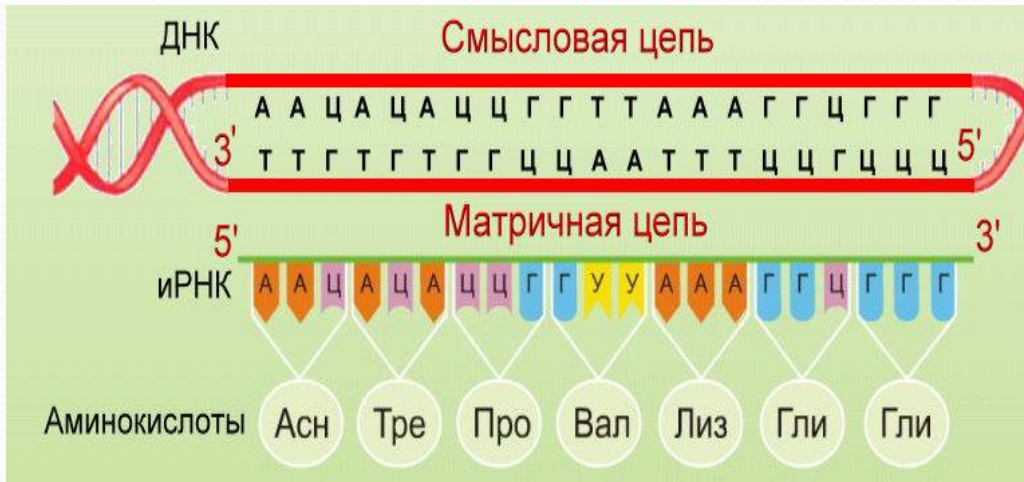


Транскрипция – *синтез РНК на матрице ДНК*. РНК-полимераза может присоединиться только к промотору, который находится на 3'-конце матричной цепи ДНК, и двигаться *только от 3'- к 5'-концу* этой матричной цепи ДНК.

Синтез иРНК происходит на одной из двух цепочек ДНК в соответствии с принципами *комплементарности и антипараллельности от 5'- к 3'-концу*.

Строительным материалом и источником энергии для транскрипции являются *рибонуклеозидтрифосфаты* (АТФ, УТФ, ГТФ, ЦТФ).

Транскрипция



Транслируемая область *начинается на 5'-конце кодоном-инициатором*, заканчивается на 3'-конце *кодоном-терминатором*.

Подведем итоги:

Сколько кодонов кодируют 20 видов аминокислот? Какие кодоны находятся в начале иРНК и в ее конце?

Из 64 кодовых триплетов 61 кодон — кодирующие, кодируют аминокислоты, а 3 — бессмысленные, не кодируют аминокислоты, терминирующие синтез полипептида при работе рибосомы (УАА, УГА, УАГ). Кроме того, есть кодон — инициатор (метиониновый), с которого начинается синтез любого полипептида.

Что такое промотор?

Перед геном находится промотор – последовательность нуклеотидов, с которой соединяется РНК-полимераза.

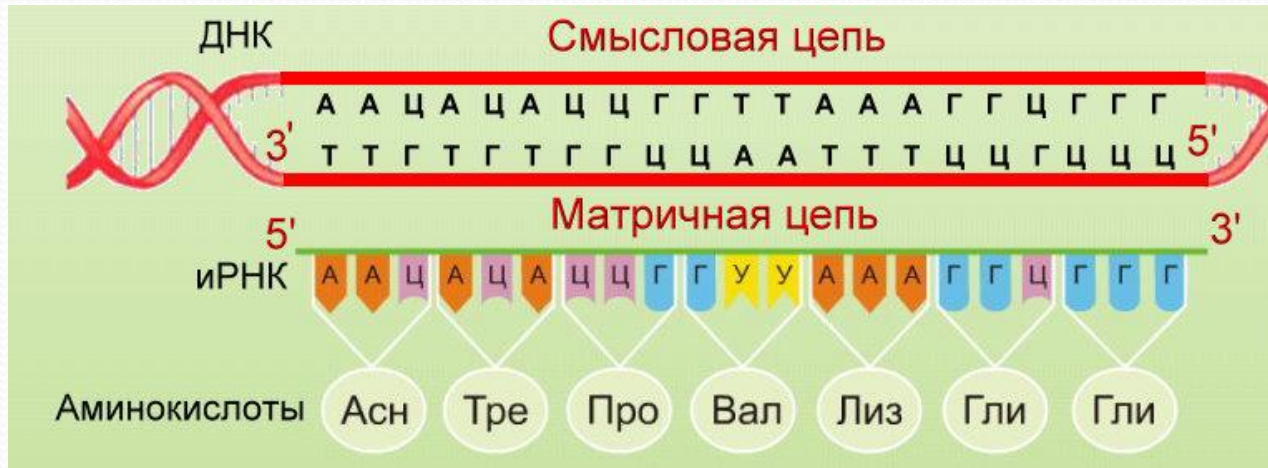
Что такое транскрипция?

Транскрипция – синтез РНК на матрице ДНК.

В каком направлении движется РНК-полимераза? В каком направлении происходит образование иРНК?

РНК-полимераза может присоединиться только к промотору, который находится на 3'-конце матричной цепи ДНК, и двигаться только от 3'- к 5'-концу этой матричной цепи ДНК.

Подведем итоги:



Сколько нуклеотидов кодируют полипептид из 51 аминокислоты?

153

Какой триплет в молекуле иРНК соответствует кодовому триплету АТГ в молекуле ДНК?

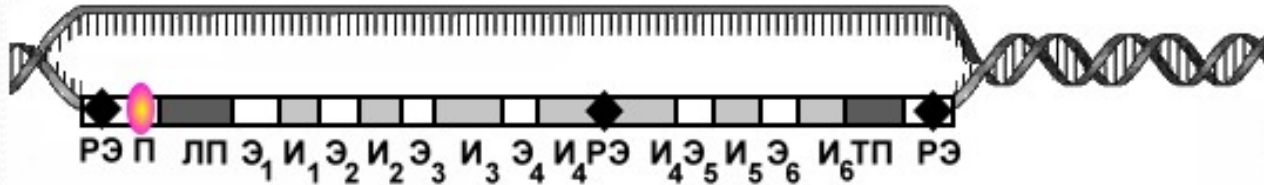
УАЦ

Какой триплет ДНК матричной цепи соответствует кодону

АЦА иРНК?

ТГТ

Строение генов эукариот



Особенностями строения гена эукариот являются:

- наличие достаточно большого количества регуляторных элементов (*РЭ*);
- мозаичность (чередование кодирующих участков с некодирующими);
- наличие *экзонов* (Э) – участков гена, несущих информацию о строении полипептида и *интронов* (И), не несущих такой информации. Число экзонов и интронов различных генов разное, экзоны чередуются с интронами, общая длина интронов может превышать длину экзонов в два и более раз.
- Гены эукариот могут кодировать полипептиды, тРНК, рРНК, есть регуляторные участки.

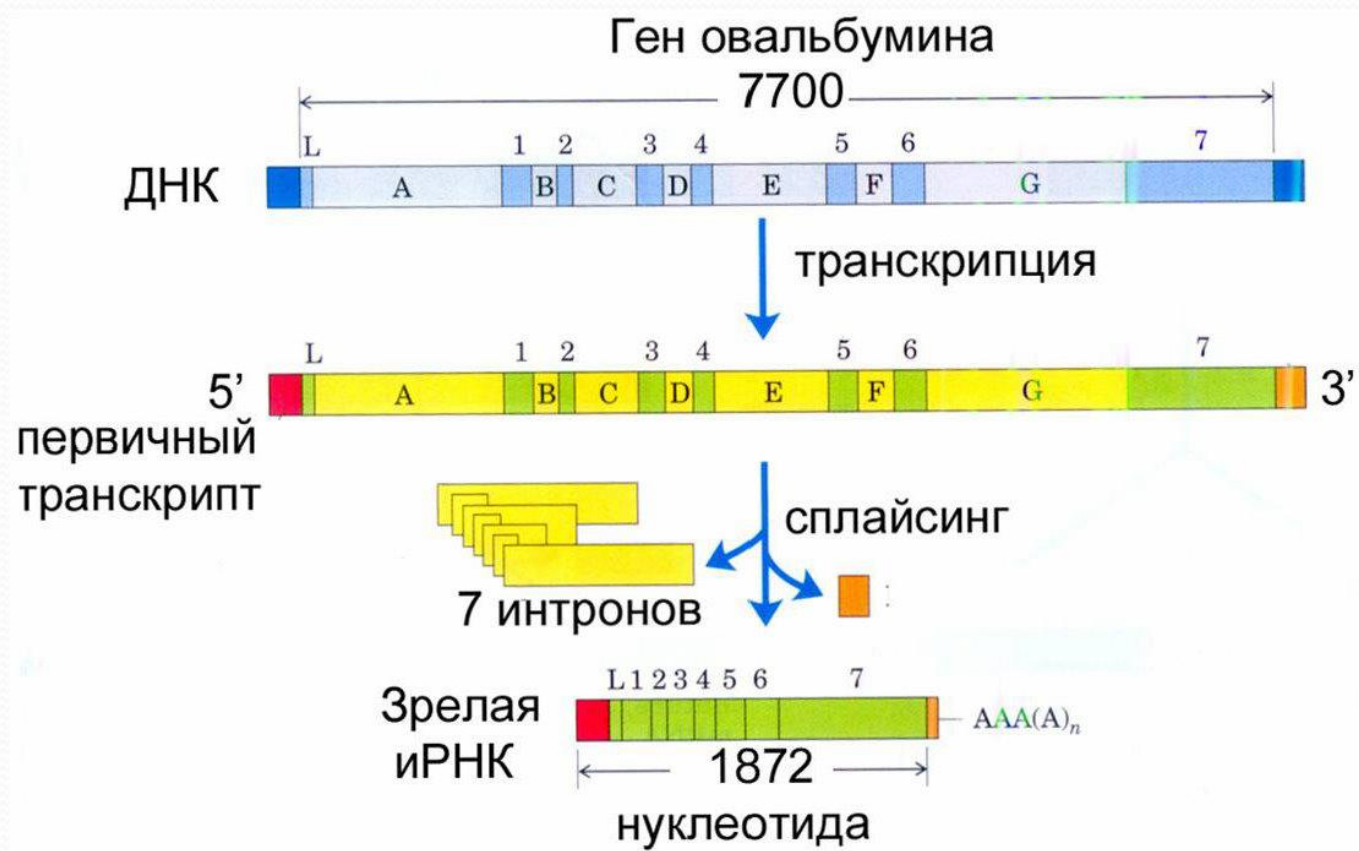
Строение генов эукариот

Перед первым экзоном и после последнего экзона находятся нуклеотидные последовательности, называемые соответственно лидерной (ЛП) и трейлерной последовательностью (ТП).

Лидерная и трейлерная последовательности, экзоны и интроны образуют единицу транскрипции.



Строение генов эукариот



В результате транскрипции образуется «незрелая» иРНК (пре-иРНК), которая проходит стадию созревания или процессинга.

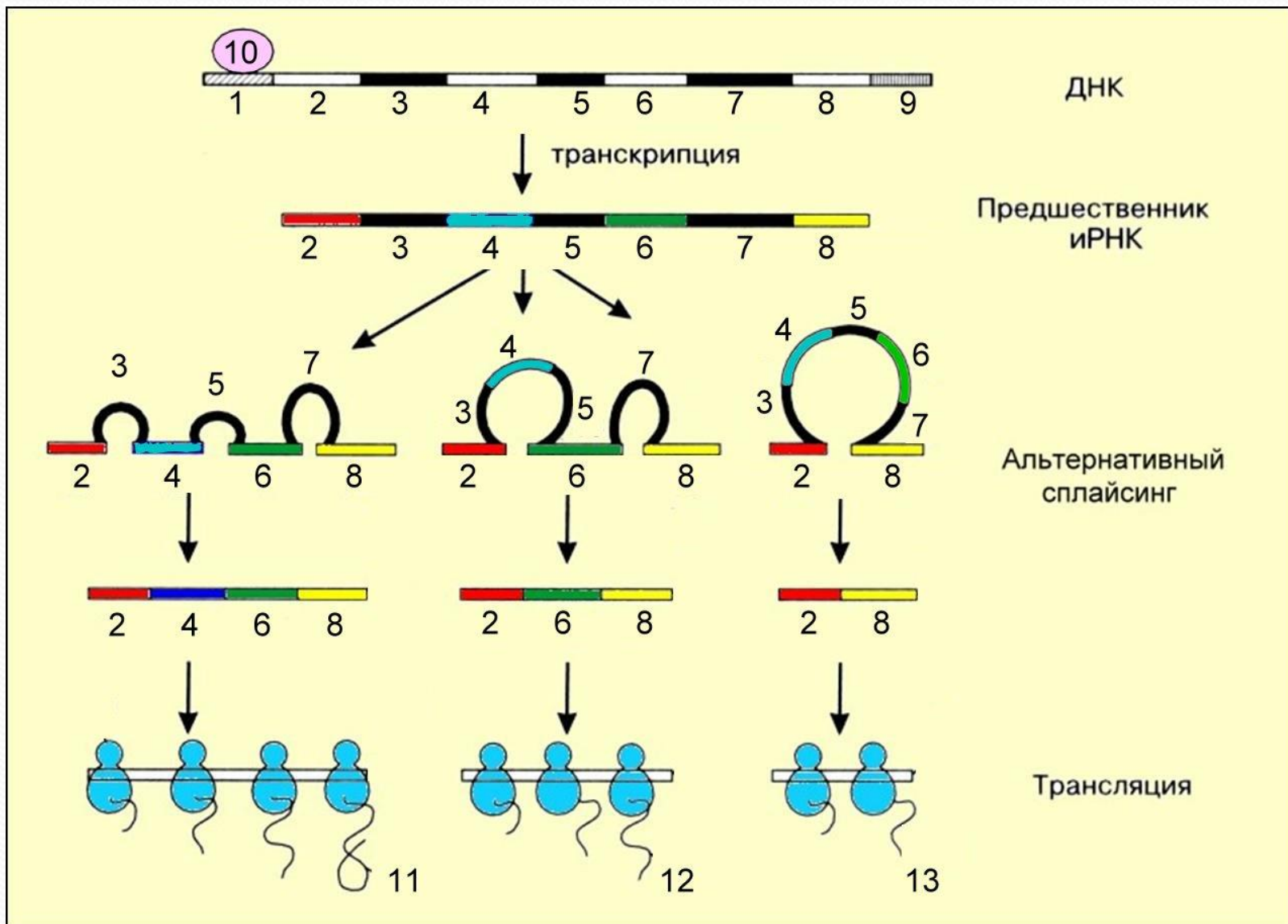
Процессинг включает в себя:

- 1) КЭПирование 5'-конца;
- 2) полиаденилирование 3'-конца (присоединение нескольких десятков адениловых нуклеотидов);

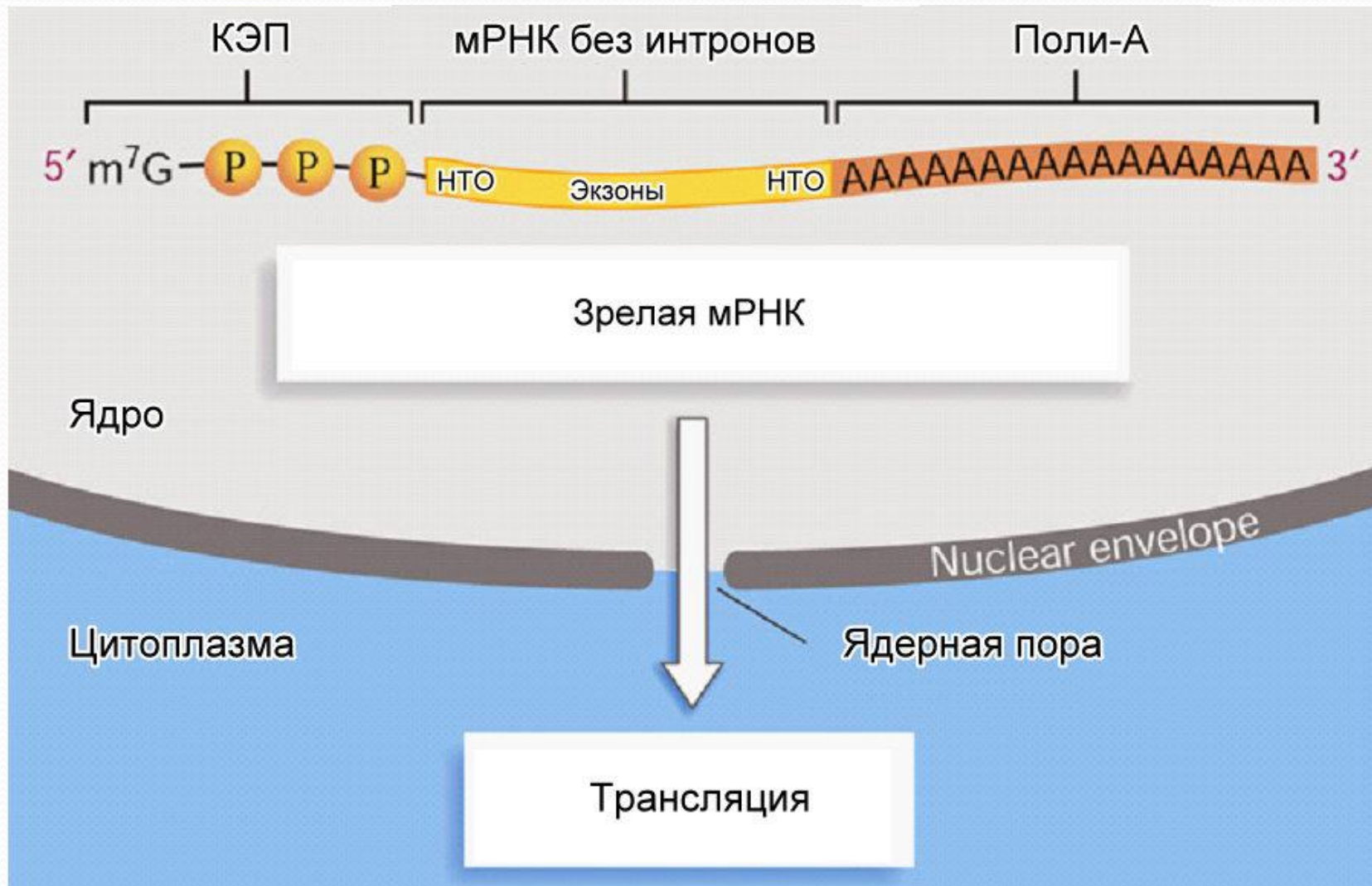
Сплайсинг:

Сплайсинг (вырезание интронов и сшивание экзонов). В зрелой иРНК выделяют КЭП, транскрируемую область (сшитые в одно целое экзоны), нетранскрируемые области (НТО) и полиА «хвост». Возможен *альтернативный сплайсинг*, при котором вместе с интронами вырезаются и экзоны. При этом с одного гена могут образовываться разные белки. Таким образом, утверждение – **«Один ген – один полипептид»** – неверно.

Строение генов эукариот



Строение генов эукариот



Строение генов эукариот



Транслируемая область *начинается кодоном-инициатором*, заканчивается *кодоном-терминатором*.

НТО содержат информацию определяющую поведение РНК в клетке: срок «жизни», активность, локализацию. Транскрипция и процессинг происходят в клеточном ядре. Зрелая иРНК приобретает определенную пространственную конформацию, окружается белками и в таком виде через ядерные поры транспортируется к рибосомам; иРНК эукариот, как правило, *моноцистронны* (имеют только один кодон терминатор).

Подведем итоги:

Почему гены эукариот называют мозаичными?

В генах эукариот имеются экзоны – участки гена, несущие информацию о строении полипептида и интроны, не несущих такой информации.

Что такое альтернативный сплайсинг?

Вырезание интронов вместе с экзонами и сшивание оставшихся экзонов. При этом с одного гена могут образовываться разные белки.

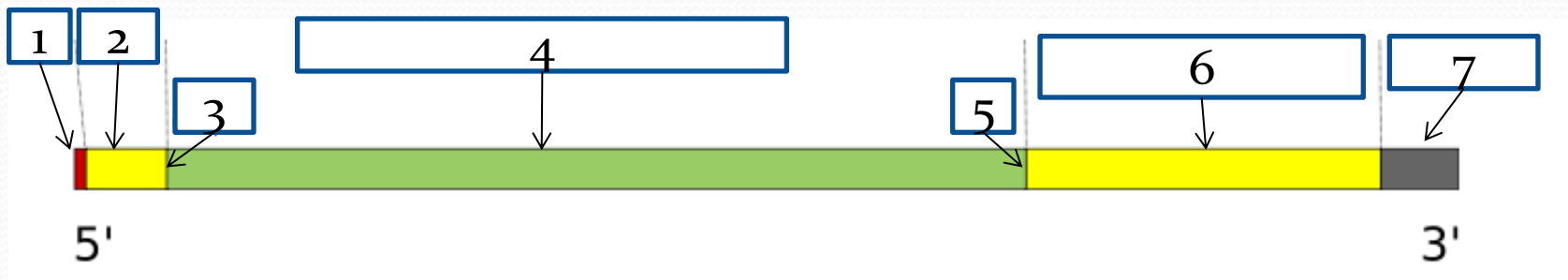
Из каких этапов состоит процессинг пре-иРНК?

Кэпирование 5'-конца и полиаденилирование 3'-конца .

Сплайсинг:

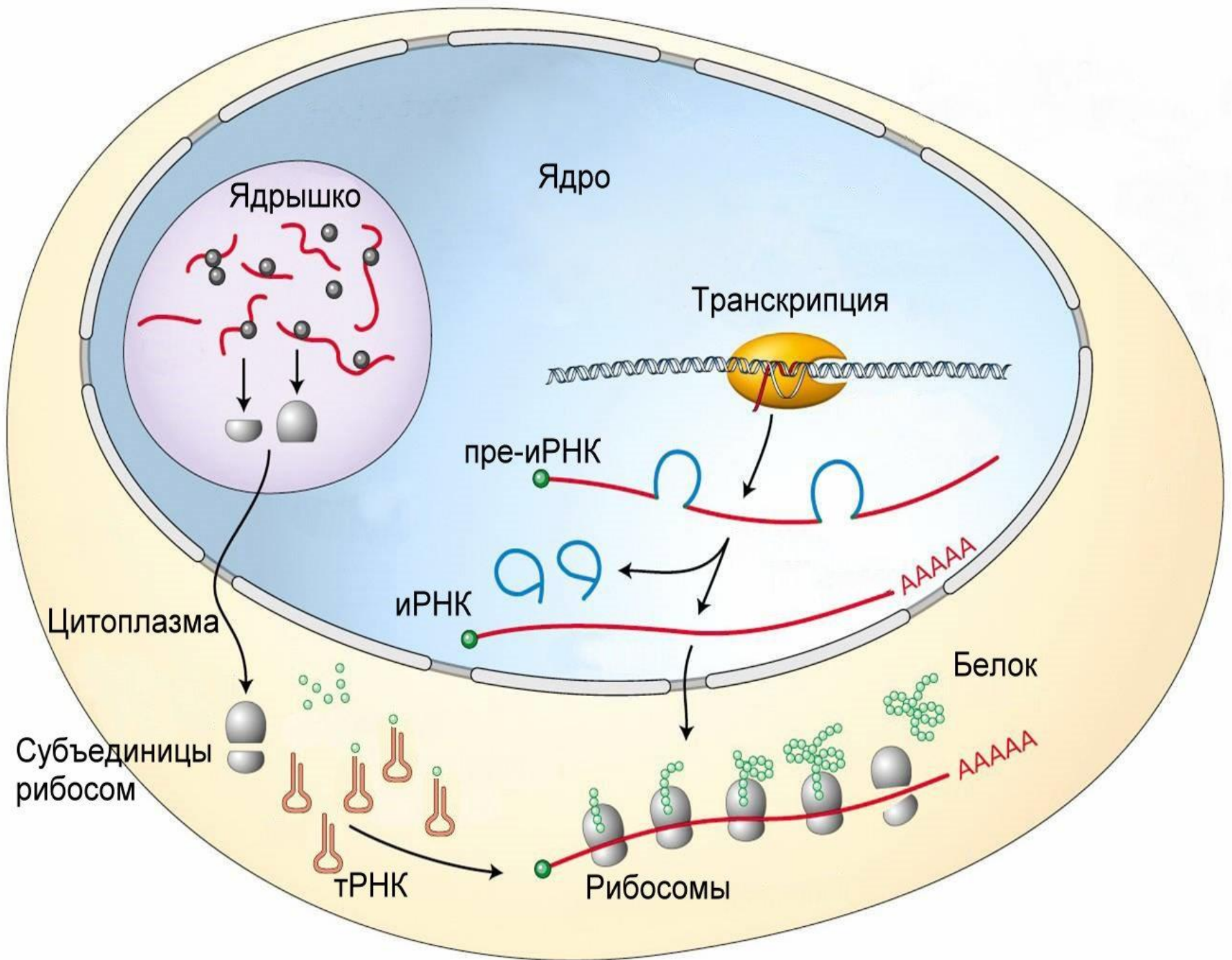
Вырезание интронов и сшивание экзонов.

Что обозначено на рисунке цифрами 1 – 7?

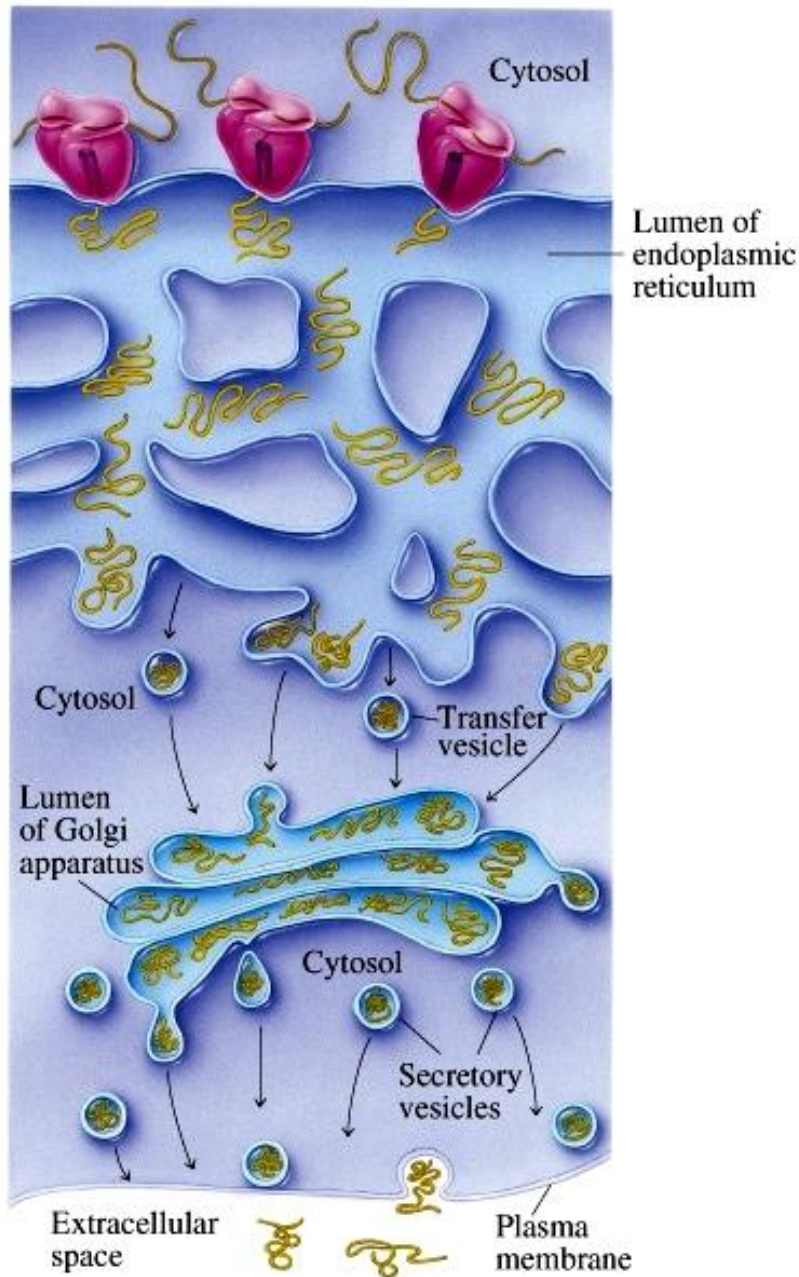




«Биосинтез белка. Трансляция»



Трансляция. Транспортные РНК (тРНК)



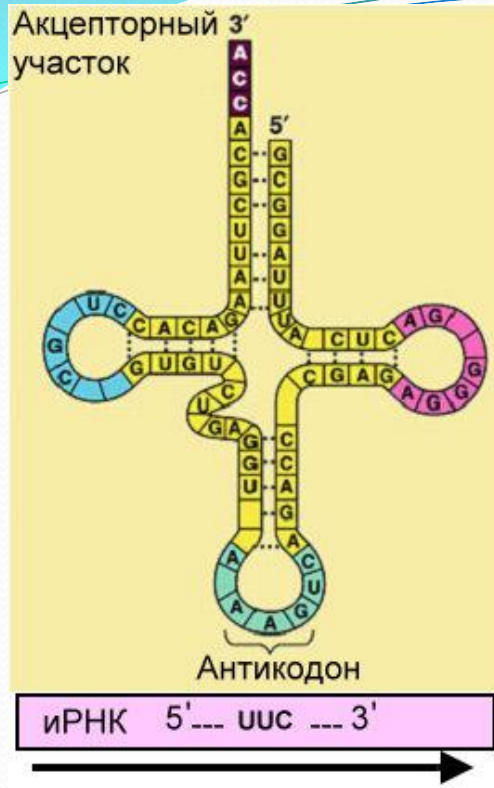
Трансляция — синтез полипептидной цепи на матрице иРНК.

Органоиды, обеспечивающие трансляцию, — рибосомы.

Т.е. синтез белковых молекул может происходить в цитоплазме или на шероховатой эндоплазматической сети.

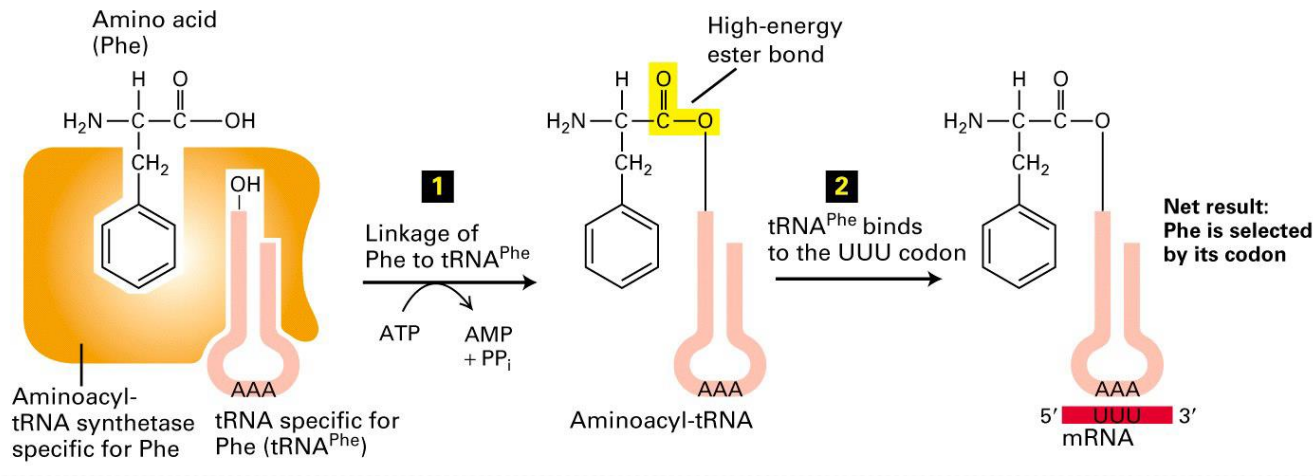
В цитоплазме синтезируются белки для собственных нужд клетки, белки, синтезируемые на ЭПС, транспортируются по ее каналам в комплекс Гольджи и выводятся из клетки.

Трансляция. Транспортные РНК (тРНК)



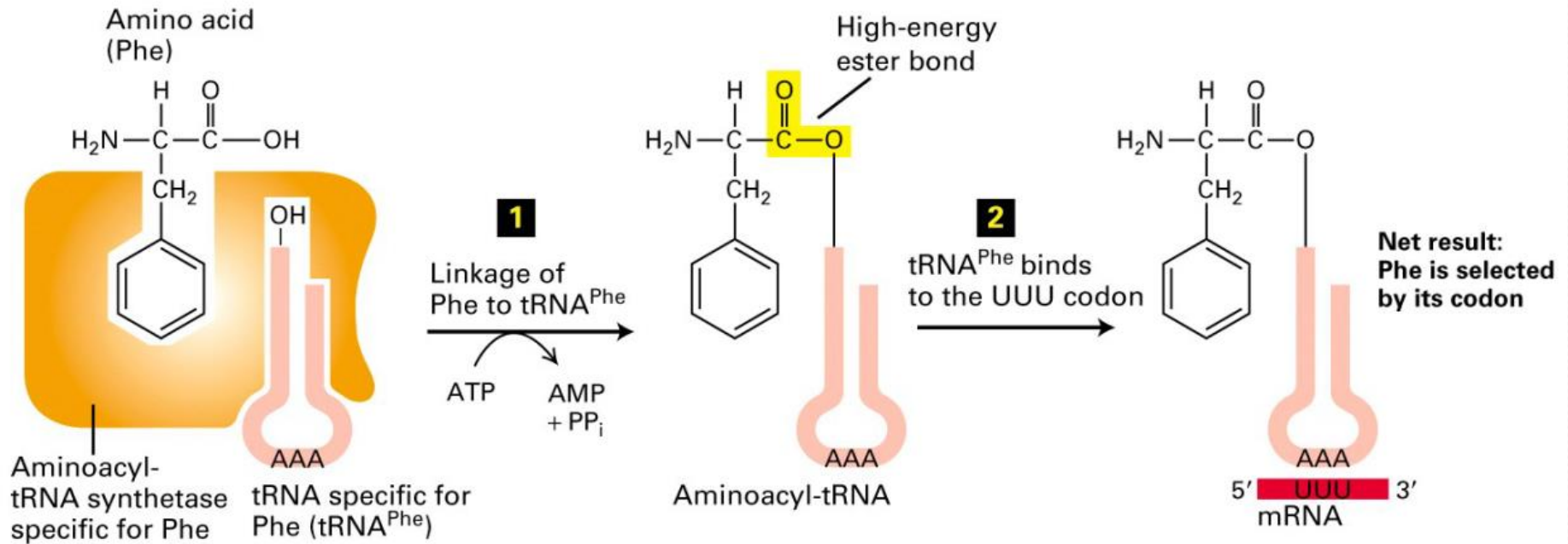
Для транспорта аминокислот к рибосомам используются *тРНК*.

В тРНК различают антикодоновую петлю и акцепторный участок. В антикодоновой петле РНК имеется антикодон, комплементарный кодовому триплету определенной аминокислоты, а акцепторный участок на 3'-конце способен с помощью фермента *аминоацил-тРНК-синтетазы* присоединять именно эту аминокислоту (с затратой АТФ) к участку *ССА*.



Трансляция. Транспортные РНК (тРНК)

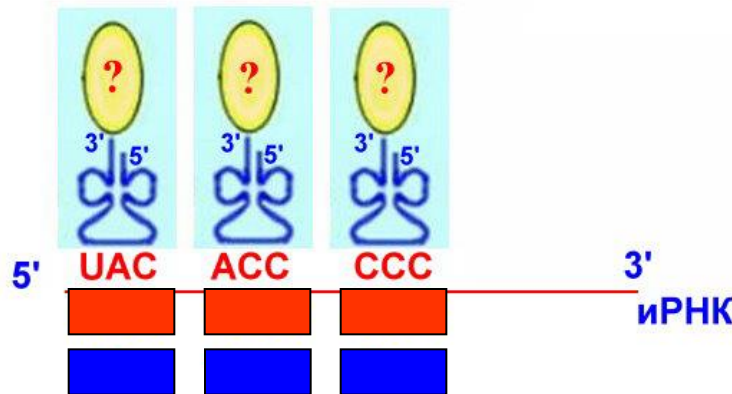
Таким образом, у каждой аминокислоты есть свои тРНК и свои ферменты, присоединяющие аминокислоту к тРНК.



Трансляция. Транспортные РНК (тРНК)

Какие триплеты иРНК комплементарны антикодонам UAC, ACC и CCC на тРНК?
Какие аминокислоты транспортируют данные тРНК?

	U	C	A	G		
U	UUU } Phenylalanine UUC } UUA } Leucine UUG }	UCU } UCC } Serine UCA } UCG }	UAU } Tyrosine UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	U	C
C	CUU } Leucine CUC } CUA } CUG }	CCU } CCC } Proline CCA } CCG }	CAU } Histidine CAC } CAA } Glutamine CAG }	CGU } Arginine CGC } CGA } CGG }	C	C
A	AUU } Isoleucine AUC } AUA } AUG } Methionine start codon	ACU } ACC } Threonine ACA } ACG }	AAU } Asparagine AAC } AAA } Lysine AAG }	AGU } Serine AGC } AGA } Arginine AGG }	A	C
G	GUU } Valine GUC } GUA } GUG }	GCU } GCC } Alanine GCA } GCG }	GAU } Aspartic acid GAC } GAA } Glutamic acid GAG }	GGU } Glycine GGC } GGA } GGG }	G	C



По смысловой цепи определите все, что можно:

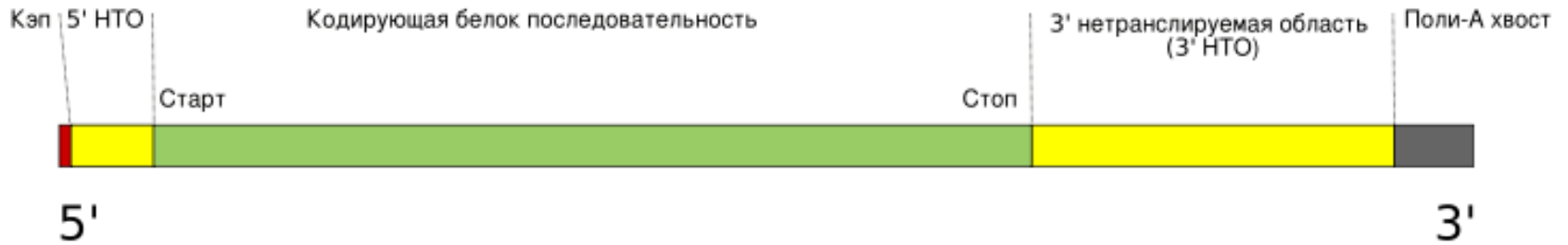
Смысловая цепь ДНК 5' - АТГ ГЦЦ ЦГГ ТАТ - 3'

Blank blue bars for student answers:

- Bar 1: [Blank]
- Bar 2: [Blank]
- Bar 3: [Blank] [Blank] [Blank] [Blank]
- Bar 4: [Blank] [Blank] [Blank] [Blank]

		Второй нуклеотид					
		U	C	A	G		
Первый нуклеотид	U	UUU } Фенил-аланин UUC } UUA } Лейцин UUG }	UCU } UCC } Серин UCA } UCG }	UAU } Тирозин UAC } UAA } Стоп-кодон UAG } Стоп-кодон	UGU } Цистеин UGC } UGA } Стоп-кодон UGG } Триптофан	U	C
	C	CUU } Лейцин CUC } CUA } CUG }	CCU } CCC } Пролин CCA } CCG }	CAU } Гистидин CAC } CAA } Глутамин CAG }	CGU } CGC } Аргинин CGA } CGG }	A	G
	A	AUU } Изолейцин AUC } AUA } AUG } Метионин старт-кодон	ACU } ACC } Треонин ACA } ACG }	AAU } Аспарагин AAC } AAA } Лизин AAG }	AGU } Серин AGC } AGA } Аргинин AGG }	U	C
	G	GUU } GUC } Валин GUA } GUG }	GCU } GCC } Аланин GCA } GCG }	GAU } Аспарагиновая кислота GAC } GAA } Глутаминовая кислота GAG }	GGU } GGC } Глицин GGA } GGG }	U	C
						Третий нуклеотид	

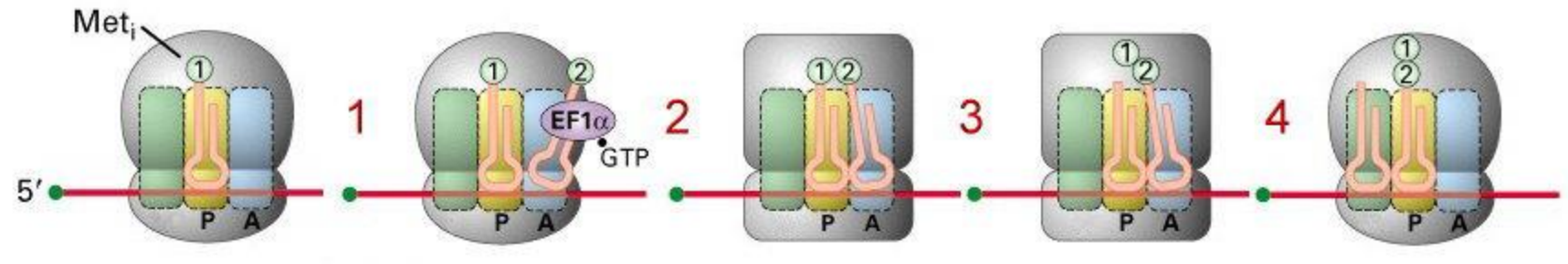
Этапы трансляции



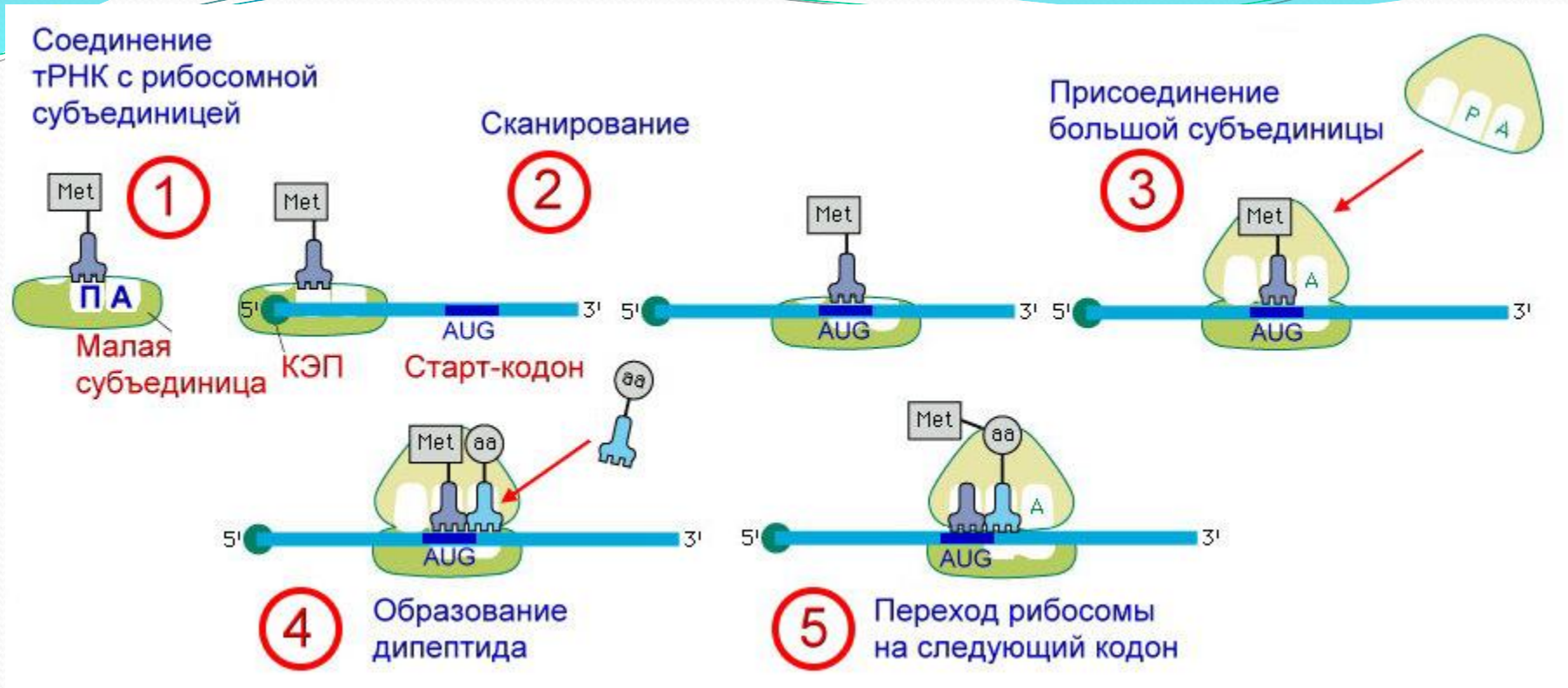
Вспомним, что кэп и поли-А хвост защищают иРНК; НТО – нетранслируемые области «паспорт» иРНК, определяют место трансляции.

В трансляции различают три этапа : *инициацию, элонгацию и терминацию.*

В малой рибосоме расположен *функциональный центр рибосомы* (ФЦР) с двумя участками — *пептидильным (Р-участок)* и *аминоацильным (А-участок)*. В ФЦР может находиться шесть нуклеотидов иРНК, три - в пептидильном и три - в аминоацильном участках.

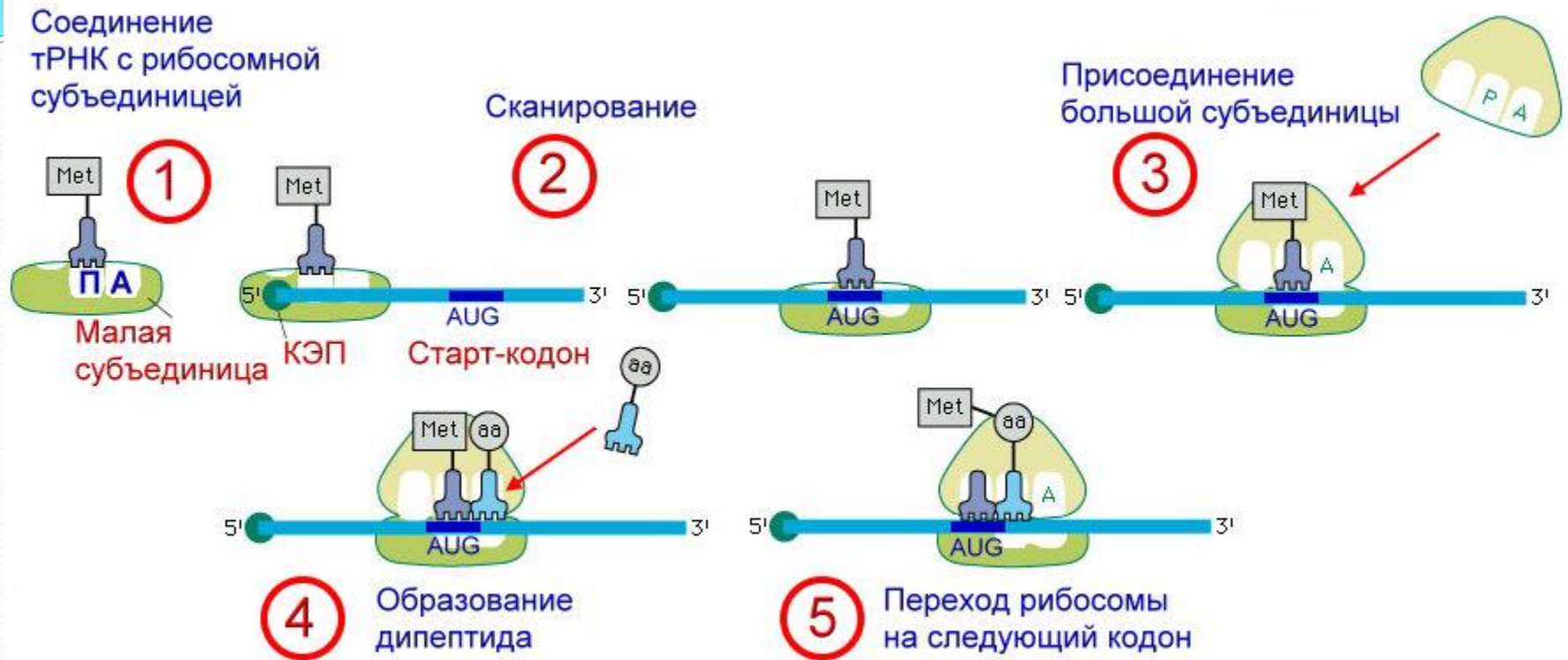


Этапы трансляции



Инициация. Синтез белка начинается с того момента, когда к 5'-концу иРНК присоединяется малая субъединица рибосомы, в Р-участок которой заходит метиониновая тРНК.

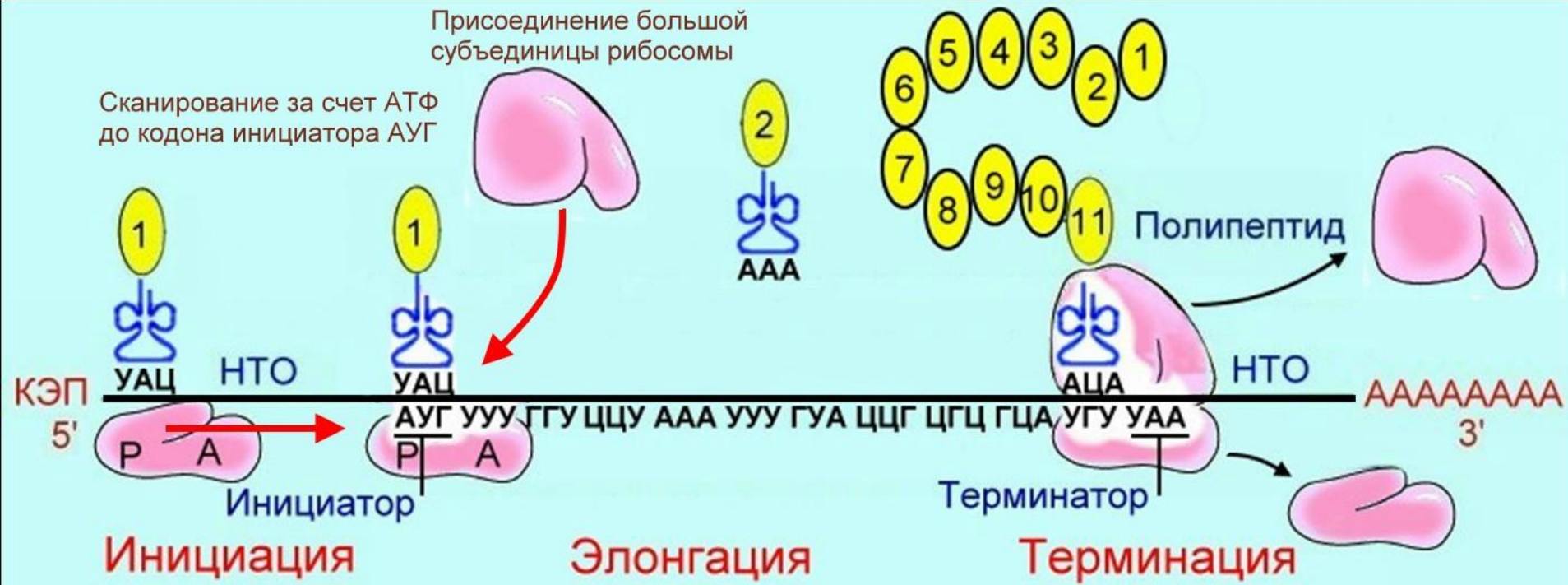
Этапы трансляции



За счет АТФ происходит передвижение инициаторного комплекса (малая субъединица рибосомы, тРНК с метионином) по НТО до метионинового кодона АУГ. Этот процесс называется *сканированием*.

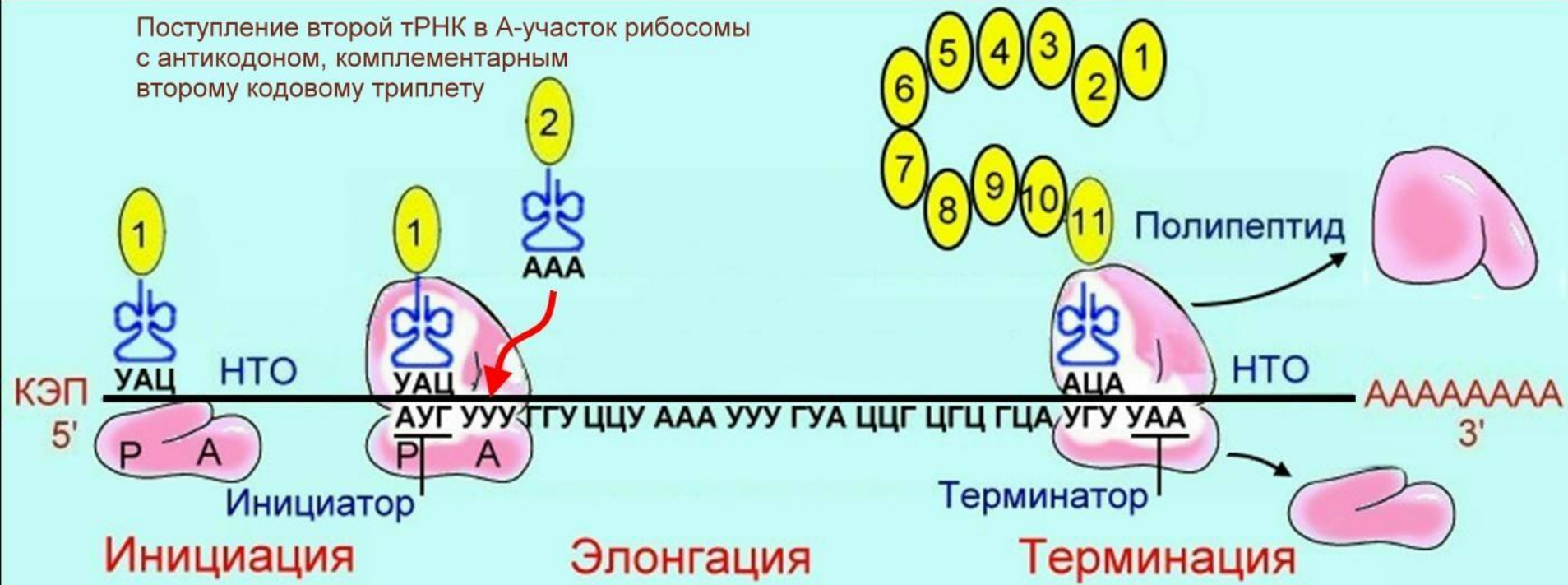
Элонгация. Как только в Р-участок сканирующего комплекса попадает кодон АУГ, происходит присоединение большой субъединицы рибосомы. В А-участок ФЦР поступает вторая тРНК, чей антикодон комплементарно спаривается с кодоном иРНК, находящимся в А-участке.

Этапы трансляции



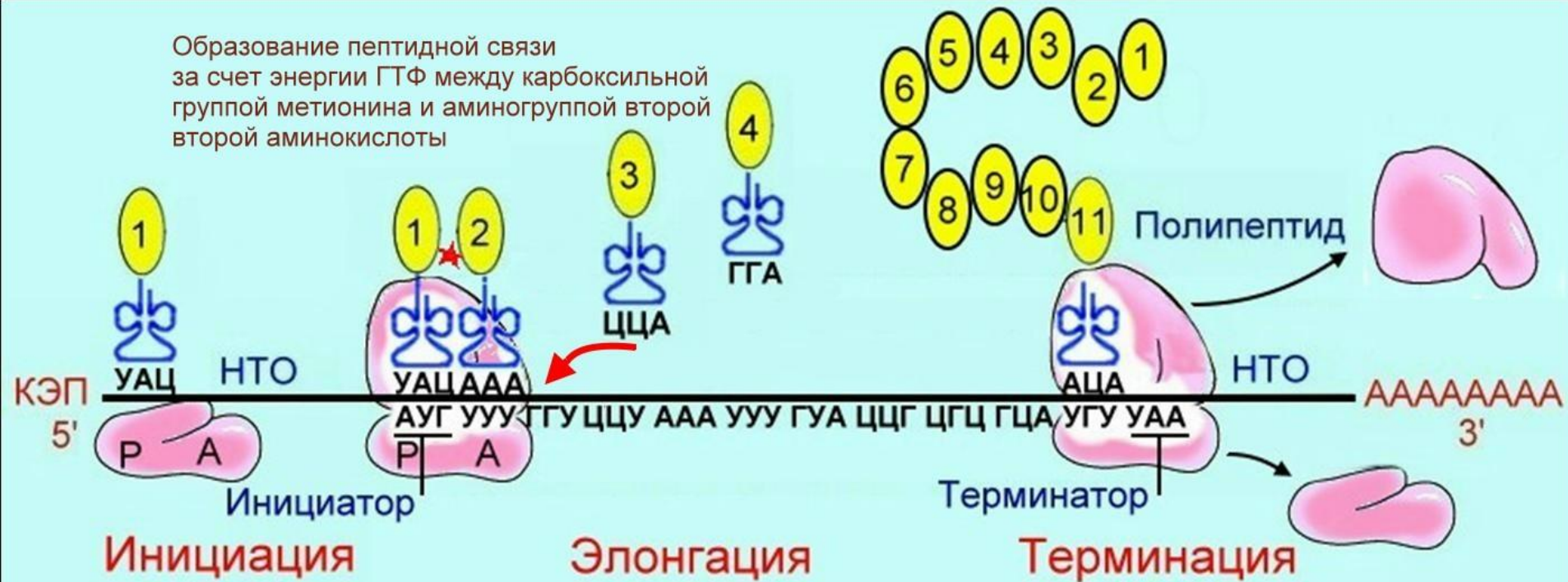
Этапы трансляции

Поступление второй тРНК в А-участок рибосомы с антикодоном, комплементарным второму кодовому триплету



Этапы трансляции

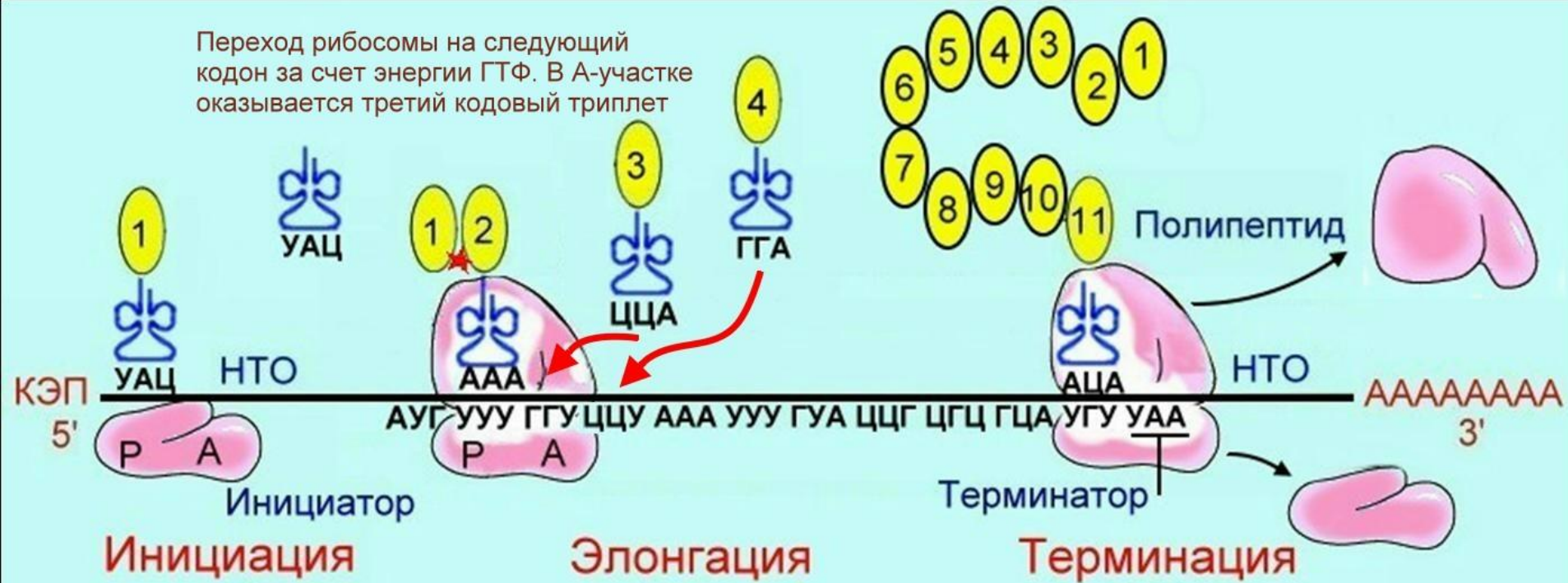
Образование пептидной связи за счет энергии ГТФ между карбоксильной группой метионина и аминогруппой второй аминокислоты



Пептидилтрансферазный центр большой субъединицы катализирует образование пептидной связи между метионином и второй аминокислотой. Отдельного фермента, катализирующего образование пептидных связей, не существует. Энергия для образования пептидной связи поставляется за счет гидролиза ГТФ.

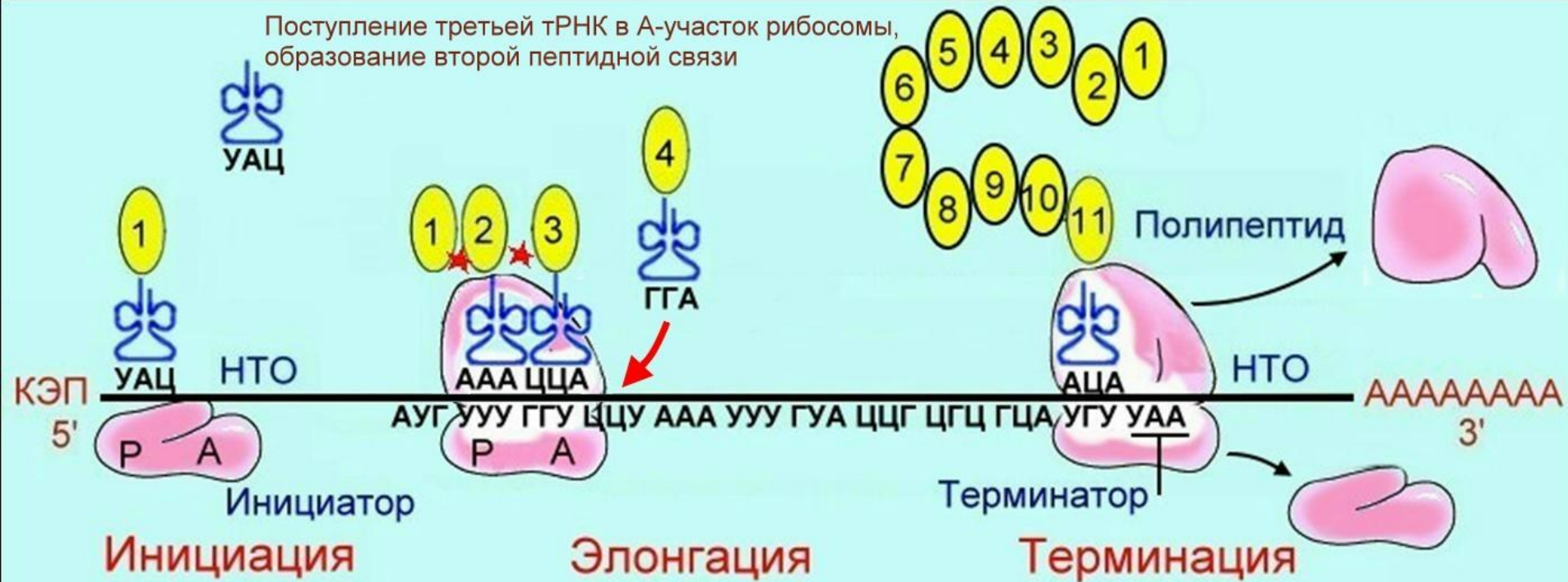
Этапы трансляции

Переход рибосомы на следующий кодон за счет энергии ГТФ. В А-участке оказывается третий кодовый триплет



Как только образовалась пептидная связь, метиониновая тРНК отсоединяется от метионина, а рибосома передвигается на следующий кодовый триплет иРНК, который оказывается в А-участке рибосомы, а метиониновая тРНК выталкивается в цитоплазму.

Этапы трансляции

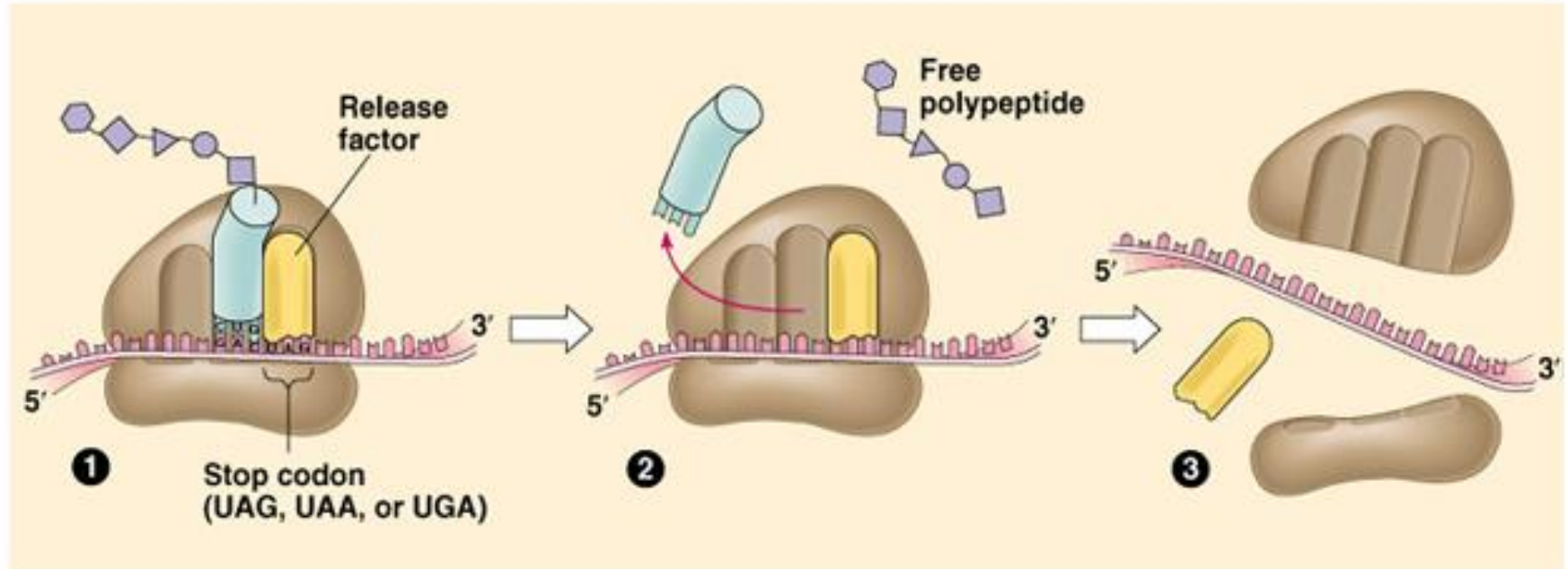


На один цикл расходуется 2 молекулы ГТФ. В А-участок заходит третья тРНК, и образуется пептидная связь между второй и третьей аминокислотами. Синтез полипептида идет от N-конца к С-концу, то есть пептидная связь образуется между карбоксильной группой первой и аминогруппой второй аминокислоты.

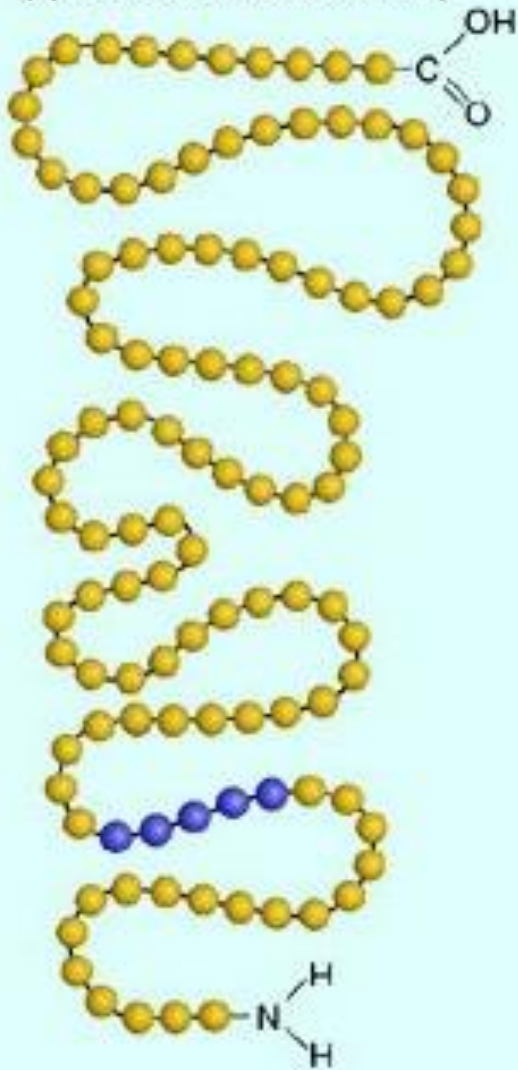
Этапы трансляции

Скорость передвижения рибосомы по иРНК — 5–6 триплетов в секунду, на синтез белковой молекулы, состоящей из сотен аминокислотных остатков, клетке требуется несколько минут.

Терминация. Когда в А-участок попадает кодон-терминатор (УАА, УАГ или УГА), с которым связывается особый белковый фактор освобождения, полипептидная цепь отделяется от тРНК и покидает рибосому. Происходит диссоциация, разъединение субъединиц рибосомы.



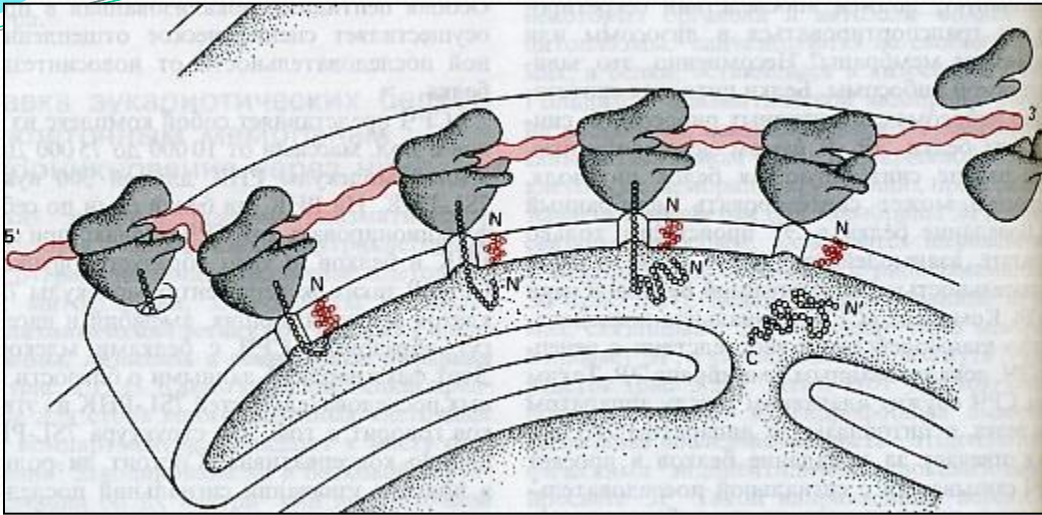
Первичная структура
(цепочка аминокислот)



Многие белки имеют лидерную последовательность – 15-25 аминокислотных остатков, «паспорт» белка, определяющий его локализацию в клетке – в митохондрию, в хлоропласты, в ядро. В дальнейшем ЛП удаляется.

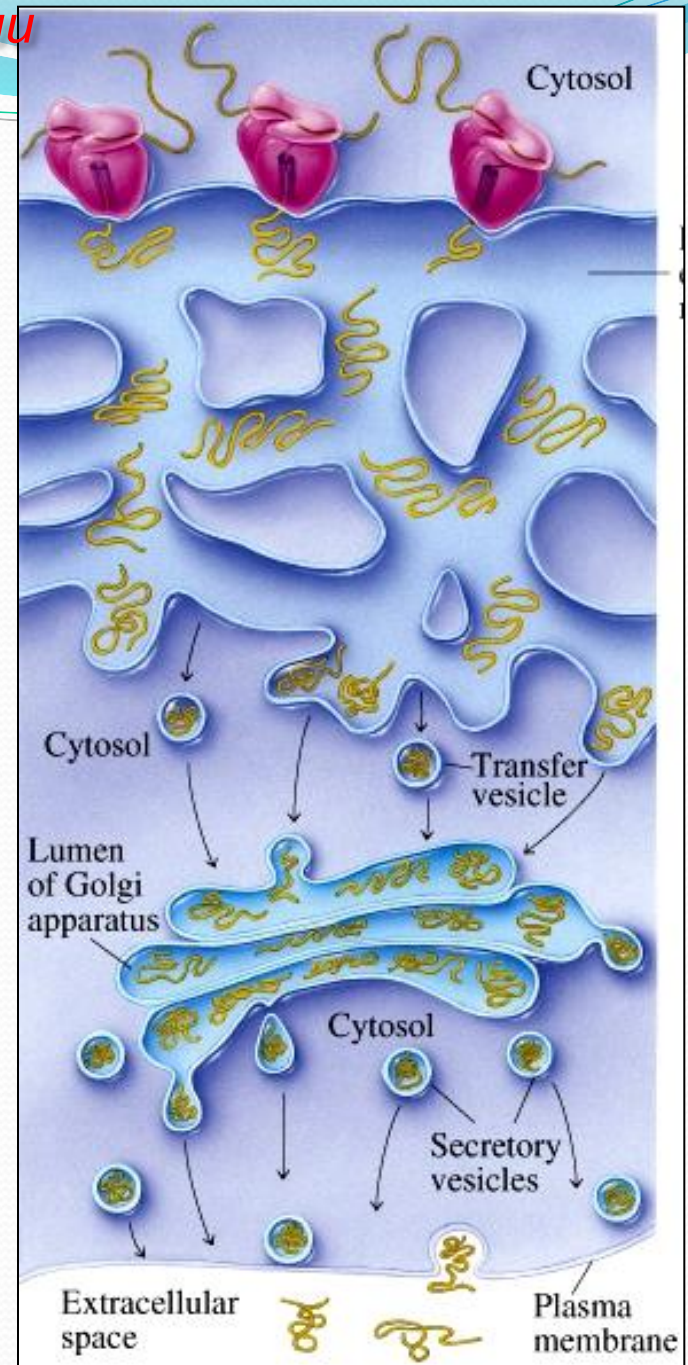
Первым белком, синтезированным искусственно, был инсулин, состоящий из 51 аминокислотного остатка. Потребовалось провести 5000 операций, в работе принимали участие 10 человек в течение трех лет.

Этапы трансляции



Для увеличения производства белка через иРНК могут одновременно проходить несколько рибосом, последовательно транслирующие один и тот же белок. Такую структуру, объединенную одной молекулой иРНК называют **полисомой**.

Белки «на экспорт» синтезируются на шероховатой ЭПС.



Что необходимо для трансляции? Поясните значение:

Кодогенная цепь ДНК.

Аминокислоты.

Лигазы.

Аминоацил-тРНК-синтетазы.

АТФ, ГТФ.

Дезоксирибонуклеозидтрифосфаты.

иРНК.

тРНК.

РНК-синтетаза.

ДНК-синтетаза.

Рибосомы.

Подведем итоги:

Какие этапы различают в биосинтезе белка?

Транскрипция, образование иРНК и трансляция.

Что такое трансляция?

Синтез белка на иРНК.

Что известно о строении тРНК?

76-85 нуклеотидов, три петли, одна содержит антикодон, к акцепторному участку на 3'-конце присоединяется аминокислота.

Каково значение аминоацил-тРНК-синтетаз?

Присоединяют аминокислоты к тРНК за счет энергии АТФ.

Какие этапы различают в трансляции?

Инициацию, элонгацию, терминацию.

Что происходит во время инициации трансляции?

В П-участок малой субъединицы поступает метиониновая тРНК, комплекс присоединяется к иРНК и сканирует до старт-кодона.

Каковы функции большой субъединицы рибосомы?

Соединяет аминокислоты пептидными связями.

В какой участок ФЦР поступает новая тРНК с аминокислотой?

В аминоацильный, в А-участок.

Сколько аминокислот закодировано на участке иРНК, состоящем вместе с терминальным кодоном из 300 нуклеотидов?

99 аминокислот. ($300 : 3 = 100$ кодонов, $100 - 1 = 99$).

Подведем итоги:

Белок состоит из 100 аминокислот. Установите, во сколько раз молекулярная масса иРНК, кодирующей данный белок, превышает молекулярную массу белка, если средняя молекулярная масса аминокислоты – 110, а нуклеотида – 300.

Количество нуклеотидов: $100 \cdot 3 = 300$. Масса нуклеотидов $300 \cdot 300 = 90\,000$, масса аминокислот $11\,000$. Примерно в 9 раз.

Какую длину имеет фрагмент иРНК, определяющий длину белка, в состав которого входят 100 аминокислот?

$100 \cdot 3 = 300$ нуклеотидов; $300 \cdot 0,34 \text{ нм} = 102 \text{ нм}$.

Поясните рисунок:

