

# Молекулярная биология. Лекция 3

# Транскрипция

# Центральная догма

транскрипция

трансляция

ДНК  $\longrightarrow$  РНК  $\longrightarrow$  белок

Принцип  
копирования

Комплементар-  
ность

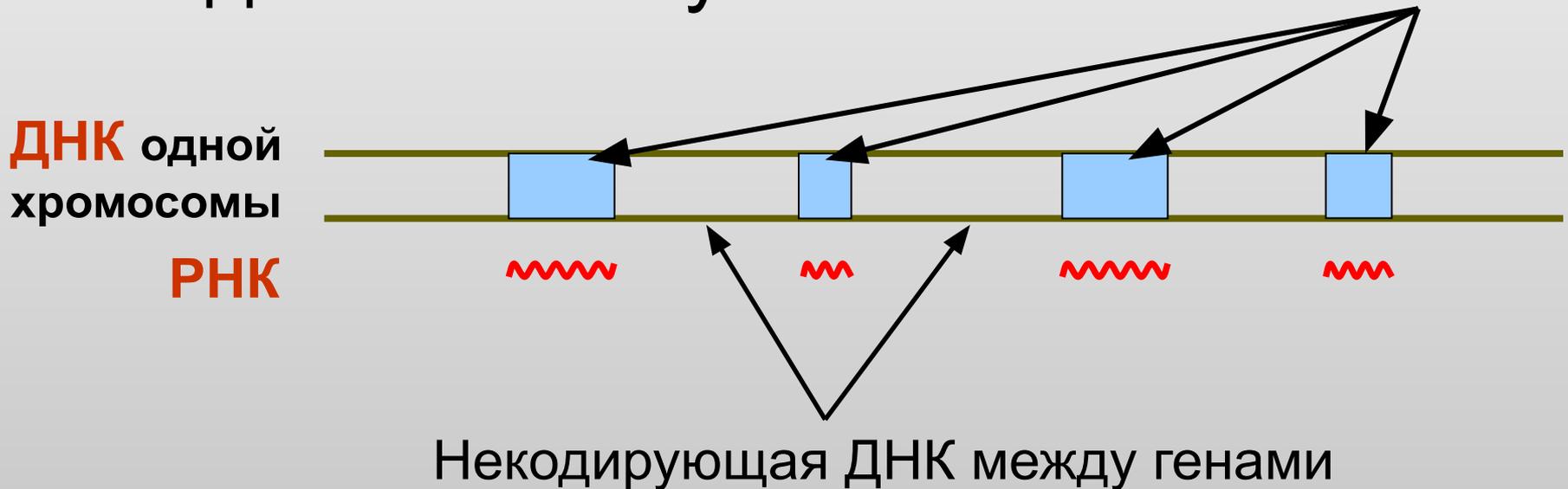
Генетический  
код

# Транскрипция ДНК → РНК

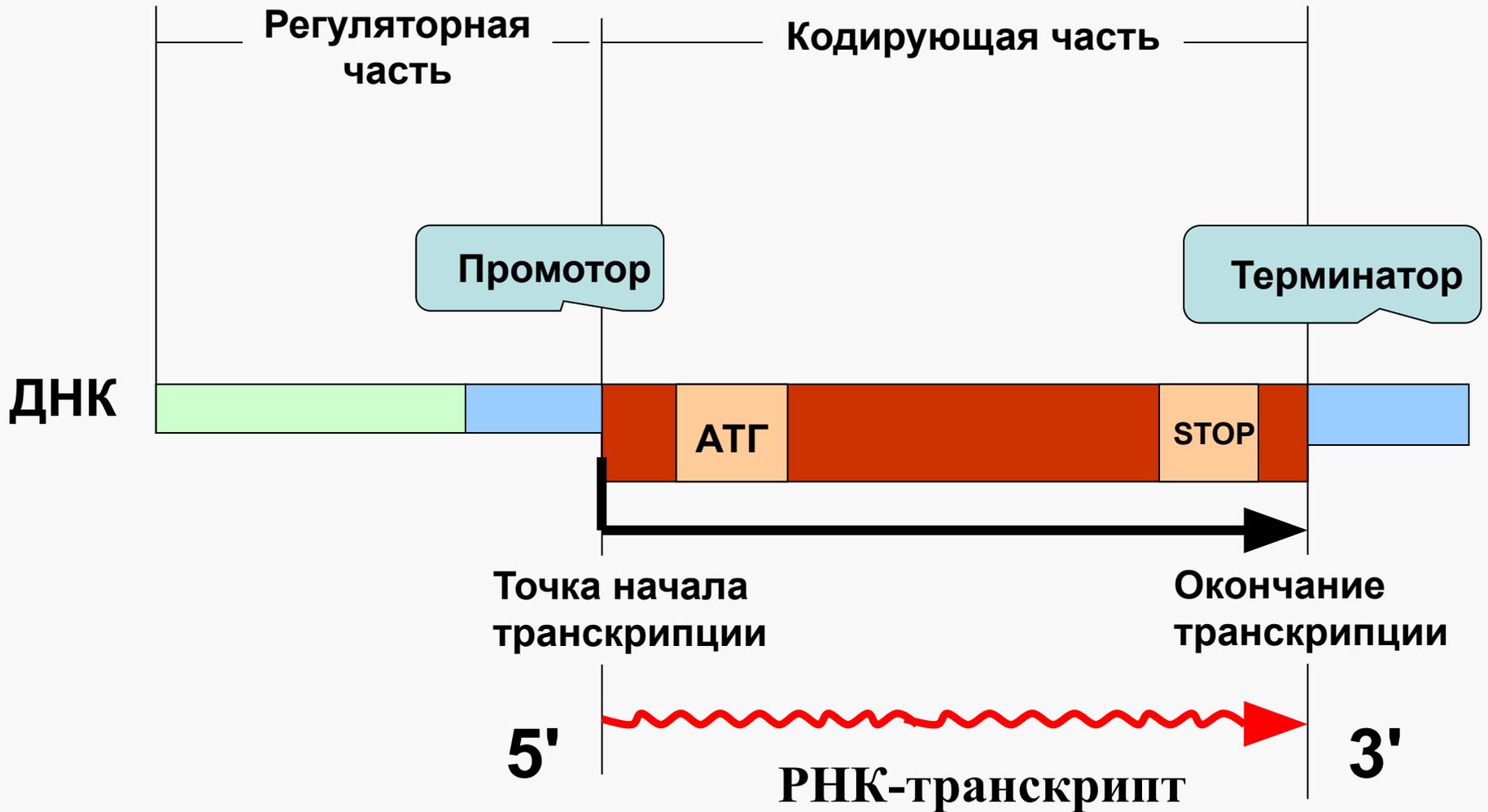
- Синтез РНК по матрице ДНК ферментом РНК-полимеразой
- Первый этап реализации генетической информации в клетке

# Гены – транскрибируемые участки ДНК

- Транскрибируется не вся ДНК, а лишь отдельные ее участки – **гены**.



# Строение гена



# Знаки начала и окончания матричных синтезов

транскрипция

трансляция

ДНК  $\longrightarrow$  РНК  $\longrightarrow$  белок

Знак начала

**Промотор**

**СТАРТ- кодон**

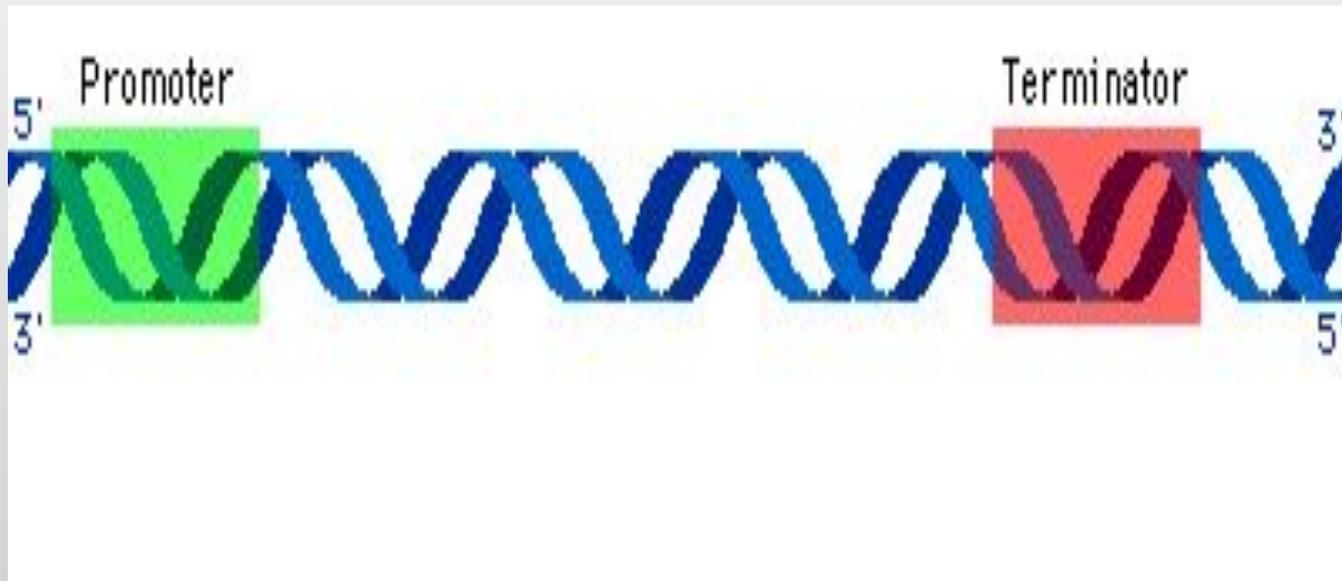
Знак окончания

**Терминатор**

**СТОП - кодон**

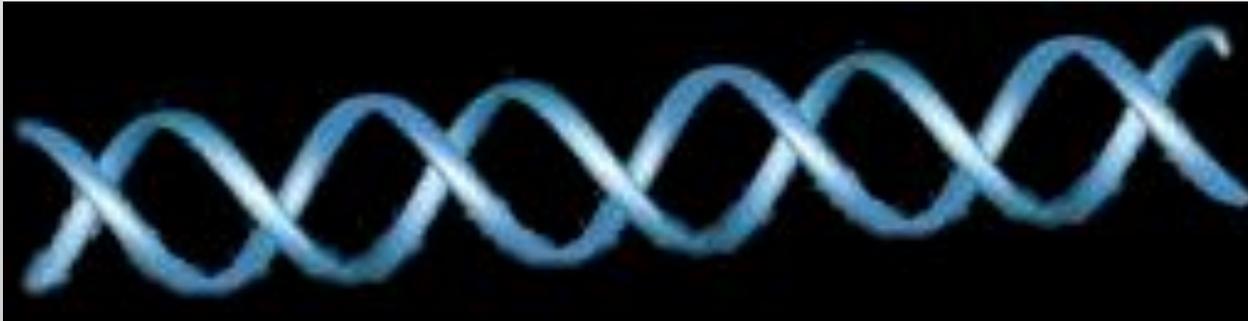
Промотор и терминатор – не кодоны, а более длинные последовательности (до 100 н.п.)

# Транскрипция



**Для транскрипции нужны**

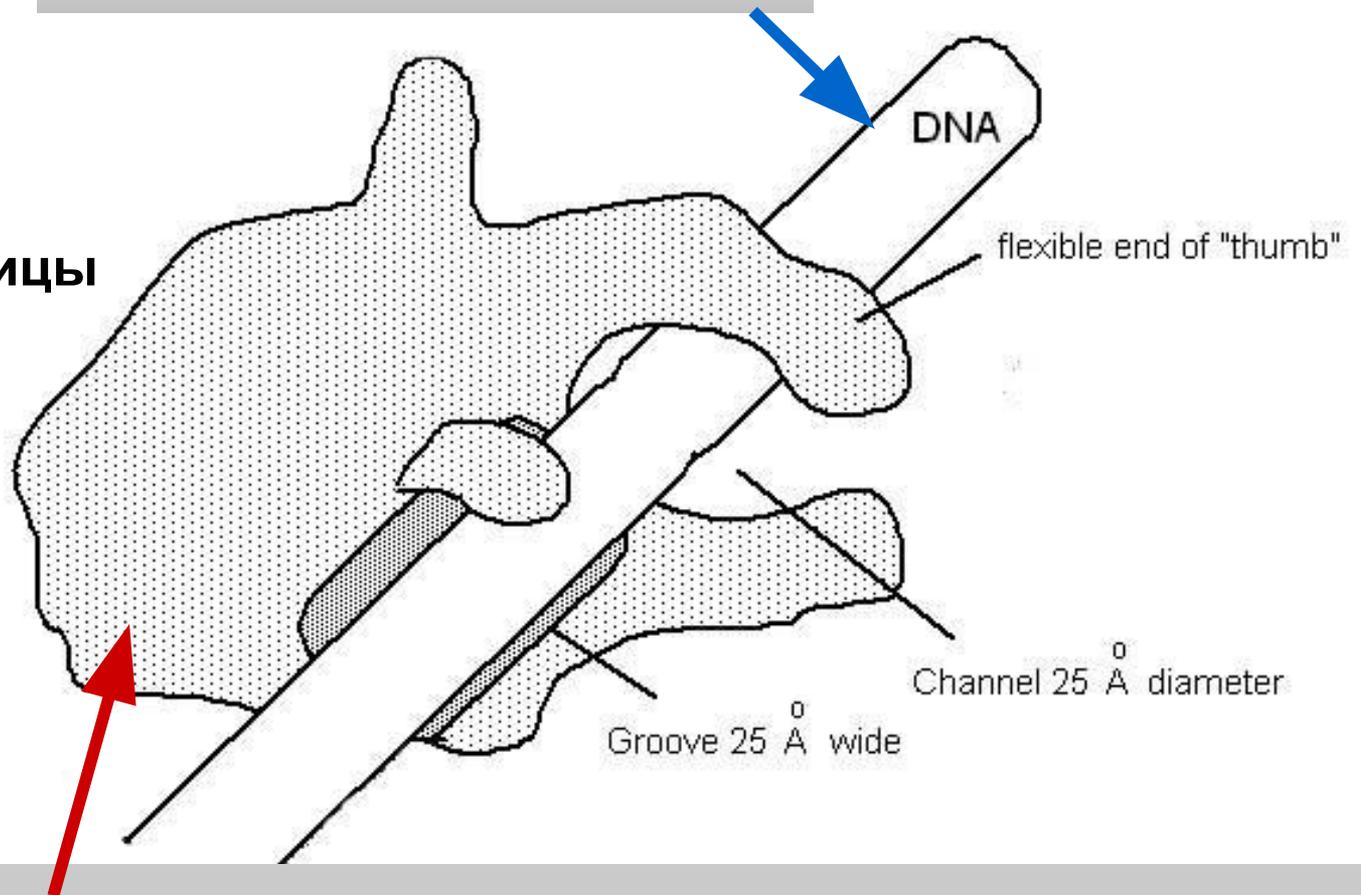
**1. Матрица – ДНК**



# Для транскрипции нужны

Матрица – ДНК

4 субъединицы



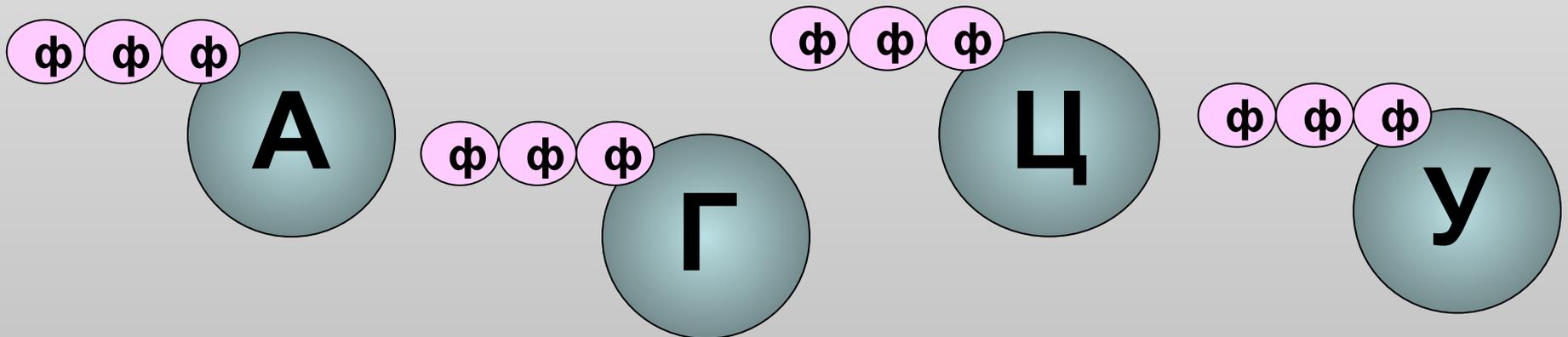
2. Фермент – РНК-полимераза

Для транскрипции нужны

## 3. Мономеры

Активированные нуклеотиды

трифосфаты

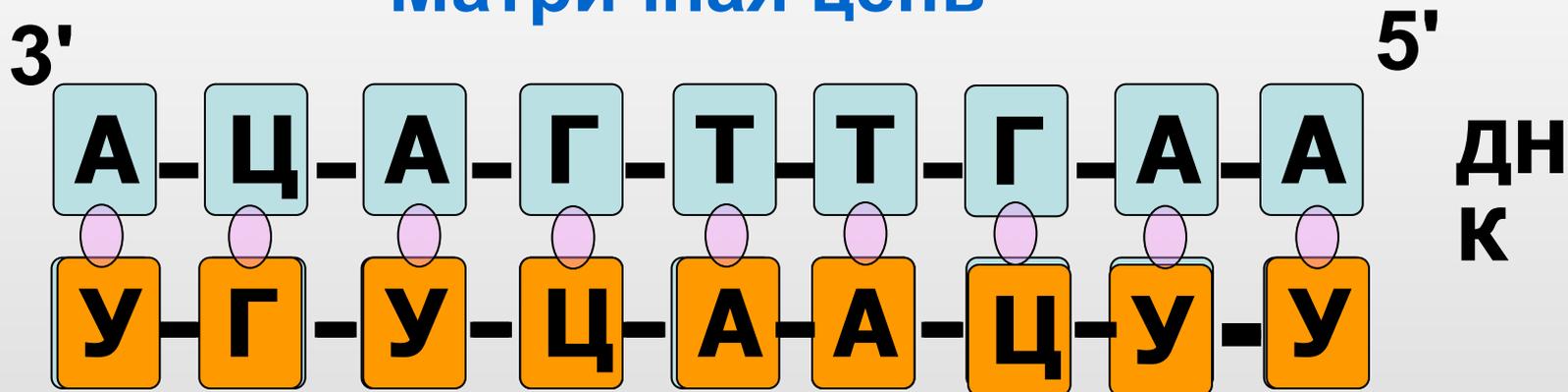


# Принципы транскрипции

- Комплементарность
- Антипараллельность
- Униполярность
- Асимметричность

# Асимметричность

Матричная цепь



5'

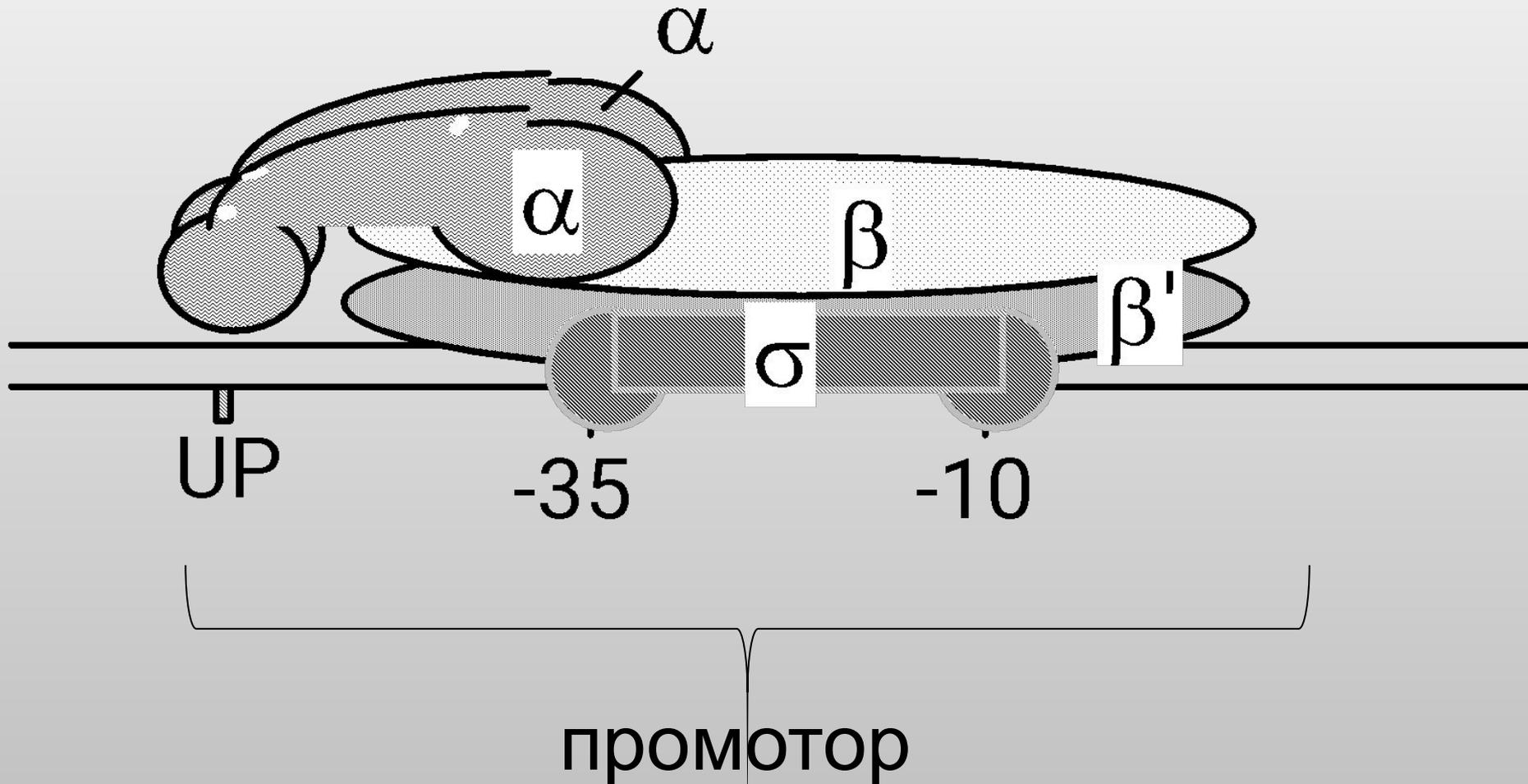
Смысловая цепь

ДН  
3' К

# Этапы транскрипции

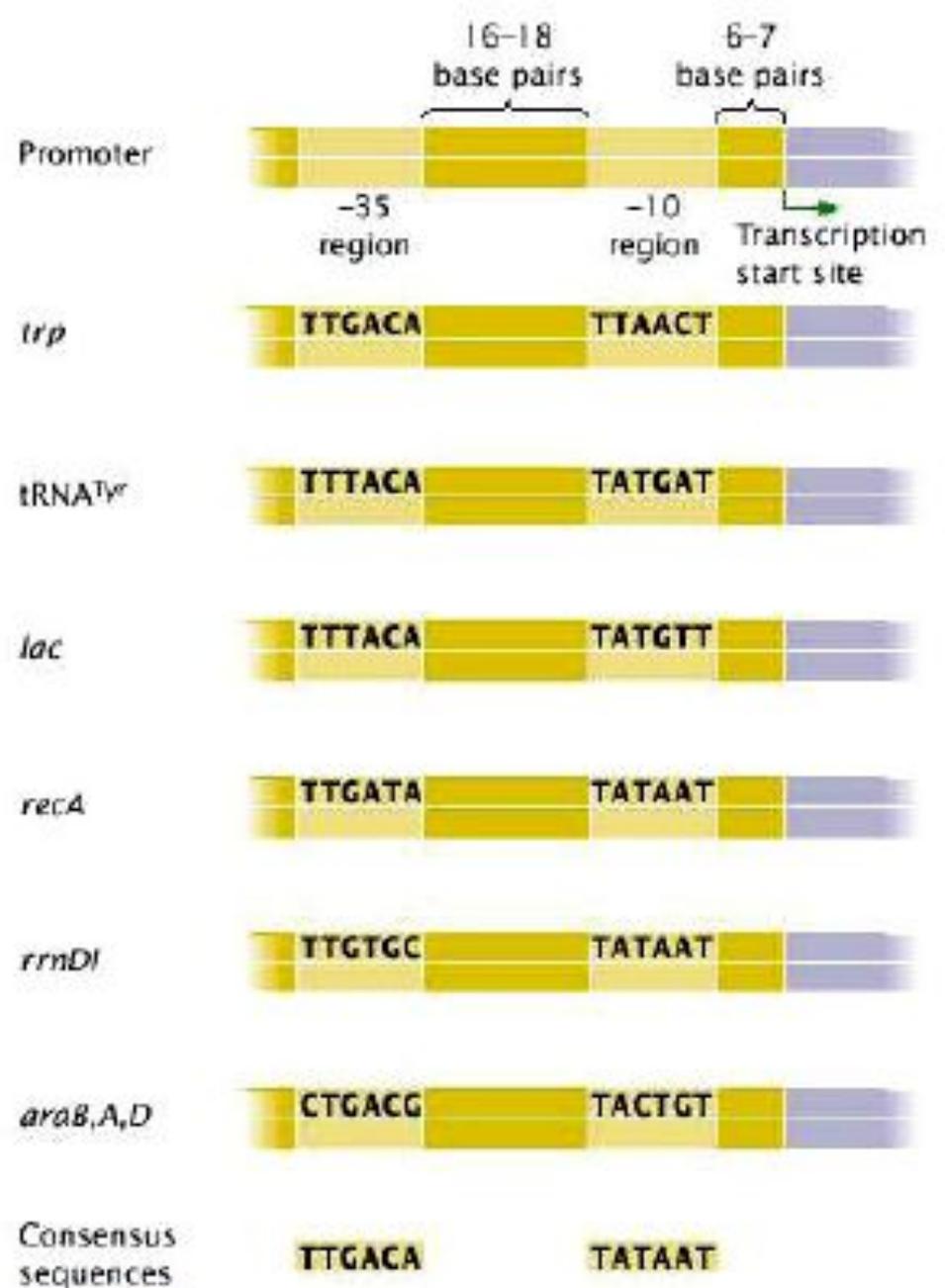
# 1. Инициация (начало)

РНК-полимераза узнает промотор



Промоторы  
разных генов  
слегка  
отличаются.

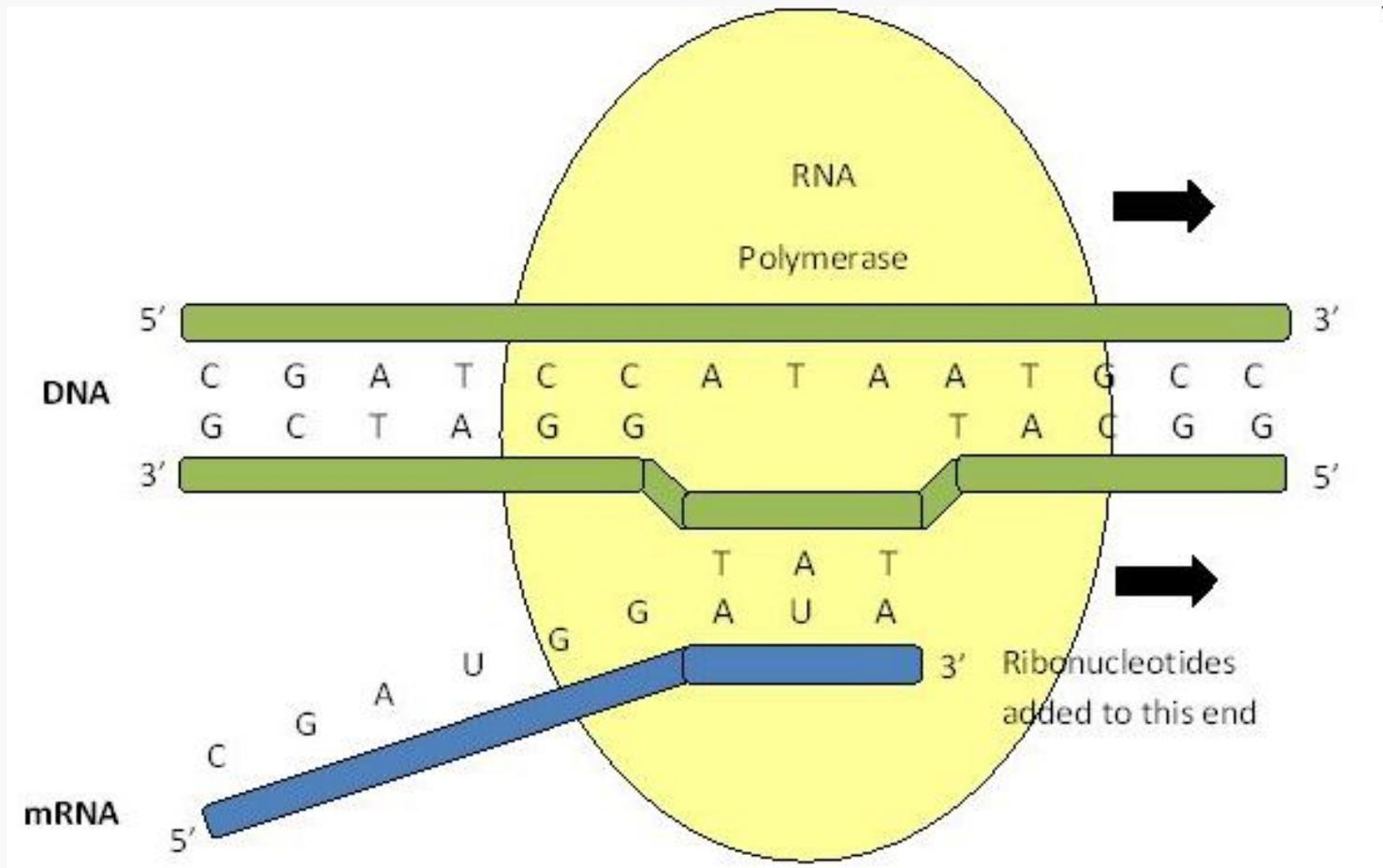
Есть сильные и  
слабые  
промоторы.



13.12 In most prokaryotic promoters, the actual sequence is not TATAAT. The sequences shown are

## 2. Элонгация (рост цепочки РНК)

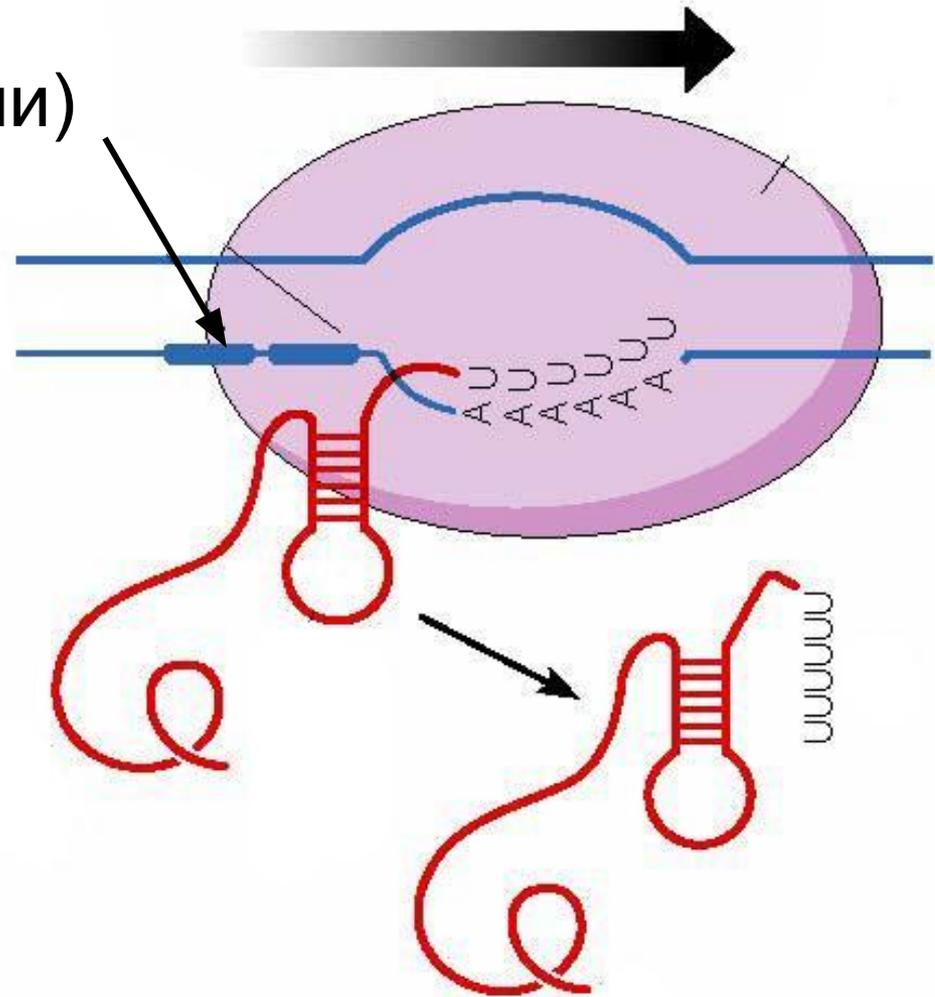
### РНК-полимераза движется по гену



# 3. Терминация

Терминатор (знак конца транскрипции)

направление транскрипции



В области терминатор находится инвертированный поворот, который приводит к образованию петли на . . . . .

# Общие параметры транскрипции

- Скорость – около 30 нуклеотидов / сек
- Частота ошибок – 1 на  $10^4$  нуклеотидов, т.е. на пять порядков выше, чем при репликации.      ↓
- Синтез РНК – гораздо менее точный процесс, чем синтез ДНК.

## Единица транскрипции.

Сколько генов считывается на одну и-РНК?

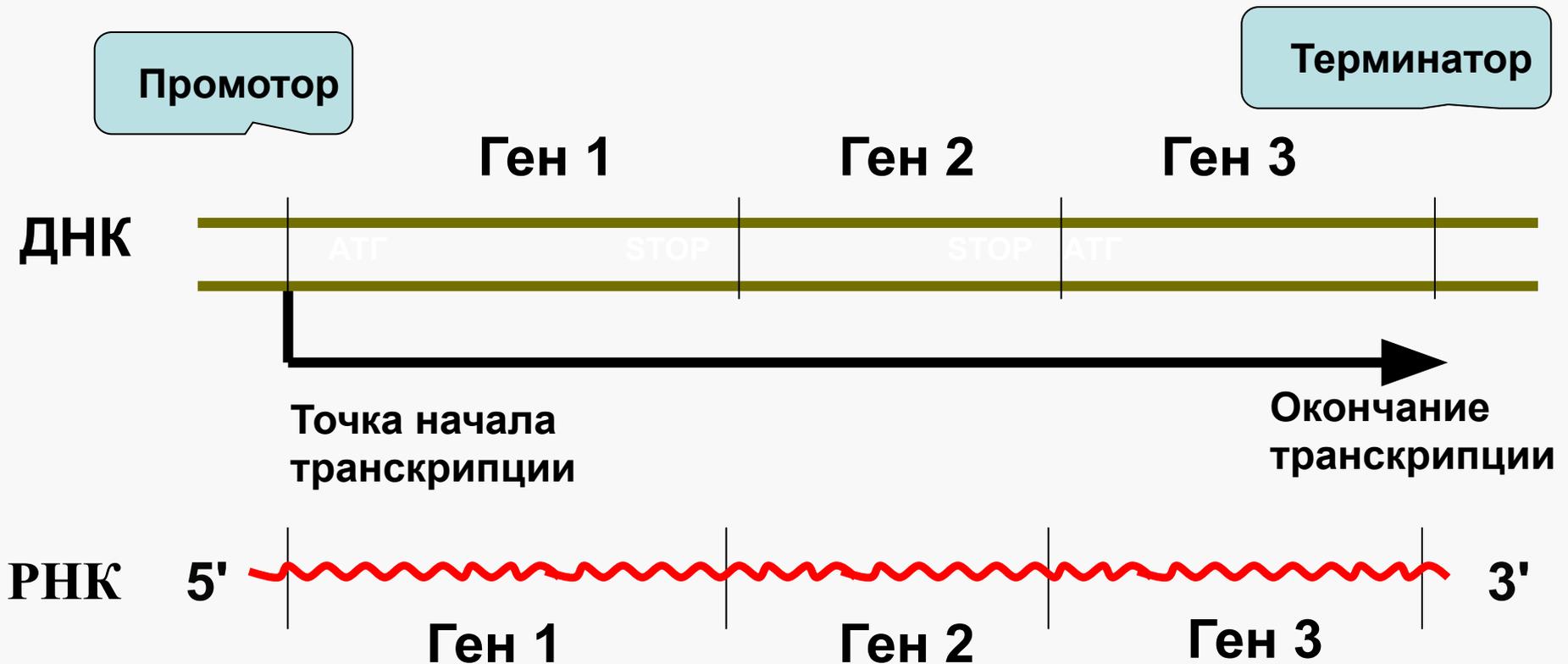
У эукариот – 1 ген

У прокариот – оперон: от 1 до 10 генов

- **Оперон** – несколько генов, считываемых на одну и-РНК у прокариот
  - 73 % оперонов *E.coli* содержат 1 ген,
  - Только 6 % - более 3 генов

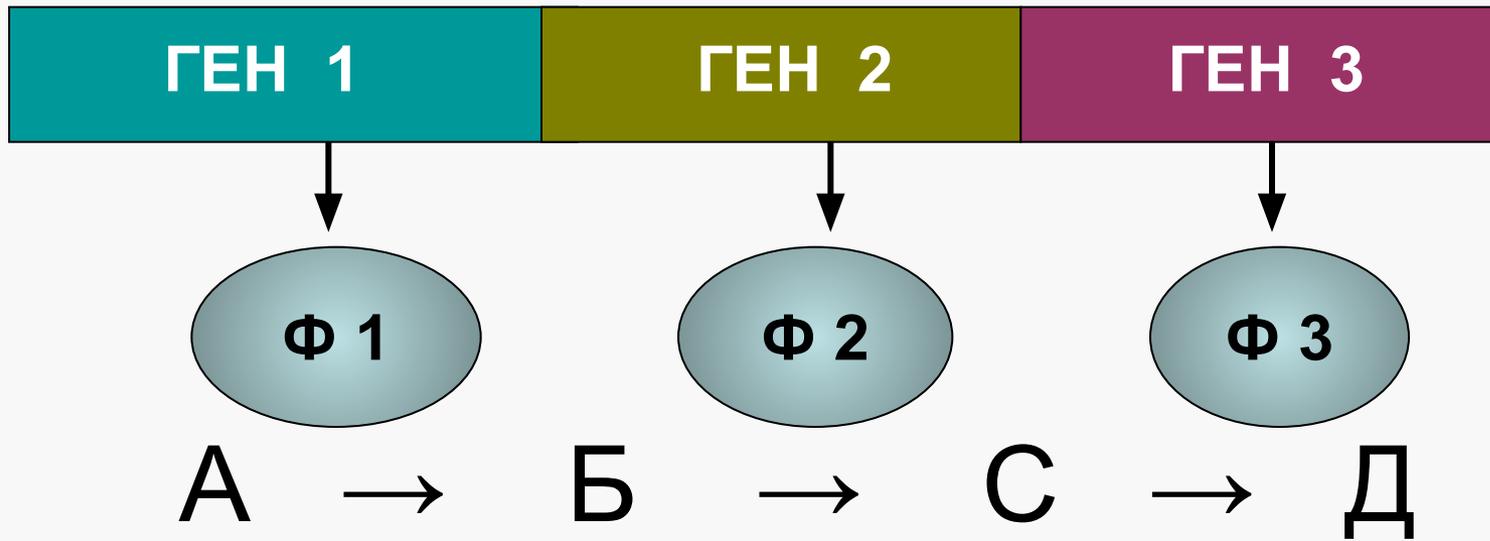
# Оперон прокариот

Несколько генов под одним промотором



Концепцию оперона для прокариот предложили в 1961 году французские ученые Жакоб и Моно, за что получили Нобелевскую премию в 1965 году.

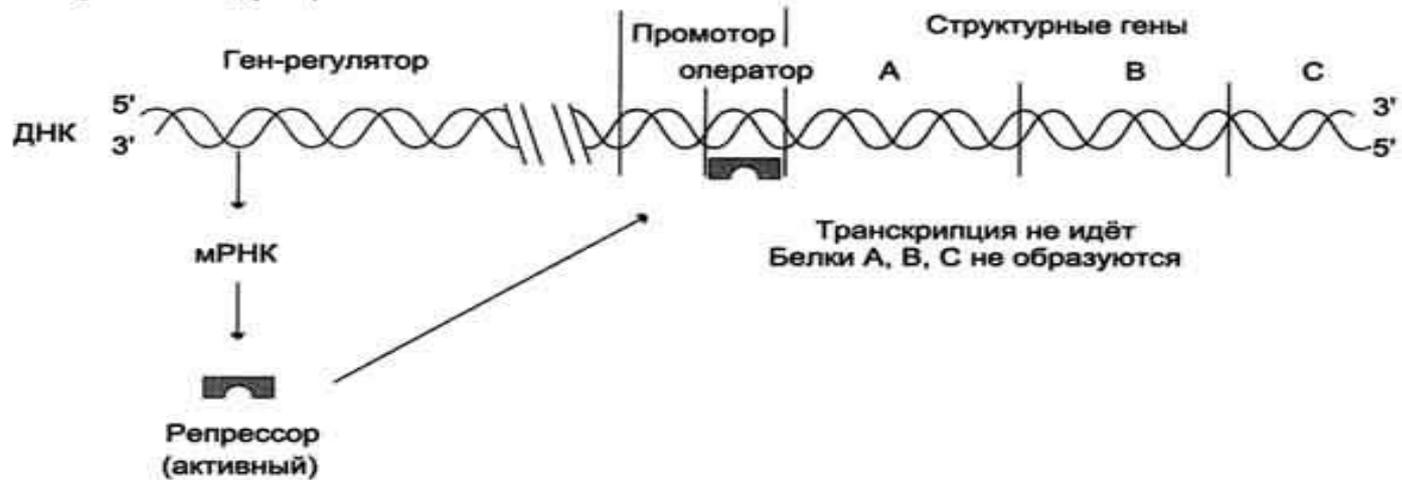
- В опероне собраны не случайные гены, а гены ферментов одного метаболического пути



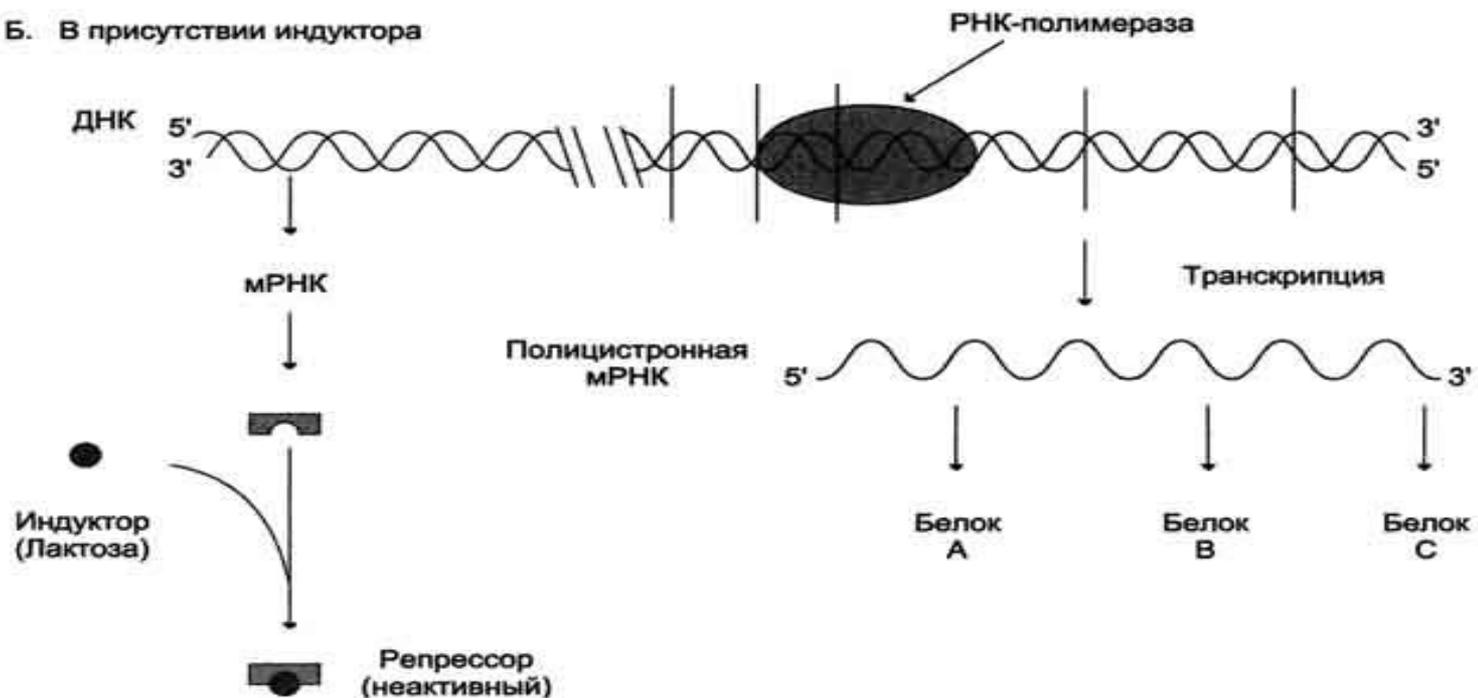
Метаболический путь –

цепочка последовательных химических реакций

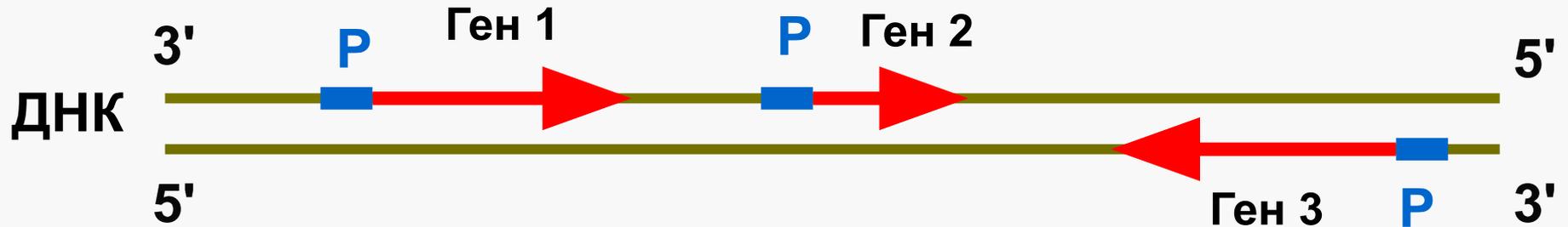
**А. В отсутствие индуктора**



**Б. В присутствии индуктора**

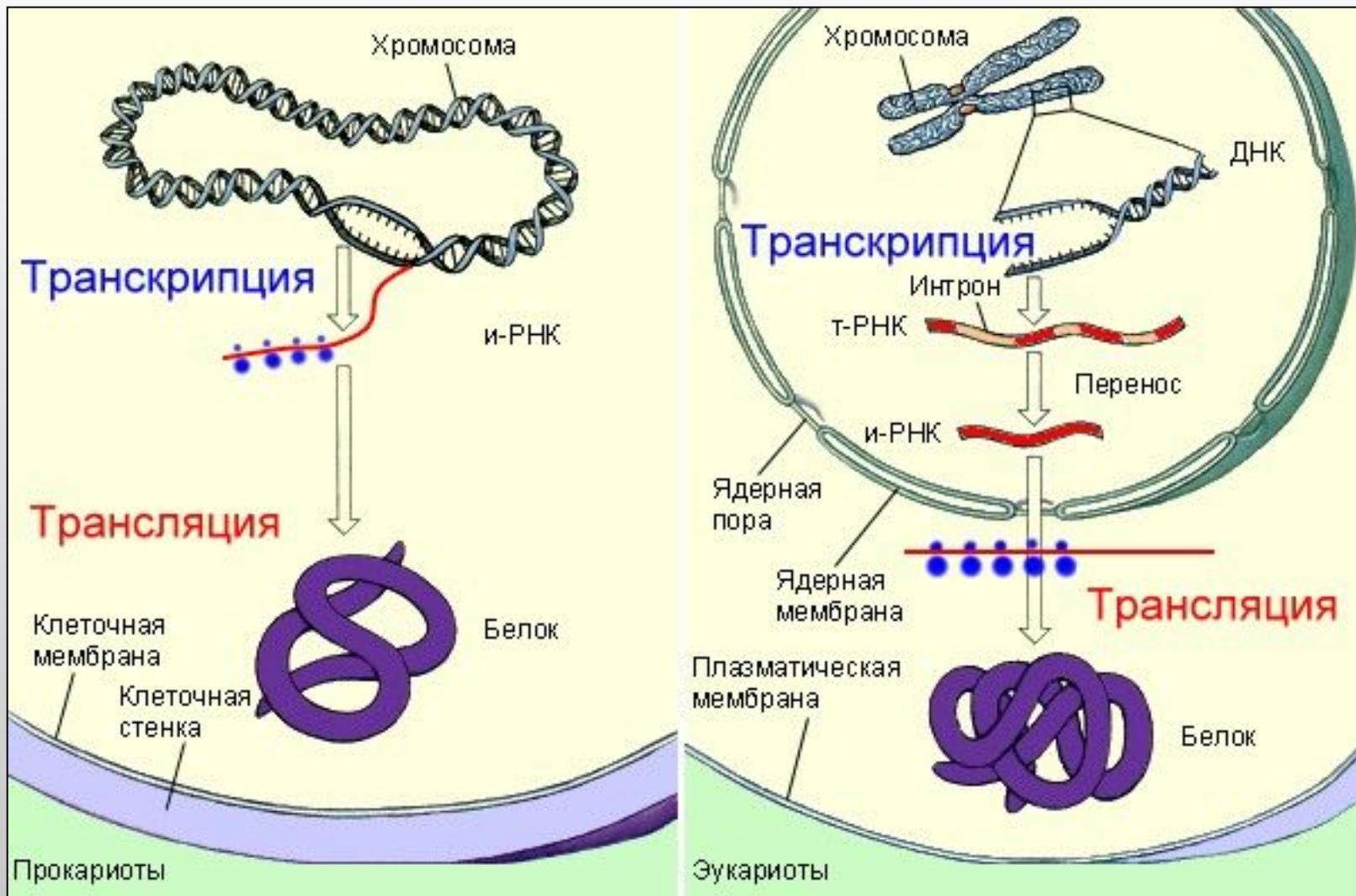


# Транскрипция генов в хромосоме

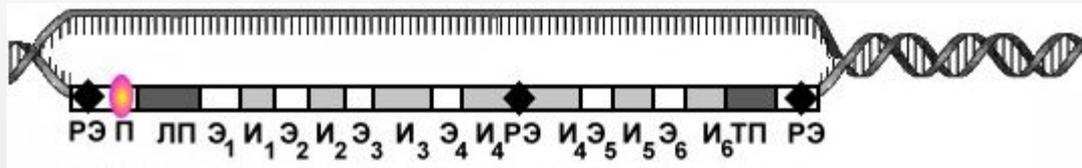


- Одна хромосома – одна молекула ДНК  
– около тысячи генов
- **Матричной** может быть любая из цепей.
- Но **в одном гене** матричная цепь всегда одна и та же – та, на которой промотор.

# Транскрипция



# Транскрипция



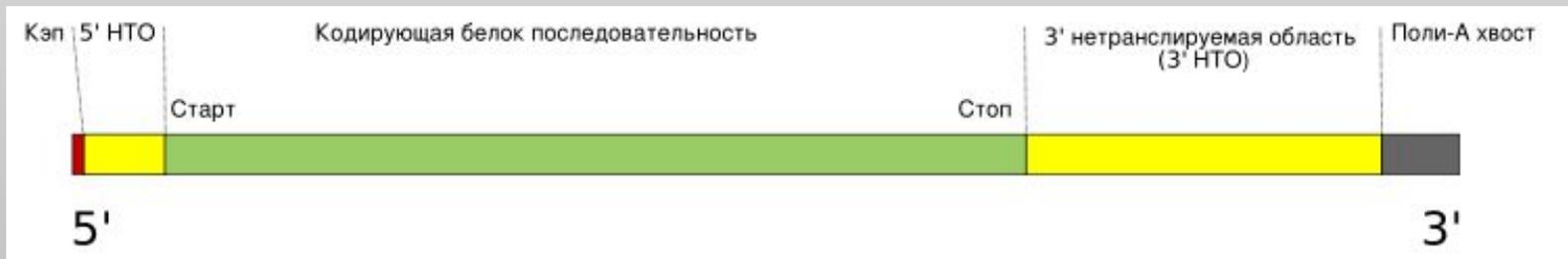
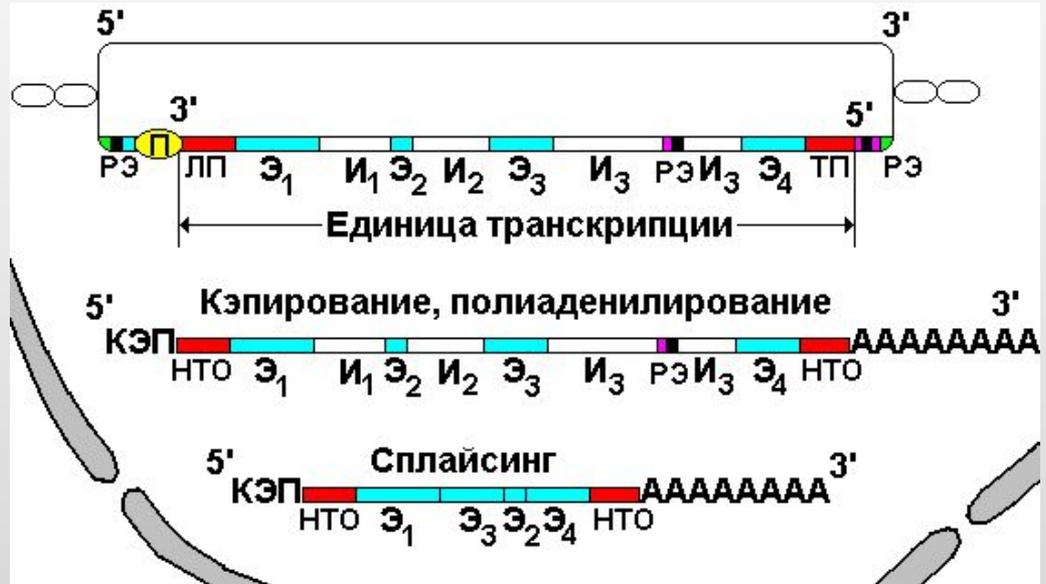
Особенностями строения гена эукариот являются:

- 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.

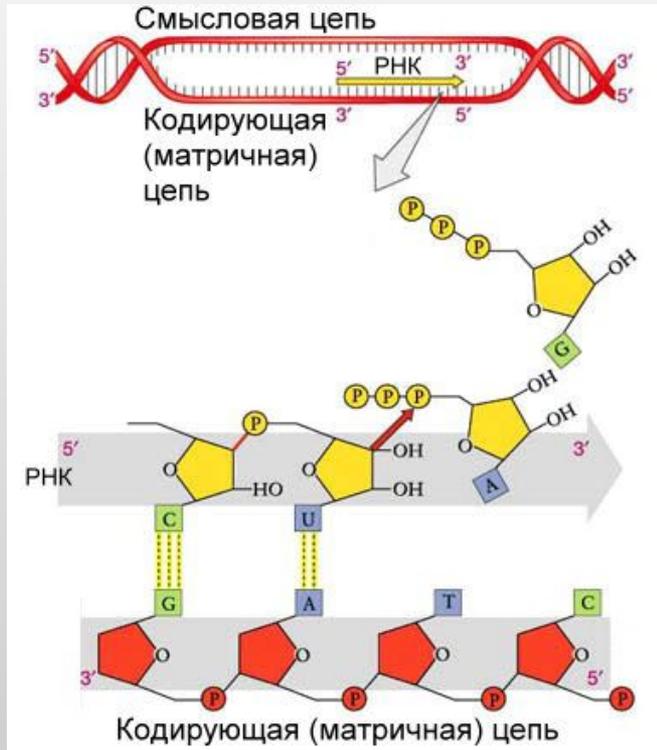
# Транскрипция

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.*



# Транскрипция



Транскрипция – *синтез РНК на матрице ДНК*. **РНК-полимераза II** 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



Сколько нуклеотидов кодируют полипептид из 51 аминокислоты?

153

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

УАЦ

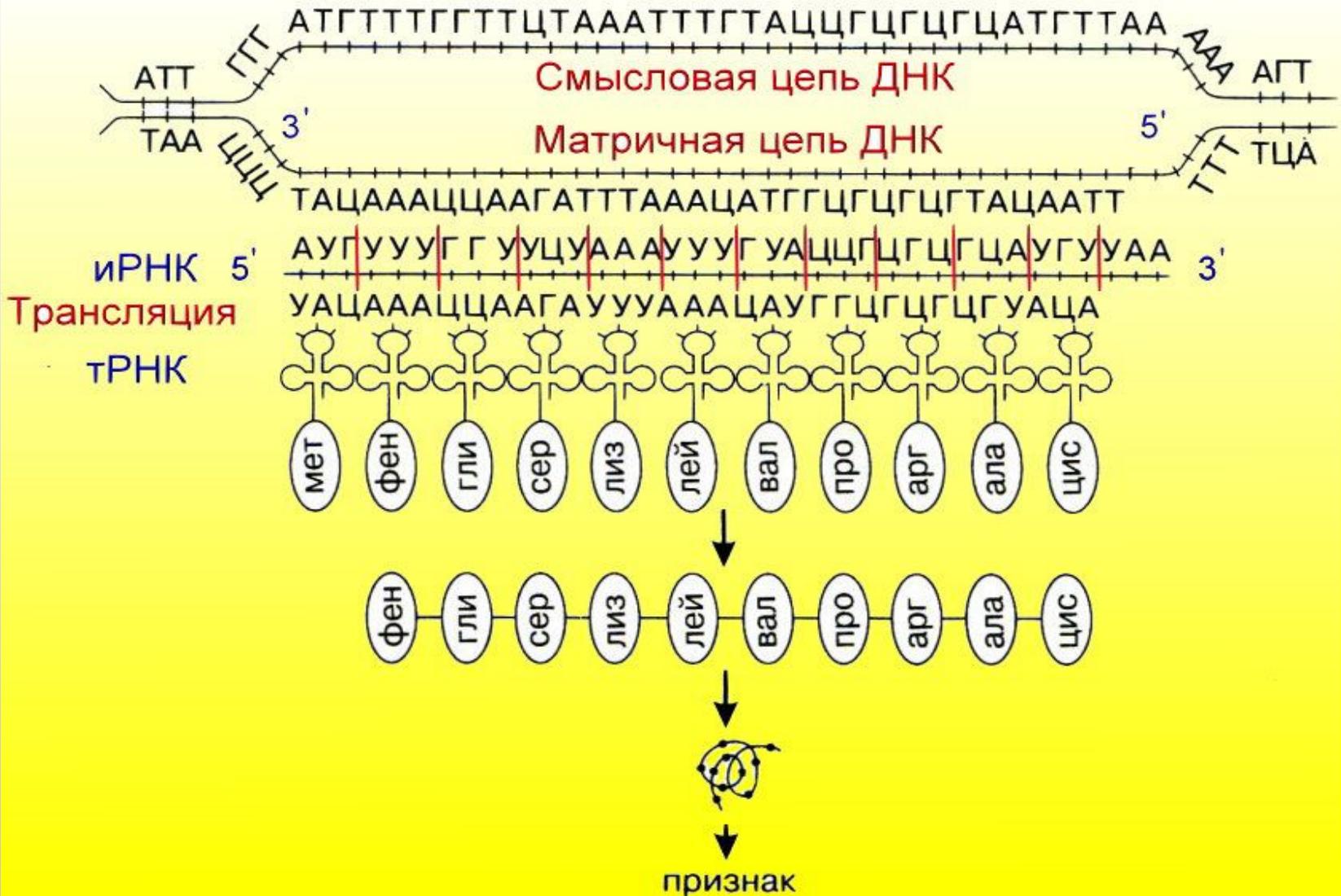
Какой триплет ДНК матричной цепи соответствует кодону

АСА иРНК?

ТГТ

# Транскрипция

Транскрипция



# Транскрипция

		Второй нуклеотид					
		У	Ц	А	Г		
Первый нуклеотид	У	УУУ	УЦУ } УЦЦ } УЦА } УЦГ }	УАУ	АУУ } ААЦ } ААА } ААГ }	УГУ	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }
		УУЦ		УАЦ		УГЦ	
		УУА		УАА		УГА	
		УУГ		УАГ		УГА	
Ц	ЦУУ	ЦЦУ } ЦЦЦ } ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ	ААУ } ААЦ } ААА } ААГ }	ЦГУ	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	
	ЦУЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		
	ЦУА		ЦАА		ЦГА		
	ЦУГ		ЦАГ		ЦГГ		
А	АУУ	АЦУ } АЦЦ } АЦА } АЦГ }	ААУ	ААУ } ААЦ } ААА } ААГ }	АГУ	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	
	АУЦ		ААЦ		АГЦ		
	АУА		ААА		АГА		
	АУГ		ААГ		АГГ		
Г	ГУУ	ГЦУ } ГЦЦ } ГЦА } ГЦГ }	ГАУ	ГАУ } ГАЦ } ГАА } ГАГ }	ГГУ	УЦА } УЦА } УЦА } УЦА }	
	ГУЦ		ГАЦ		ГГЦ		
	ГУА		ГАА		ГГА		
	ГУГ		ГАГ		ГГГ		

Каким кодоном кодируется аминокислота триптофан на иРНК? Какой триплет ДНК несет информацию об этой аминокислоте?

Кодон иРНК: 5' – УГГ – 3'

Кодон ДНК: 3' – АЦЦ – 5'

## Подведем итоги:

**Триплетность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Каждая аминокислота кодируется триплетом нуклеотидов – кодоном.*

**Однозначность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Кодовый триплет, кодон, соответствует только одной аминокислоте.*

**Вырожденность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Одну аминокислоту могут кодировать несколько (до шести) кодонов.*

**Универсальность** генетического кода. Поясните это свойство.

*Генетический код одинаков, одинаковые аминокислоты кодируются одними и теми же триплетами нуклеотидов у всех организмов Земли.*

**Неперекрываемость** генетического кода. Поясните это свойство.

*Последовательность нуклеотидов имеет рамку считывания по 3 нуклеотида, один и тот же нуклеотид не может быть в составе двух триплетов.*

На ДНК могут быть закодированы:

*Полипептиды, рРНК, тРНК.*

## 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.*

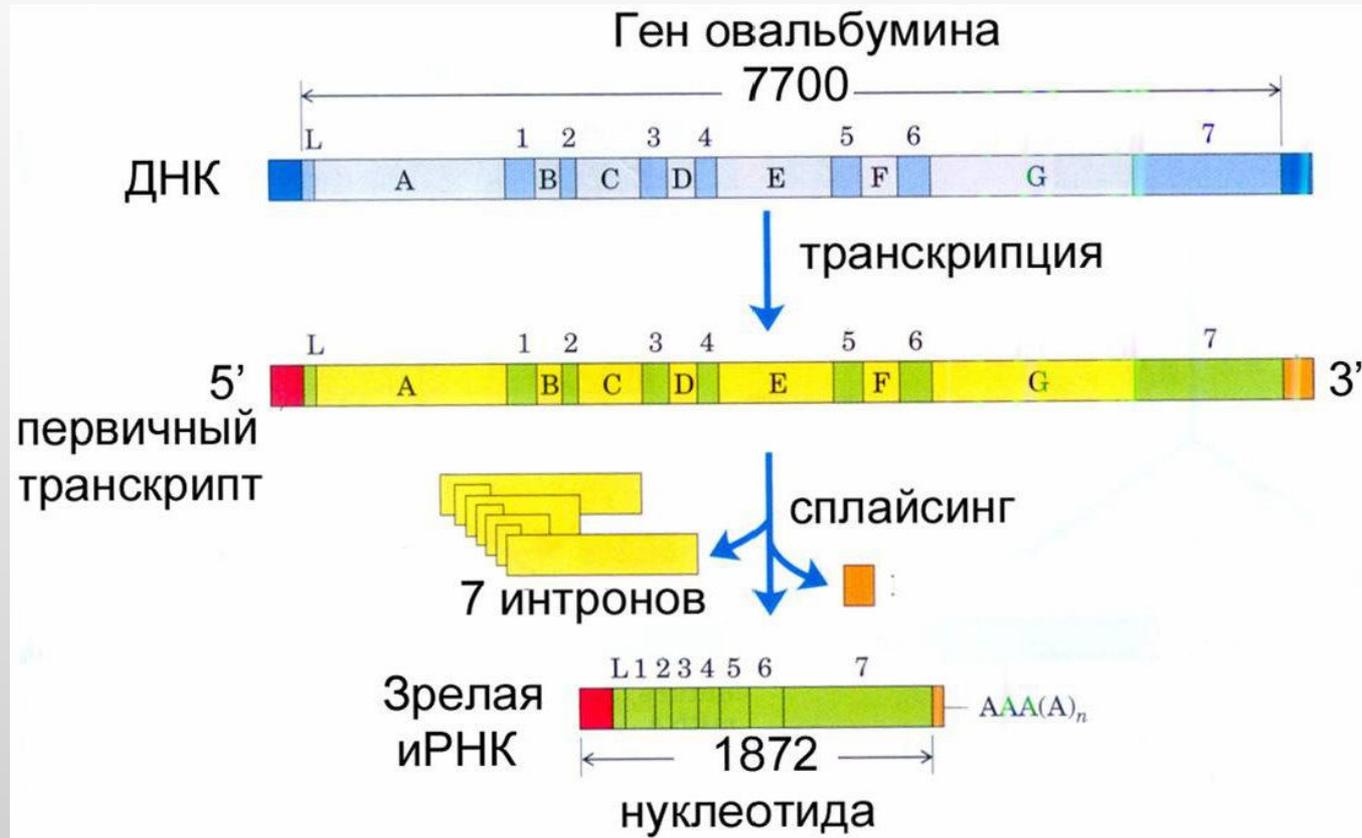
Что такое транскрипция?

*Транскрипция – синтез РНК на матрице ДНК.*

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

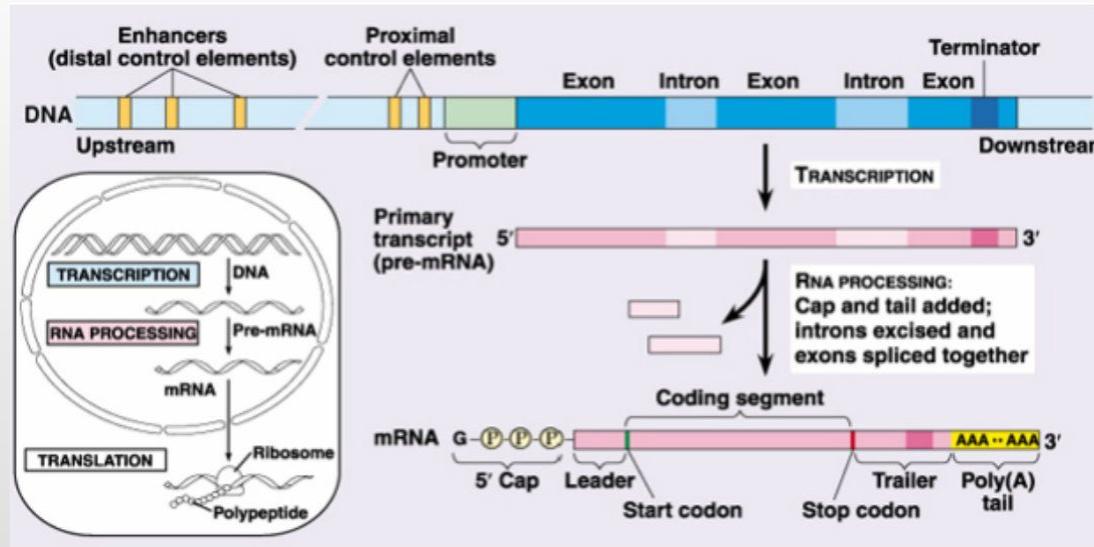
*РНК-полимераза может присоединиться только к промотору, который находится на 3'-конце матричной цепи ДНК, и двигаться только от 3'- к 5'-концу этой матричной цепи ДНК.*

# Транскрипция



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

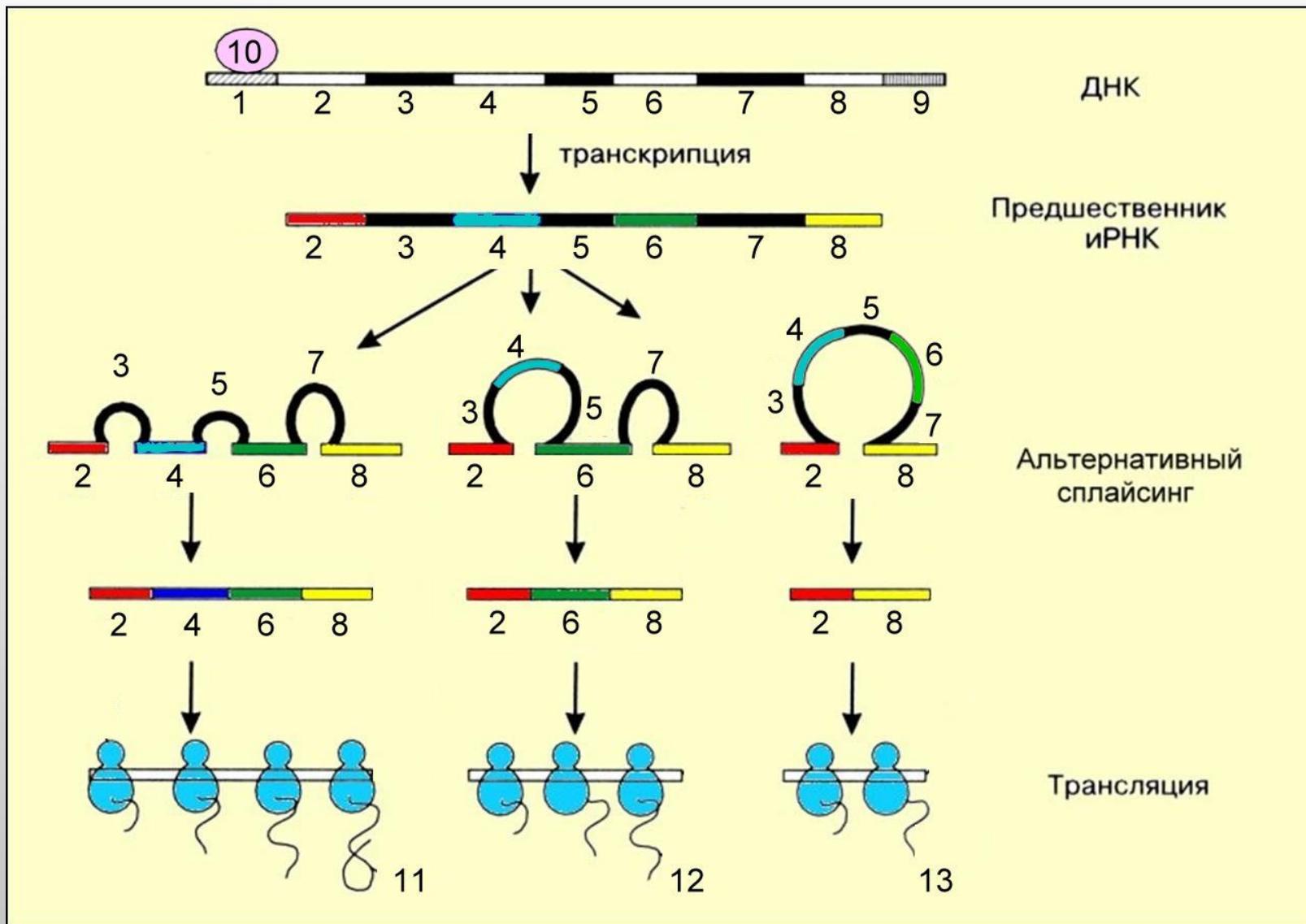
# Транскрипция



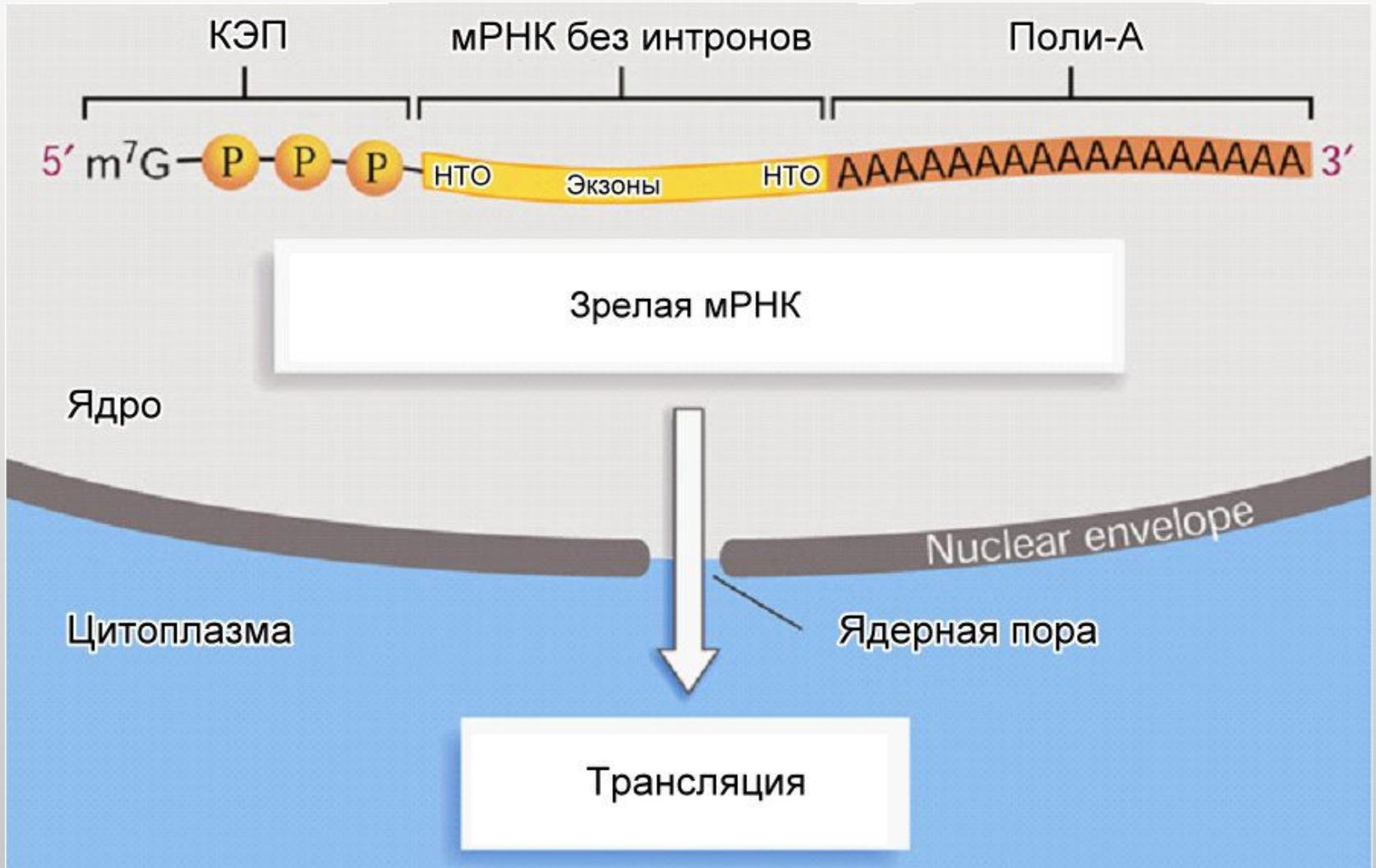
Процессинг включает в себя:

- 1) КЭПирование 5'-конца;
- 2) полиаденилирование 3'-конца (присоединение нескольких десятков адениловых нуклеотидов);
- 3) сплайсинг (вырезание интронов и сшивание экзонов). В зрелой иРНК выделяют КЭП, транслируемую область (сшитые в одно целое экзоны), нетранслируемые 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.

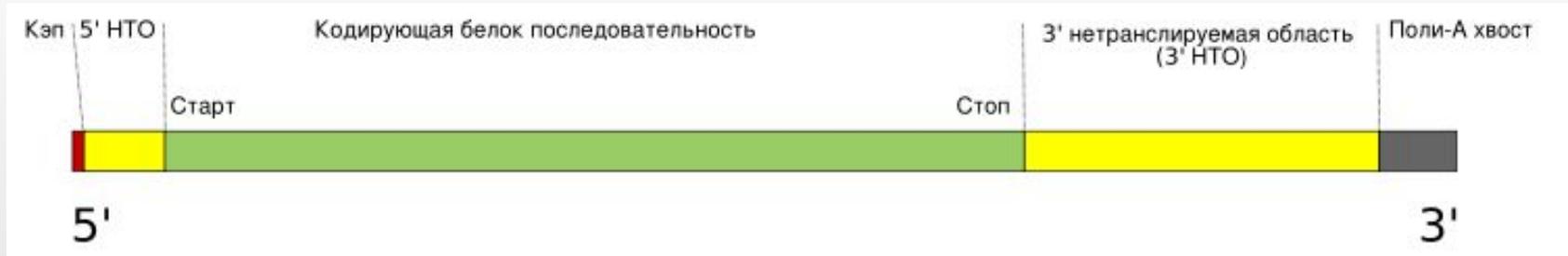
# Транскрипция



# Транскрипция



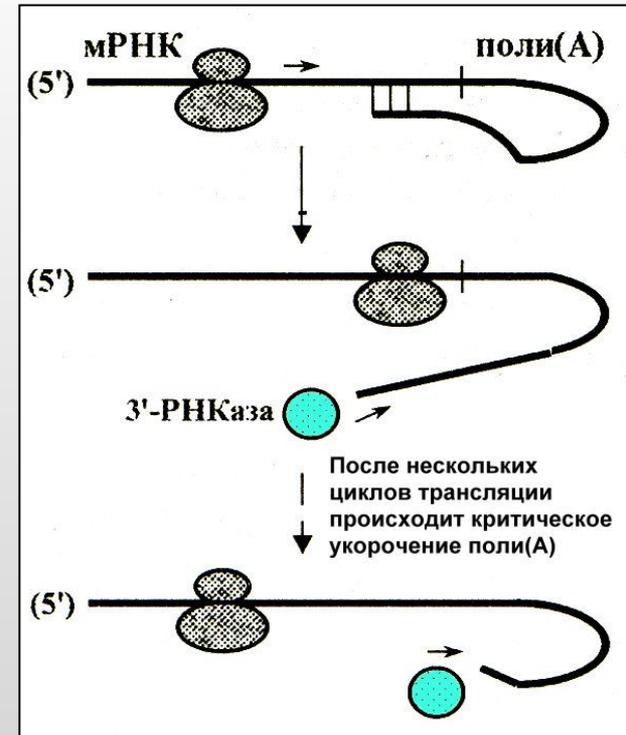
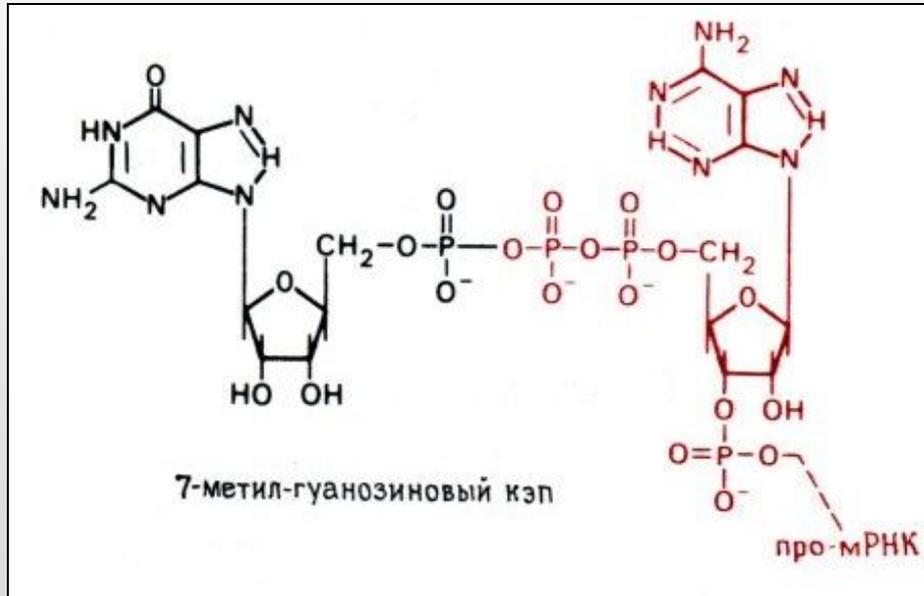
# Транскрипция



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).

# Транскрипция



Согласно гипотезе «билетиков», поли(А) разрушается 3'-PHКазой не постоянно, а после завершения каждой рибосомой трансляции от нее отщепляется 10-15 нуклеотидов. Когда же в этом фрагменте остается около 50 нуклеотидов, мРНК становится доступной для PHКаз и быстро разрушается.

# Основные понятия по теме «Транскрипция»

- Ген
- Промотор
- Терминатор
- Матричная цепь ДНК
- Смысловая цепь ДНК
- Единица транскрипции у эукариот (ген)