



# Молекулярная генетика

# НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

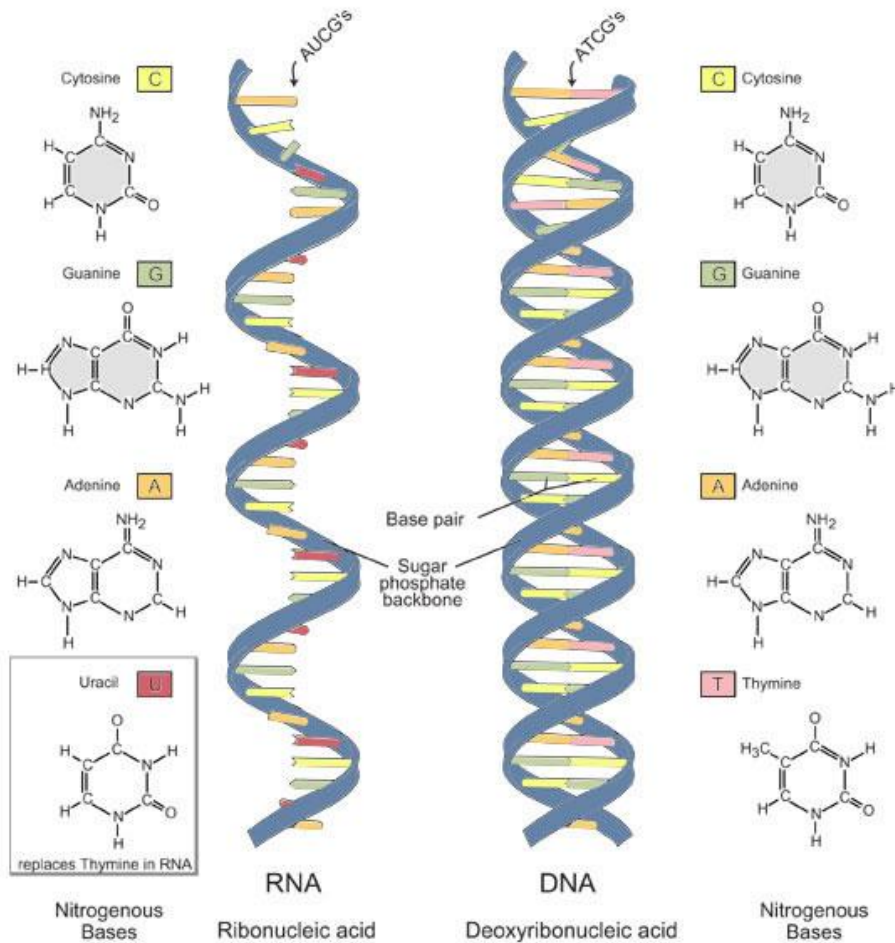


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.  
Talking Glossary of Genetic Terms. Available at: [www.genome.gov/Pages/Hyperion/DIR/NHGRI/Glossary/Illustration/rna.shtml](http://www.genome.gov/Pages/Hyperion/DIR/NHGRI/Glossary/Illustration/rna.shtml).

- Клетки **всех** живых организмов содержат два вида нуклеиновой кислоты – ДНК и РНК.
- **ДНК** представляет собой двунитчатую молекулу
- **РНК** – однонитчатую молекулу

# ДНК

**Двунитчатая ДНК** – это клеточный геном, выполняющий функции хранения и репликации наследственной информации



|          |                   |
|----------|-------------------|
| 1950-е   | 100 тыс. генов    |
| 1980-е   | 80 тыс. генов     |
| 1998 год | 50–60 тыс. генов  |
| 2001 год | от 26383 до 39114 |

- Двухнитчатая
- Нуклеотиды: **АТГЦ**
- Сахар: дезоксирибоза

Диаметр спирали 2 нм  
Длина шага 3,4 нм  
В каждый виток входит 10 пар н.о.  
Длина ДНК у млекопитающих до 1 м

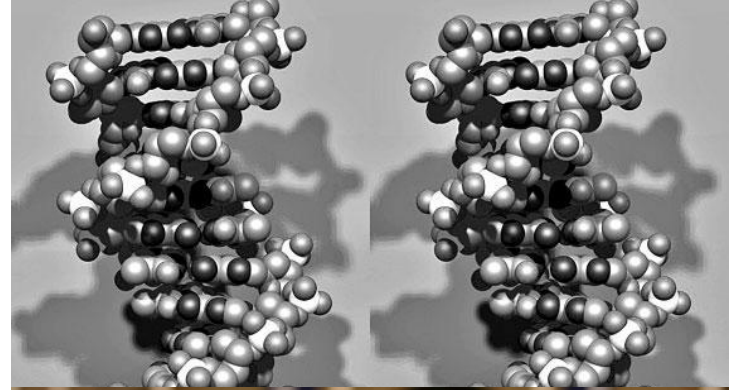
Первичная структура - полинуклеотидная цепь

Вторичная структура - две комплементарные и антипараллельные цепи

Третичная структура - трехмерная спираль

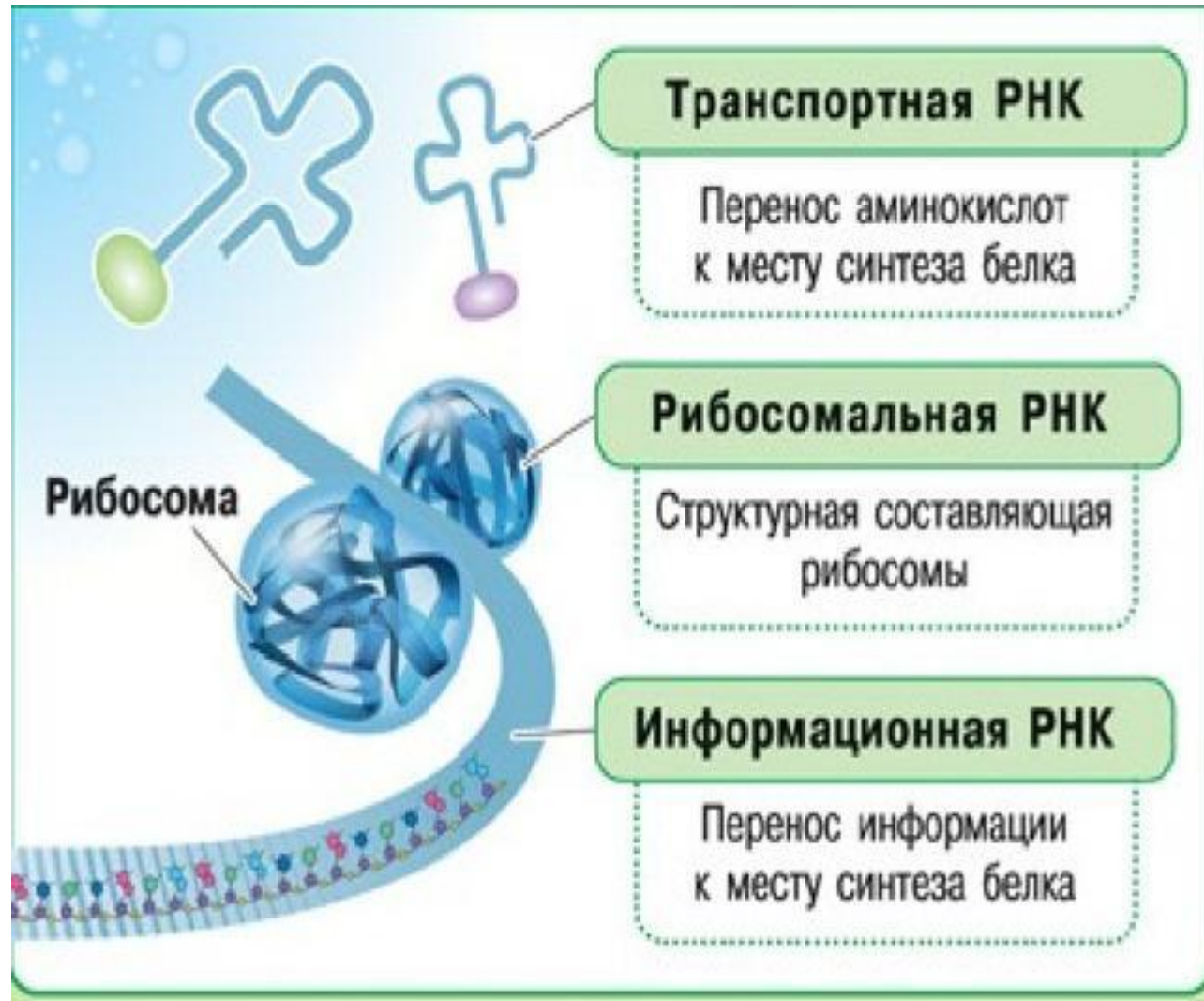


- В 1969 г. синтез искусственного фермента
- в 1971 г. синтез искусственного гена
- В конце XX века создание искусственных бактерий, вырабатывающих необычные аминокислоты
- Создание жизнеспособных «синтетических» вирусов
- Ведутся работы по созданию более сложных искусственных организмов – растений и животных
- Создание методики модификации генома и клонирования
- В 1980 г. был выдан первый патент на проведение экспериментов с генами млекопитающих, а год спустя была создана трансгенная мышь с искусственно модифицированным геномом
- В 1996 г. на свет появилось первое клонированное млекопитающее – овечка Долли, потом к ней присоединились клонированные мыши, крысы, коровы и обезьяны.
- В 2002 г. был успешно завершен проект «Геном человека», в ходе которого была создана полная генетическая карта человеческих клеток
- Начались попытки клонирования человека, хотя пока ни одна из них не завершена



# РНК – 3 класса

- Однонитчатые
- Нуклеотиды:  
**АУГЦ**
- Сахар – рибоза
- иРНК = кол-ву белковых молекул
- тРНК = кол-ву АК



## Запомнить!

### ДНК синтезируется:

- в ядрышке эукариот
- в цитоплазме прокариот
- Синтез ДНК – **репликация** или редупликация
- ДНК - хранит и воспроизводит информацию

**ДНК прокариот** - кольцевая  
**ДНК эукариот** - линейная

### РНК (все виды) синтез:

- в ядре эукариот
- в цитоплазме прокариот
- Синтез иРНК – **транскрипция**
- иРНК – переписывает информацию с ДНК
- тРНК – переносит аминокислоты к рибосомам
- рРНК – укладывает аминокислоты в цепь

| Состав                     | ДНК                                                                                                     | РНК                                                                                                      |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Углевод                    | Пятиуглеродный сахар<br>дезоксирибоза                                                                   | Пятиуглеродный сахар<br>рибоза                                                                           |
| Азотистые<br>основания     | <u>Пуриновые:</u><br>А (аденин) и Г (гуанин)<br><u>Пиримидиновые:</u><br>Ц (цитозин) и <b>Т (тимин)</b> | <u>Пуриновые:</u><br>А (аденин) и Г (гуанин)<br><u>Пиримидиновые:</u><br>Ц (цитозин) и <b>У (урацил)</b> |
| Локализация                | В хромосомах<br>клеточного ядра (99 %<br>всей ДНК клетки), а<br>также в митохондриях и<br>хлоропластах  | В ядро, в состав<br>рибосом, цитоплазмы,<br>пластид и митохондрий                                        |
| Кол-во нукл.<br>в молекуле | До нескольких десятков<br>миллионов у ДНК                                                               | От 76 в молекулах<br>транспортных РНК                                                                    |



# НУКЛЕОТИД. СТРОЕНИЕ

Азотистое  
основание  
(А, У, Г, Ц)

Углевод-  
рибоза

Остаток  
Фосфорной  
кислоты

РИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА

Азотистое  
основание  
(А, Т, Г, Ц)

Углевод-  
дезокси-  
рибоза

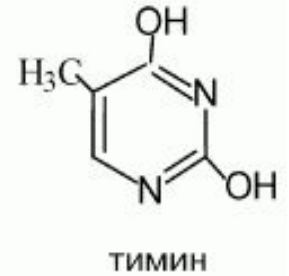
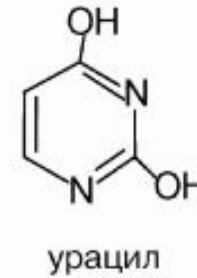
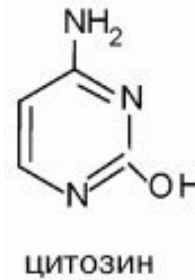
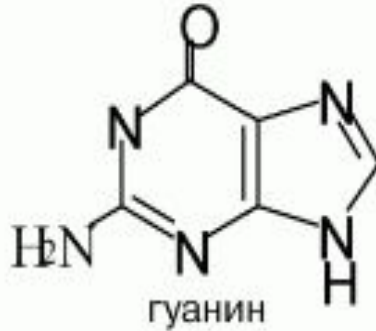
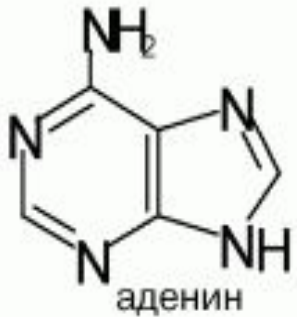
Остаток  
Фосфорной  
кислоты

ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА



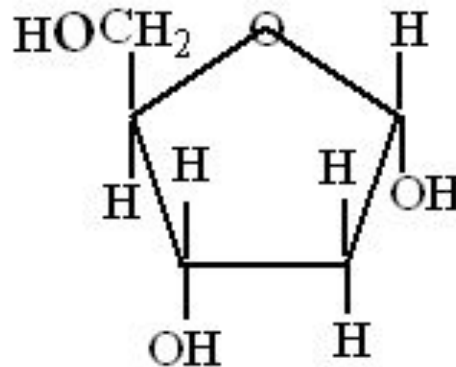
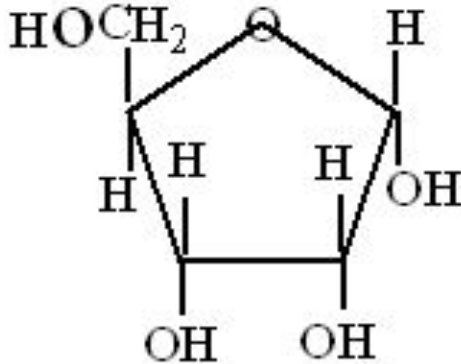
# СТРОЕНИЕ ДНК и РНК

## Азотистые основания



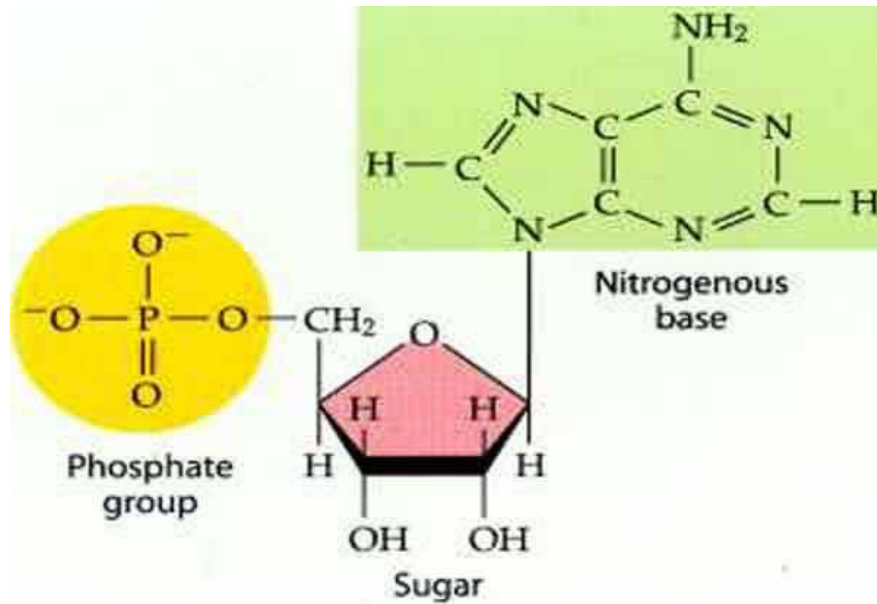
## Пуриновые

## Пиримидиновые

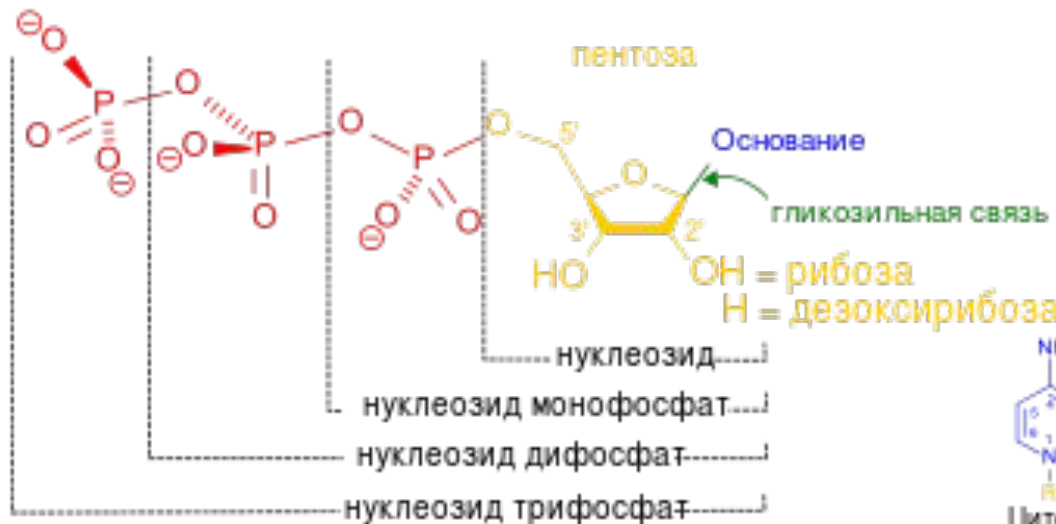


Сахара

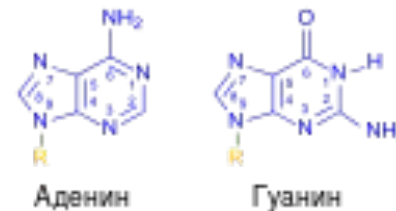
# Нуклеотид



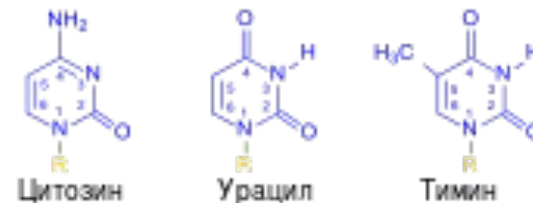
- Нуклеиновые кислоты - сложные **биополимеры**
- Их мономеры- **нуклеотиды**

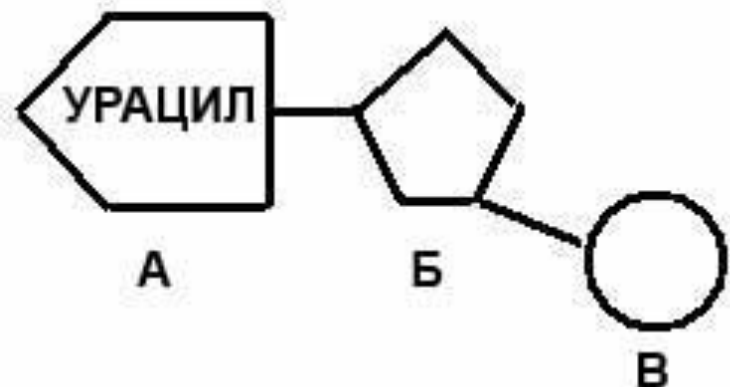


## Пурины



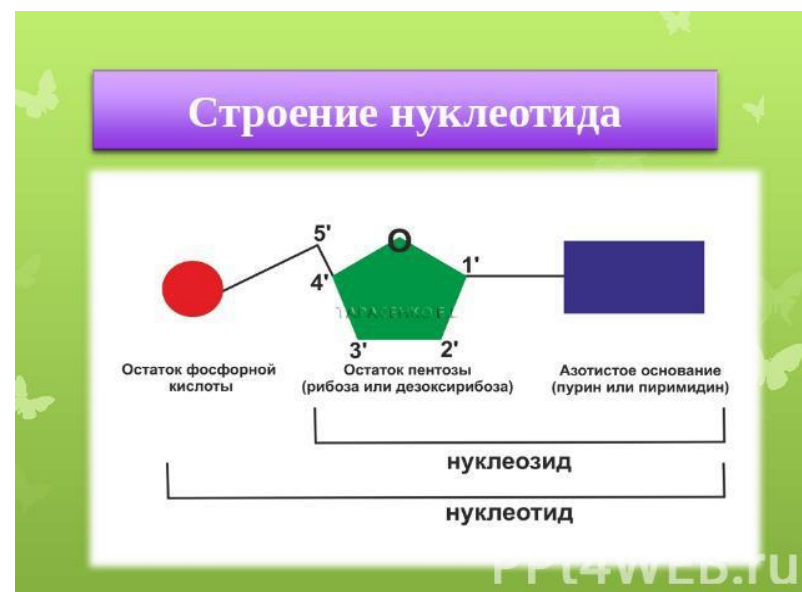
## Пиримидины





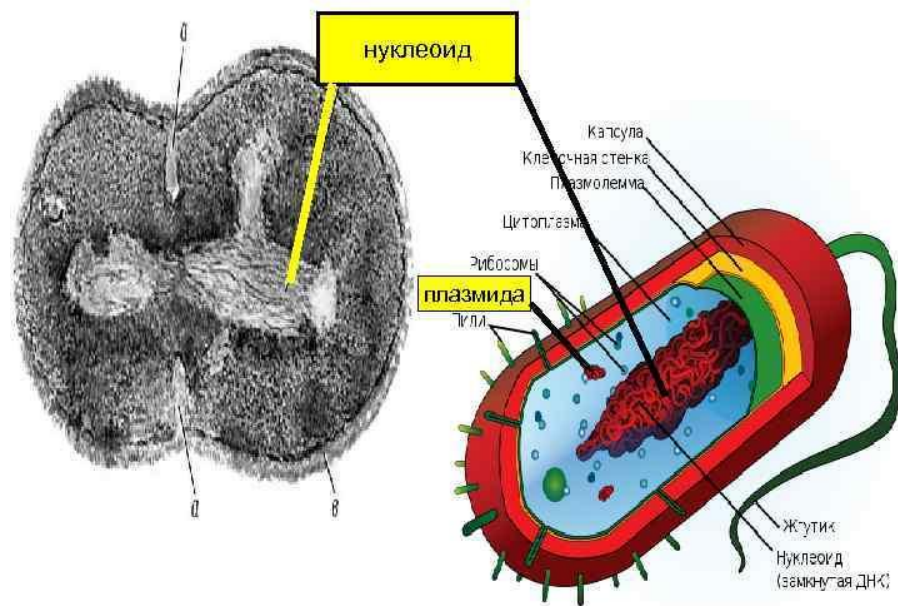
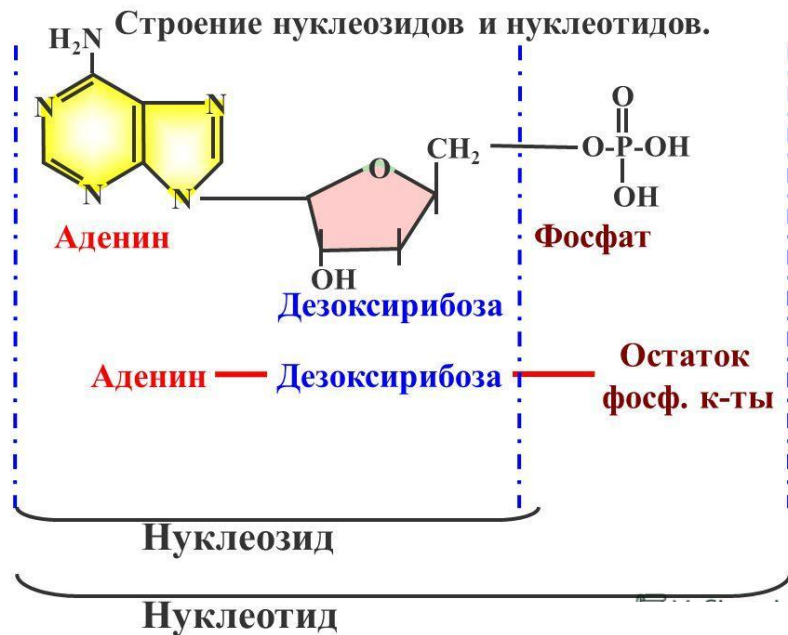
1. Название соединения?
2. Мономер какого полимера на рисунке?
3. Виды этих полимеров?
4. Если А – урацил, то Б – это...?
5. Если А – тимин, то Б – это?
6. В – это...?
7. Если сахар рибоза, то какие АО могут быть на месте А?

- Белок – это полимер?
- Мономеры белков – это...
- ДНК и РНК – это полимеры?
- Мономеры ДНК и РНК – это...



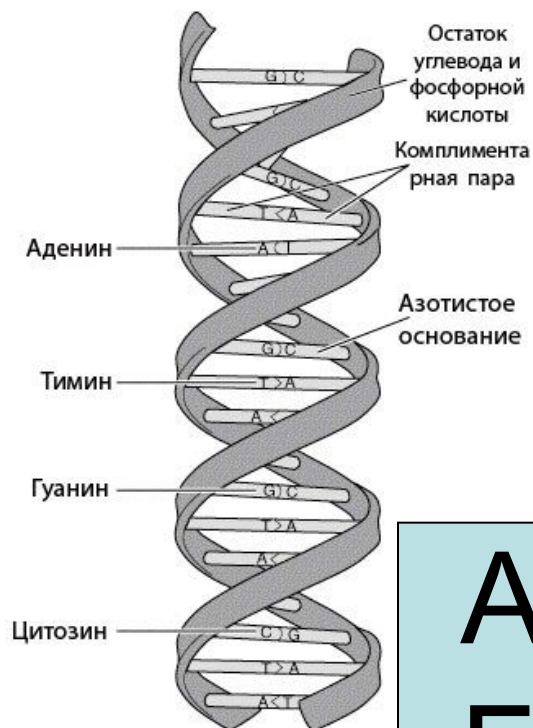


# Нуклеотид, нуклеозид и нуклеоид!!!



не путать!

# ДНК

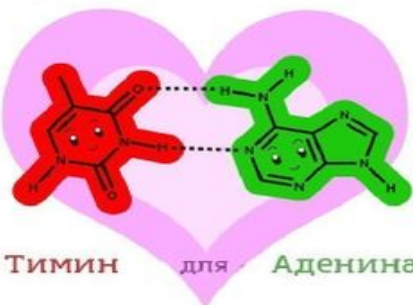


A=T  
Г≡Ц



| ДНК-1 | ДНК-2 |
|-------|-------|
| А     | Т     |
| Т     | А     |
| Г     | Ц     |
| Ц     | Г     |

Ты для меня как...



Ты для меня как...

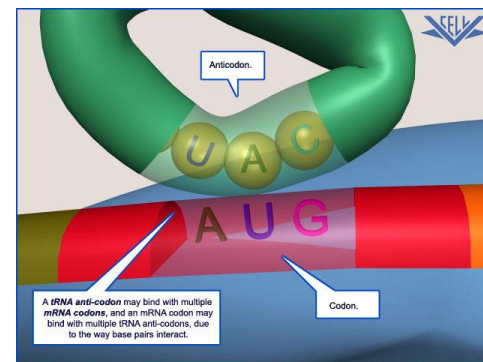


# Важные определения

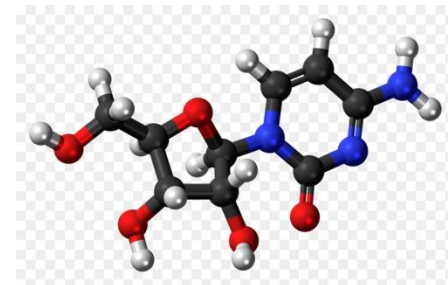
**ГЕН** - это участок ДНК, кодирующий **1** полипептидную цепь или **1** молекулу тРНК, рРНК или иРНК



**ТРИПЛЕТ** или **КОДОН** - последовательность из 3-х нуклеотидов, кодирующая **1** аминокислоту



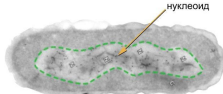
**НУКЛЕОТИД** – мономер полинуклеотидной цепи ДНК или РНК, Нуклеотид = азотистое основание+сахар+фосфат



# Важные определения

- **ГЕНОМ** - вся совокупность молекул ДНК клетки

## Существует

- **ядерный геном** 
- **митохондриальный геном** 
- **пластидный геном** 
- **геном плазмид бактерий** 
- **вирусная геномная ДНК или геномная РНК**

## Клетки содержат:

Половые (гаметы) и споры - **гаплоидный ( $n$ )** геном

Соматические, зигота - **диплоидный ( $2n$ )** геном

Эндосперм растений - **триплоидный ( $3n$ )** геном



# Правило Чаргаффа

Число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых, а число гуаниловых - числу цитидиловых (А=Т, Г=Ц)

## Антипараллельность ДНК

Цепи в молекуле ДНК противоположно направлены, т.е., если одна цепь имеет направление от 3'-конца к 5'-концу, то в другой цепи 3'-концу соответствует 5'-конец и наоборот

## Плавление и ренатурация ДНК

При изменении условий ДНК может подвергаться денатурации, которая называется плавлением. При постепенном возврате к нормальным условиям ДНК ренатурирует.

# Задача

Дана цепь ДНК:

ААТ ГТЦ АЦГ ЦЦГ ТТГ

Задание:

1. Постройте вторую полинуклеотидную цепь ДНК по принципу комплементарности.
2. Сколько водородных связей задействовано в данном участке молекулы ДНК?

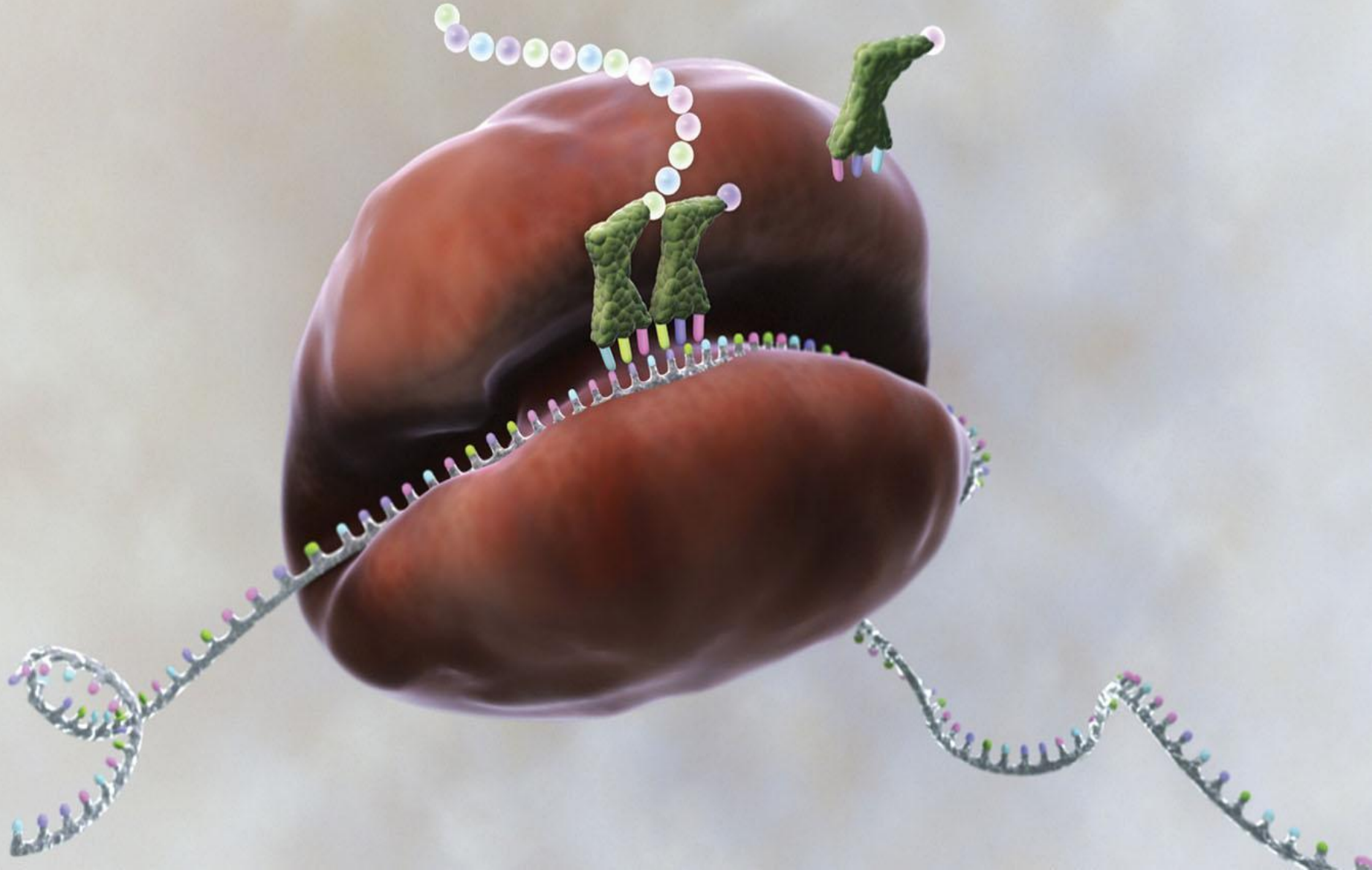
Ответ:

ААТ ГТЦ АЦГ ЦЦГ ТТГ

ТТА ЦАГ ТГЦ ГГЦ ААЦ

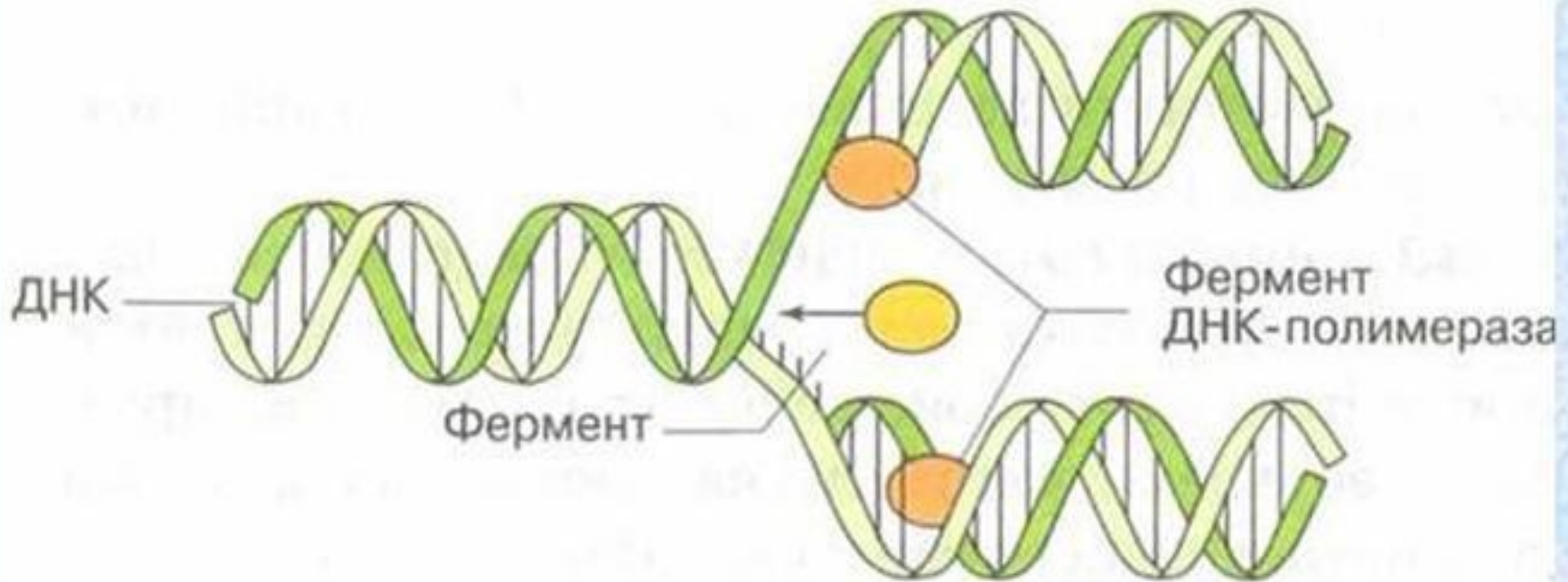
222 323 233 333 223 = 38

# Биосинтез белка



# 1 этап

# Репликация ДНК



**Биороль:** удвоение молекулы ДНК  
для последующего деления между двумя  
новыми клетками, происходит перед делением клетки



# Репликация ДНК

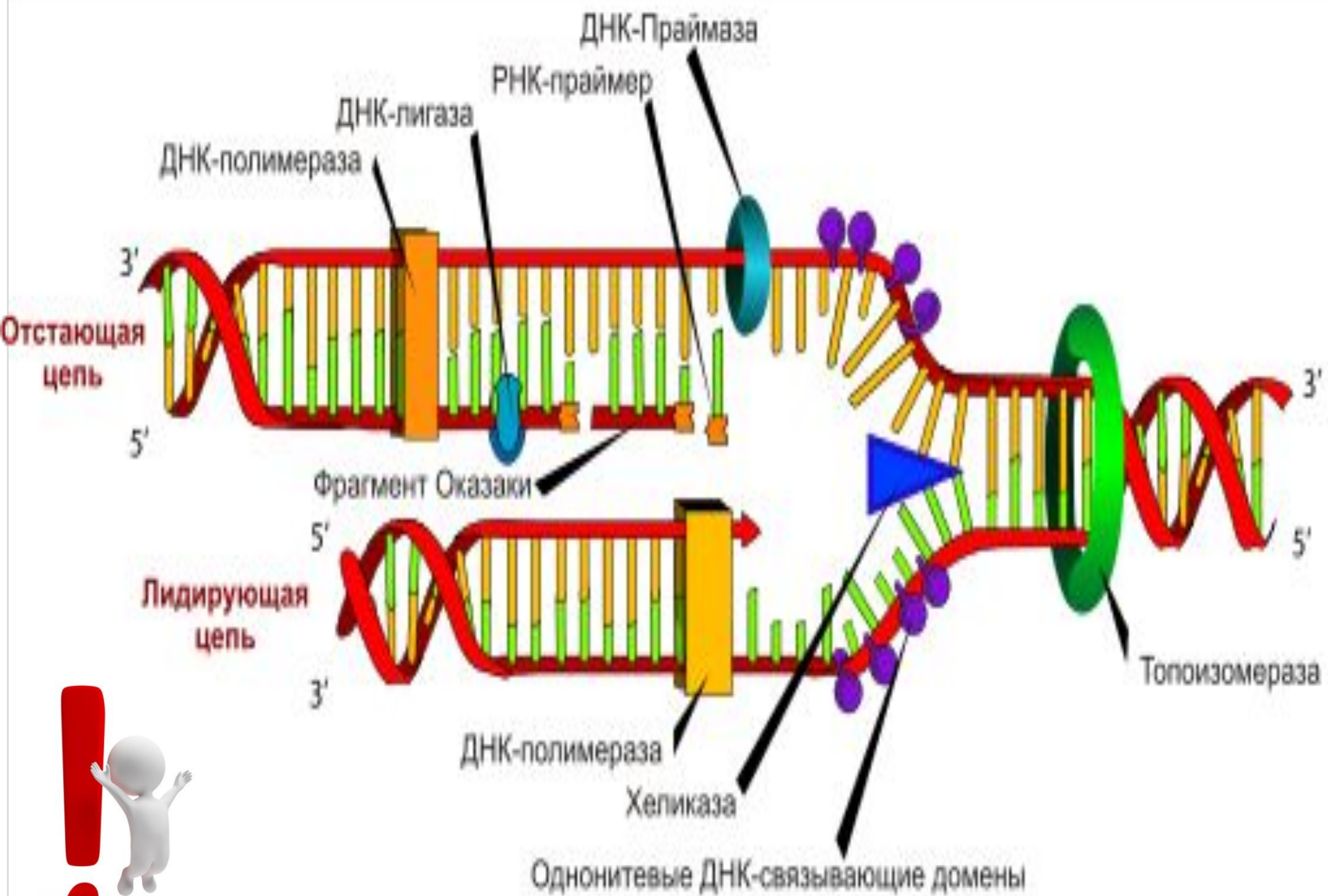
Три этапа:

- 1. Инициация** – начало репликации, расплетение двойной цепи, расщепление водородных связей, возникновение репликативной вилки
- 2. Элонгация** – синтез на каждой из цепей новой дочерней цепи
- 3. Терминация** – прекращение репликации, теломерная ДНК

Реплисома –  
ферментная  
система: ДНК-  
хелазы,  
праймазы, ДНК-  
топоизомеразы

ДНК-полимеразы,  
ДНК-лигазы

Стоп-кодона,  
теломеразы



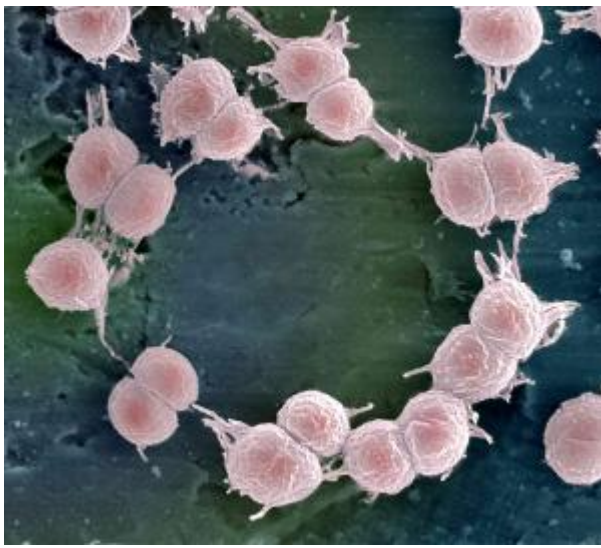
- **Фрагменты Оказаки** — относительно короткие фрагменты ДНК (с РНК-праймером на 5' конце), которые образуются на отстающей цепи в процессе репликации ДНК. Длина фрагментов Оказаки у *E.coli* составляет около 1000-2000 нуклеотидов, и обычно 100-200 нуклеотидов у эукариот.

- **Топоизомеразы** — класс ферментов-изомераз, которые влияют на топологию ДНК. Топоизомеразы способны вносить разрывы с последующим восстановлением в ДНК.

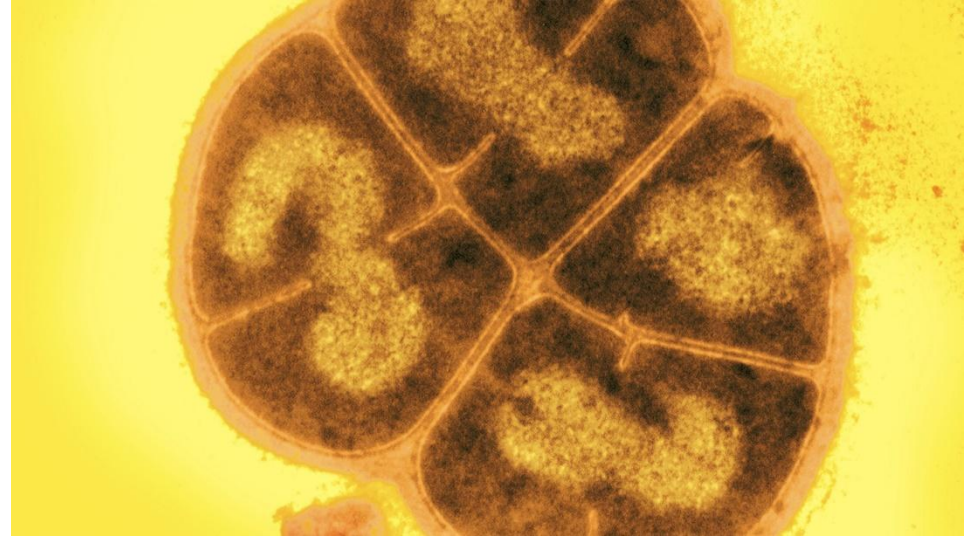


- **Праймер** — это короткий фрагмент нуклеиновой кислоты (олигонуклеотид), служит затравкой для инициации синтеза комплементарной цепи с помощью ДНК-полимеразы.
- **Хеликазы** — это класс ферментов, которые используют энергию гидролиза АТФ для движения вдоль сахарофосфатного остова нуклеиновых кислот и разрыва внутри- или межмолекулярных водородных связей между основаниями.

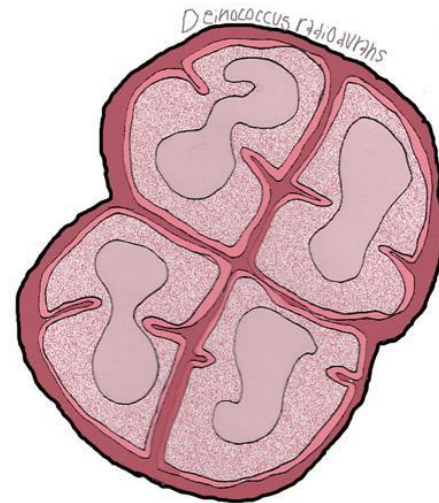
# Радиация и ДНК



*Deinococcus radiodurans*



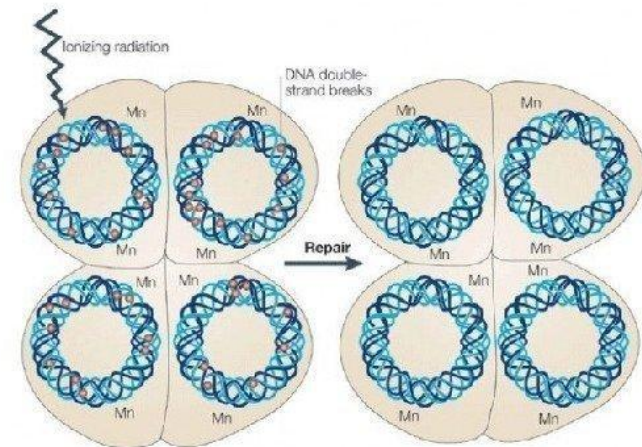
- Микроб может «починить» свои четыре хромосомы даже после того, как ионизирующее излучение разорвет их на сотни обрывков.
- Устойчивость микроба к радиации — это своеобразный продукт приспособления к жизни в пуст
- Геном дейнококка состоит из четырех кольцевых молекул ДНК, в каждой клетке геном присутствует в нескольких копиях.





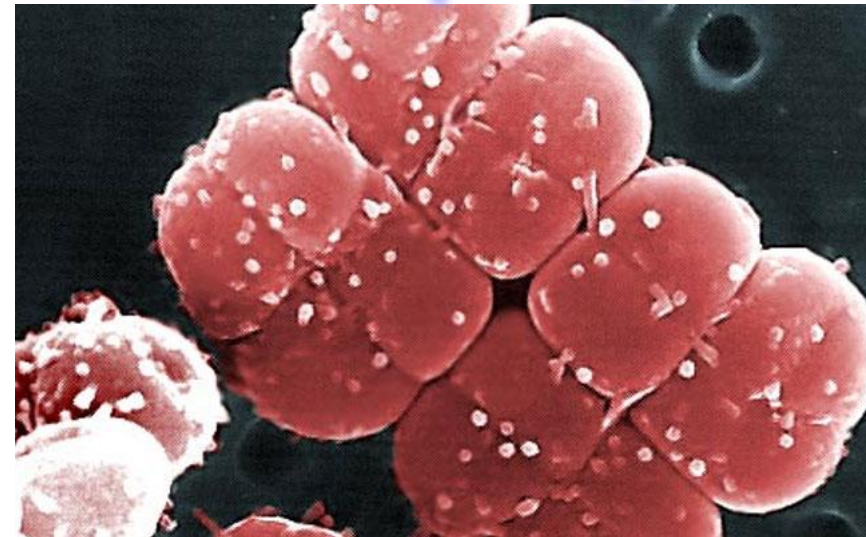
- Первые 1,5 часа после облучения дейнококки пребывают как будто «в шоке». Синтез ДНК почти не идет (состояние «клинической смерти»)
- Затем начинается очень интенсивный синтез ДНК, сопровождающийся быстрым «склеиванием» разрозненных фрагментов генома
- Все синтезируемые de novo участки ДНК сначала являются одноцепочечными. Через 3 часа после облучения в клетках наблюдается максимум одноцепочечных фрагментов ДНК
- В течение следующих 3 часов одноцепочечные участки постепенно замещаются двухцепочечными
- Через 6 часов после облучения геном оказывается практически полностью восстановленным в своем изначальном виде

## Deinococcus radiodurans

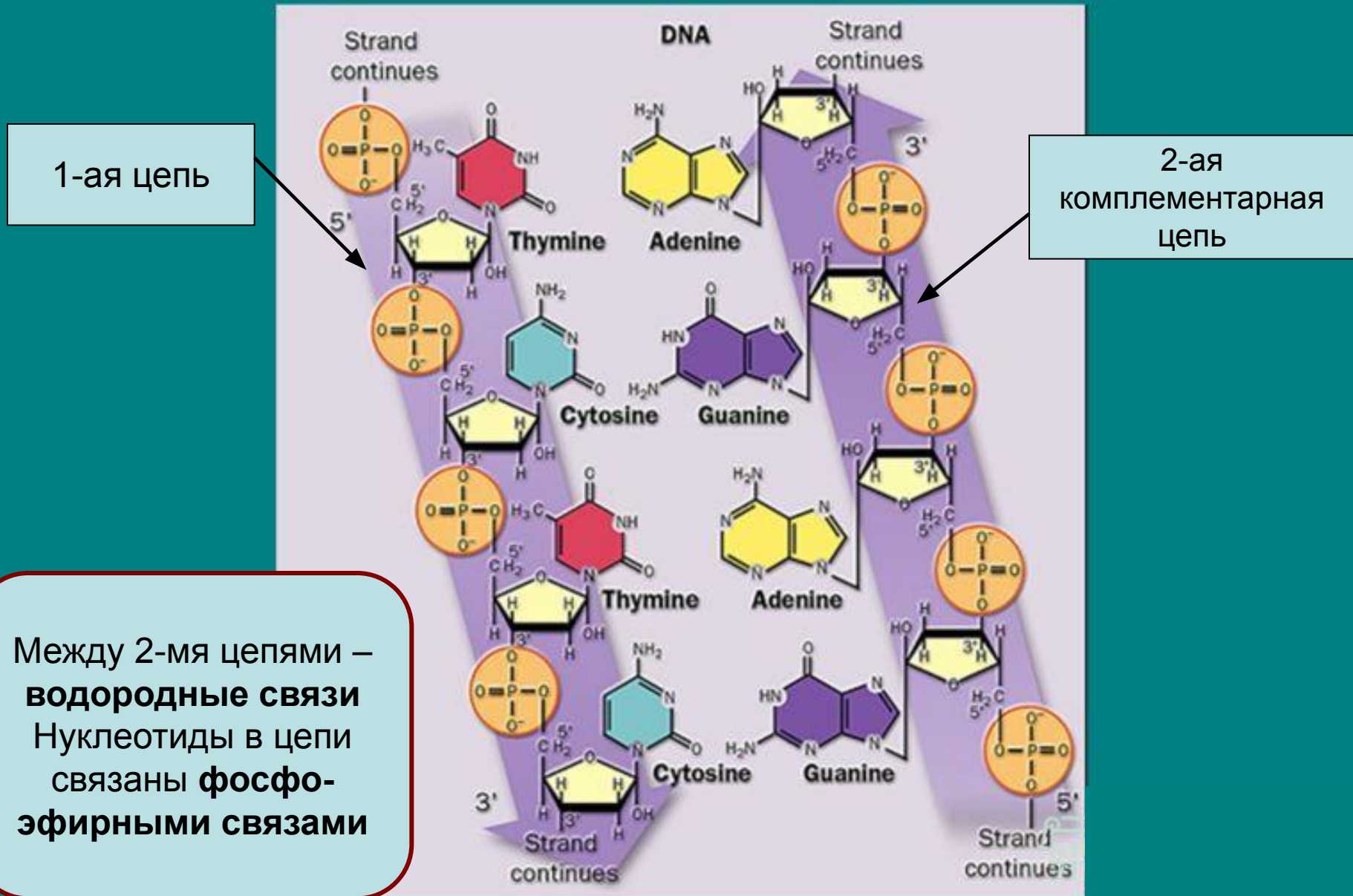


Copyright © 2005 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | Microbiology

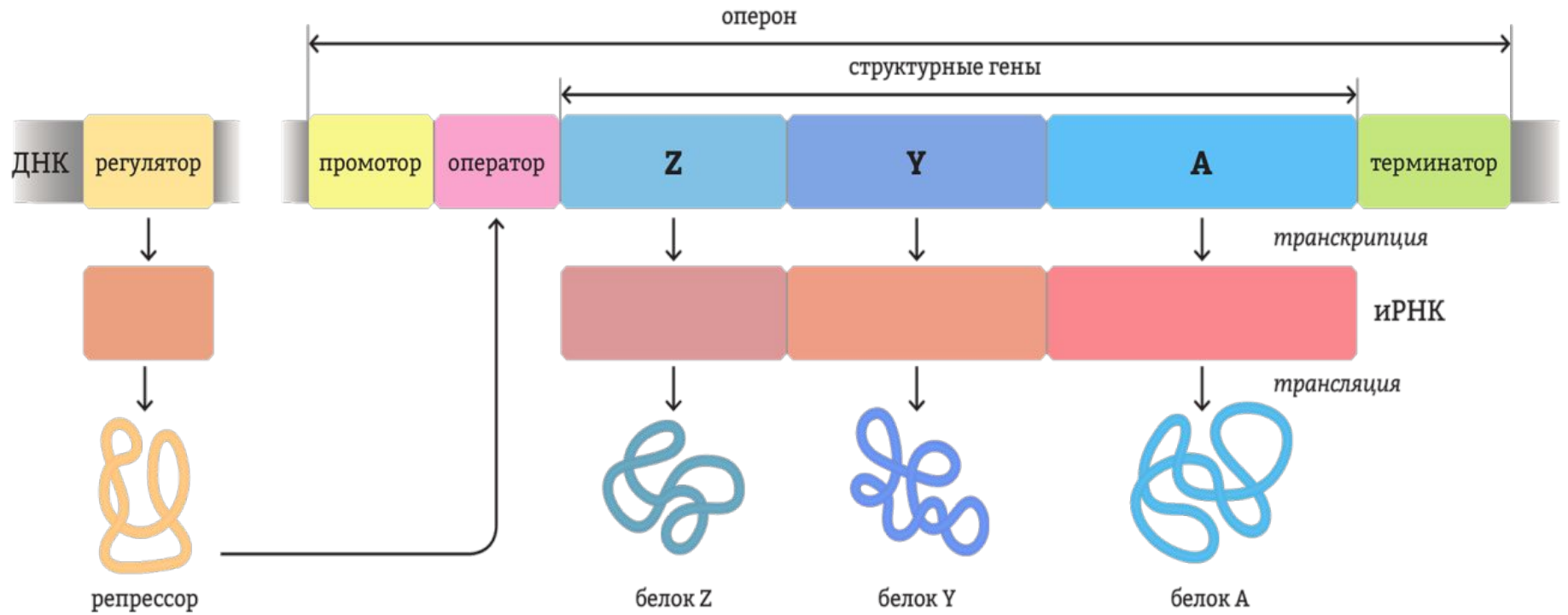
## Репарация



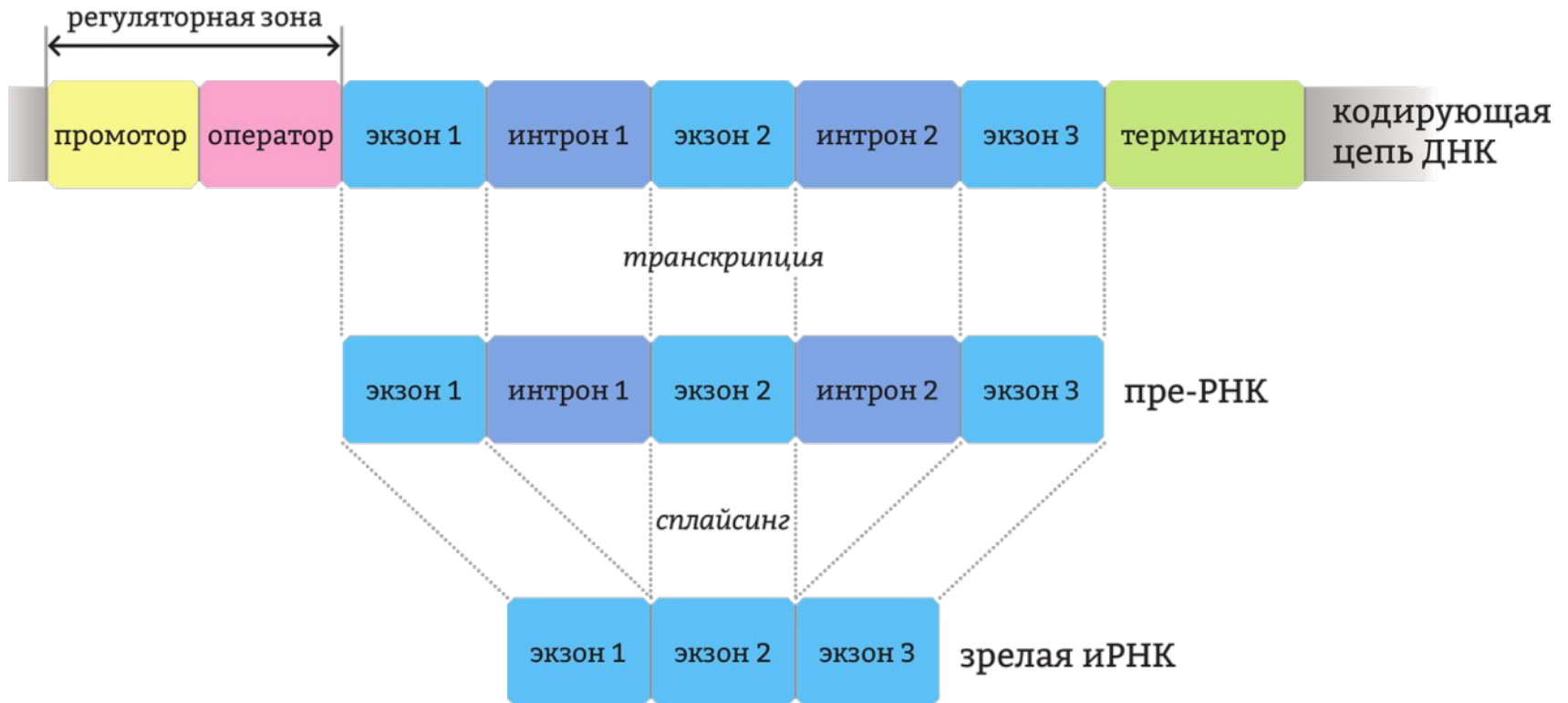
# Полинуклеотидная цепь ДНК



# Строение гена прокариот



# Строение гена эукариот

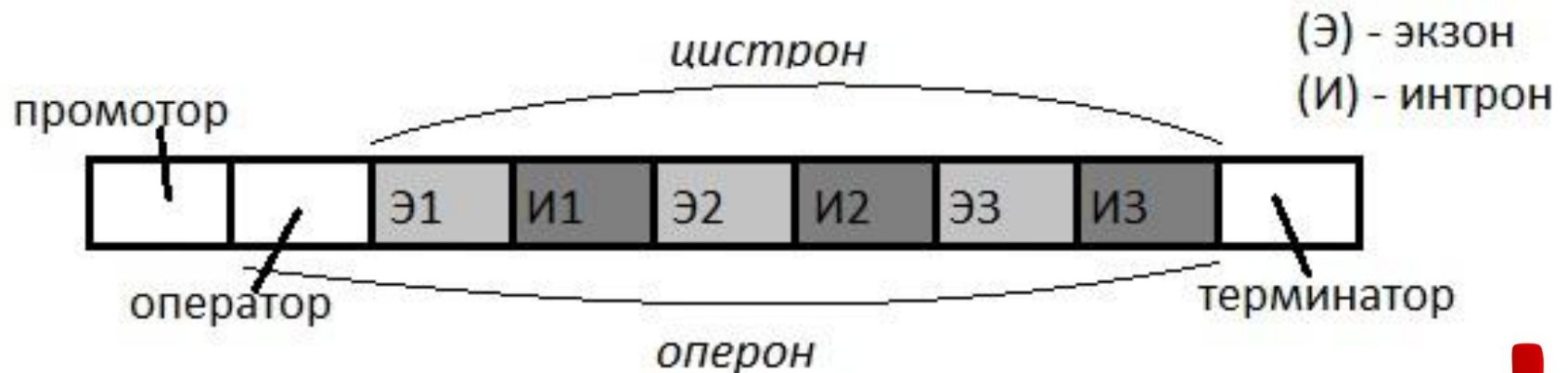




# ДНК

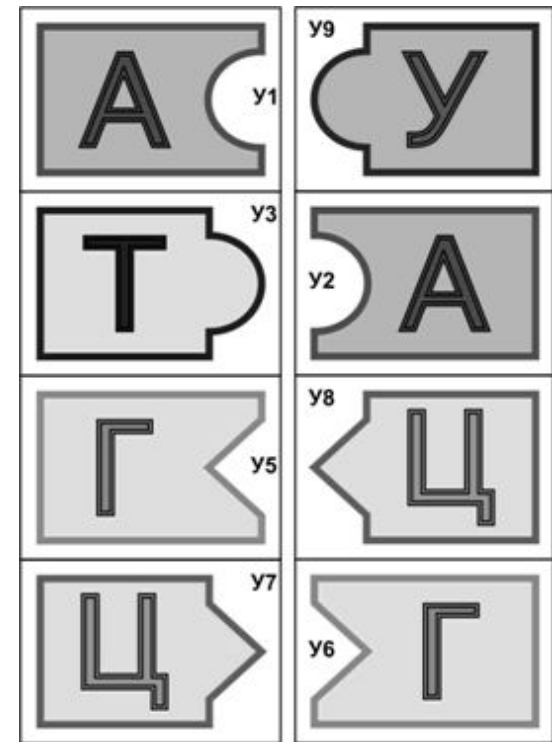
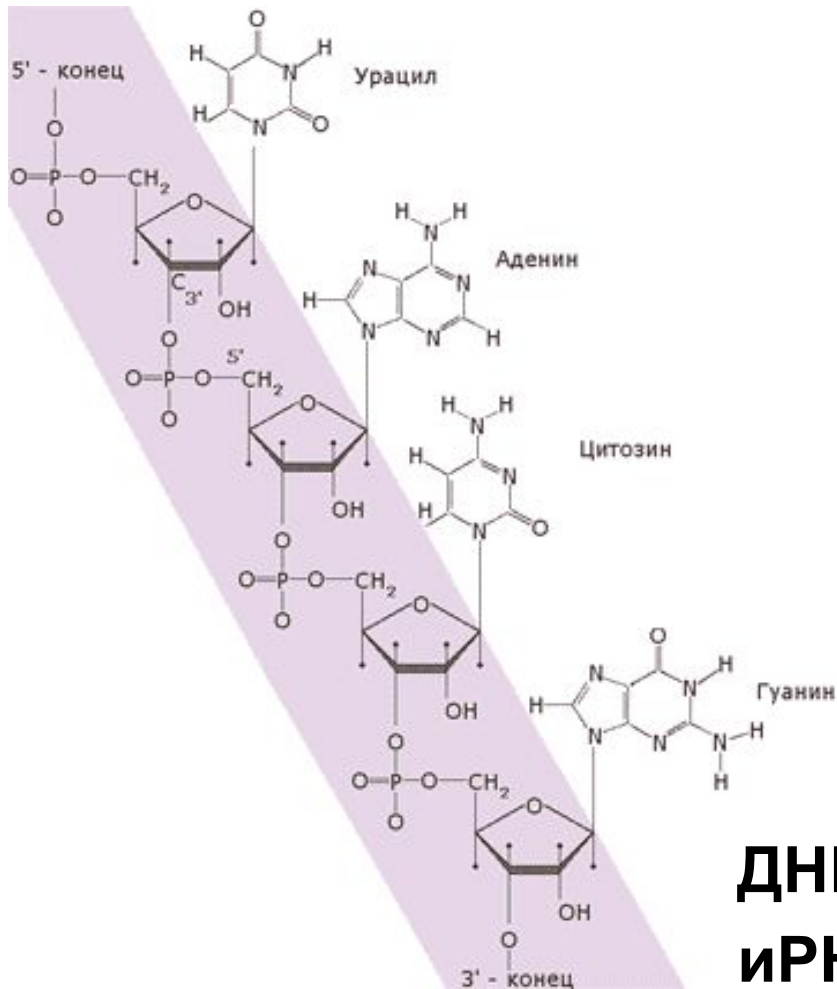
- **Экзон** – кодирующий участок гена (ДНК) эукариот, несущий генетическую информацию, кодирует синтез продукта гена (белка)

- **Интрон** – некодирующий фрагмент ДНК, который разделяет два соседних экзона



## 2 этап

# Транскрипция иРНК



ДНК: ААТ ГТЦ АЦГ ЦЦГ ТТГ  
иРНК: УУА ЦАГ УГЦ ГГЦ ААЦ

**Синтез пре-мРНК** – работают РНК-полимеразы

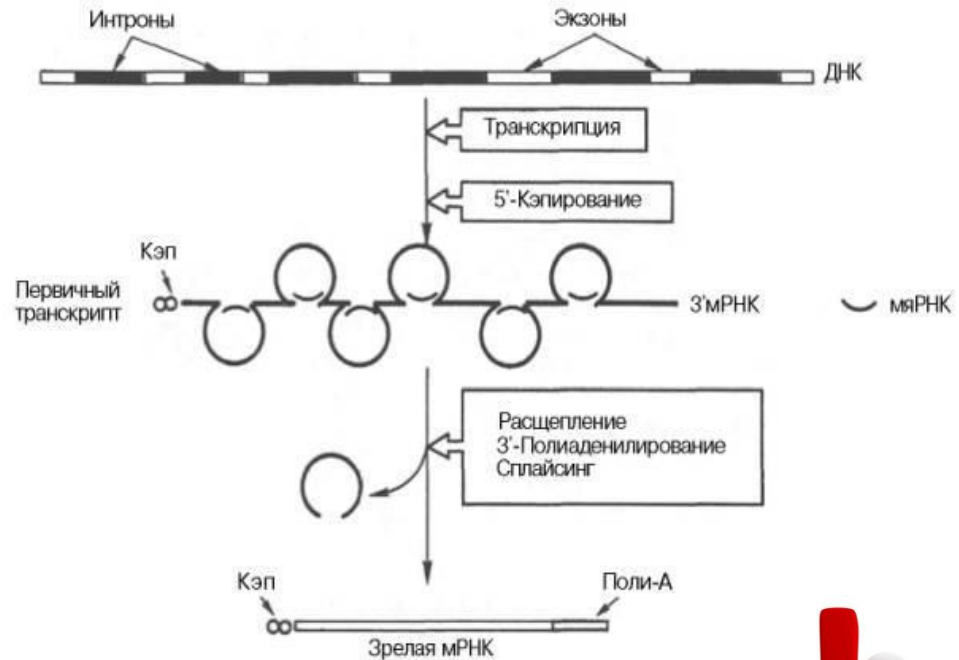


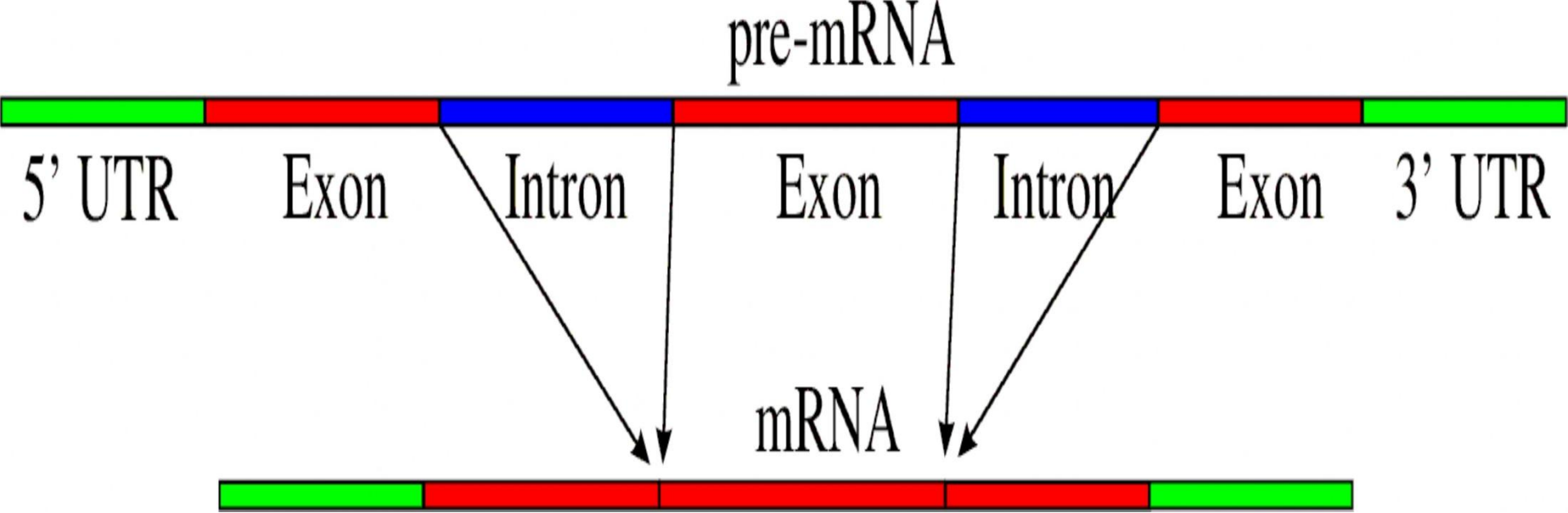
# 3 этап

## Процессинг

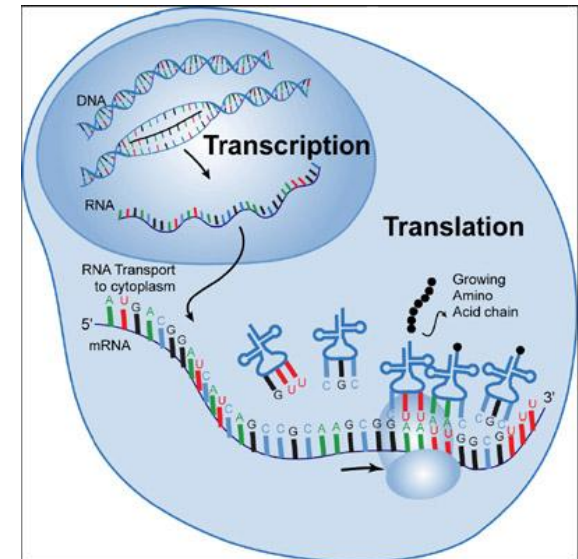
**Созревание мРНК** — называется процессингом и состоит из этапов:

1. **Кэпирование** — защита от нуклеаз
2. **Полиаденилирование** — поли-А-хвост
3. **Сплайсинг** — вырезание интронов
4. **Редактирование** — дополнительное метилирование





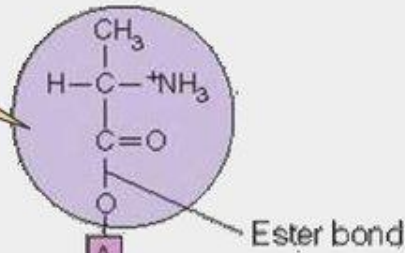
- **Процессинг** – созревание мРНК (превращение в функционирующие молекулы) для выхода ее в цитоплазму и дальнейшего биосинтеза





# 4 этап Транспортирные РНК

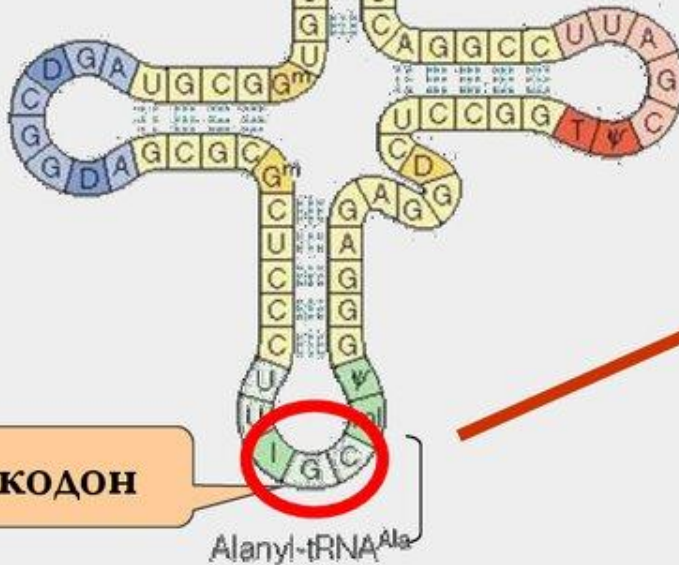
Амино-  
кислота



3'

5' P-

Длина 5  
нм



Антикодон

- Молекула-адаптор.
- Один ее конец узнает **кодон** в м-РНК, а другой – несет аминокислоту.

Антикодон

т-РНК 3'

5'

Г Ц У

...

Ц Г А

м-РНК 5'

3'

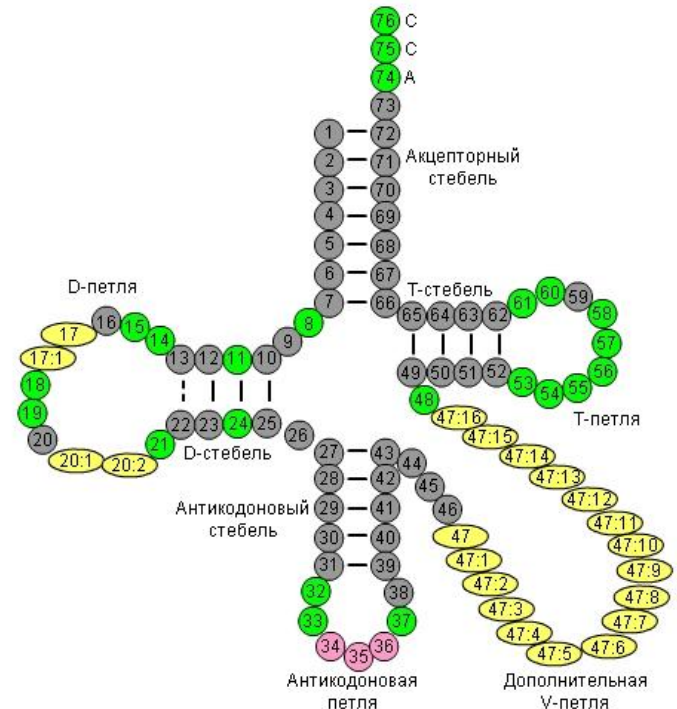
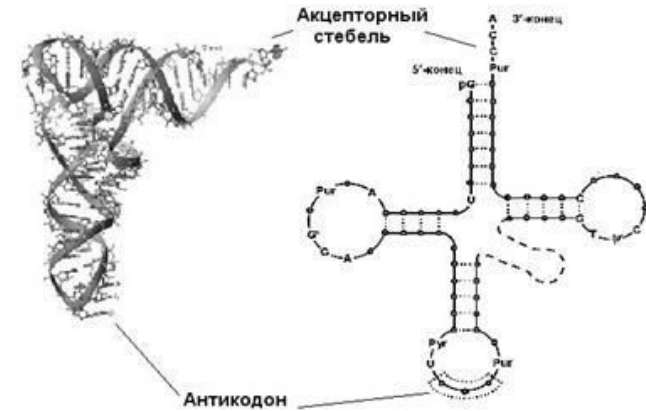
Кодон

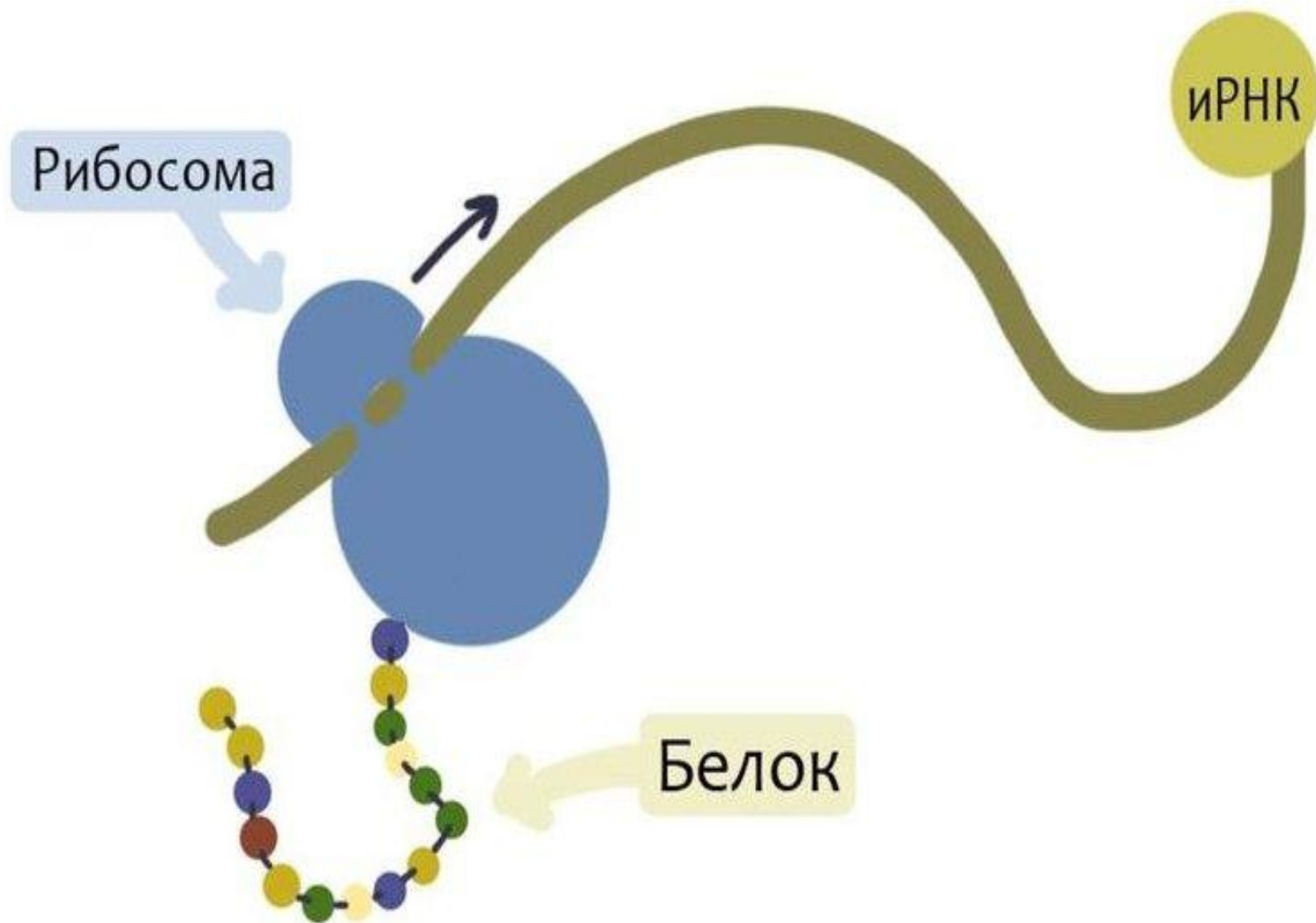
# тРНК

- **Антикодон РНК** – центр тРНК – соответствует кодону иРНК, кодирующему аминокислоту



**Дополнительная или переменная V-петля:**  
 у тРНК, узнаваемых ферментами класса I - короткая (4-5 нп)  
 у тРНК, узнаваемых ферментами класса II — длинная (13-21 нп).

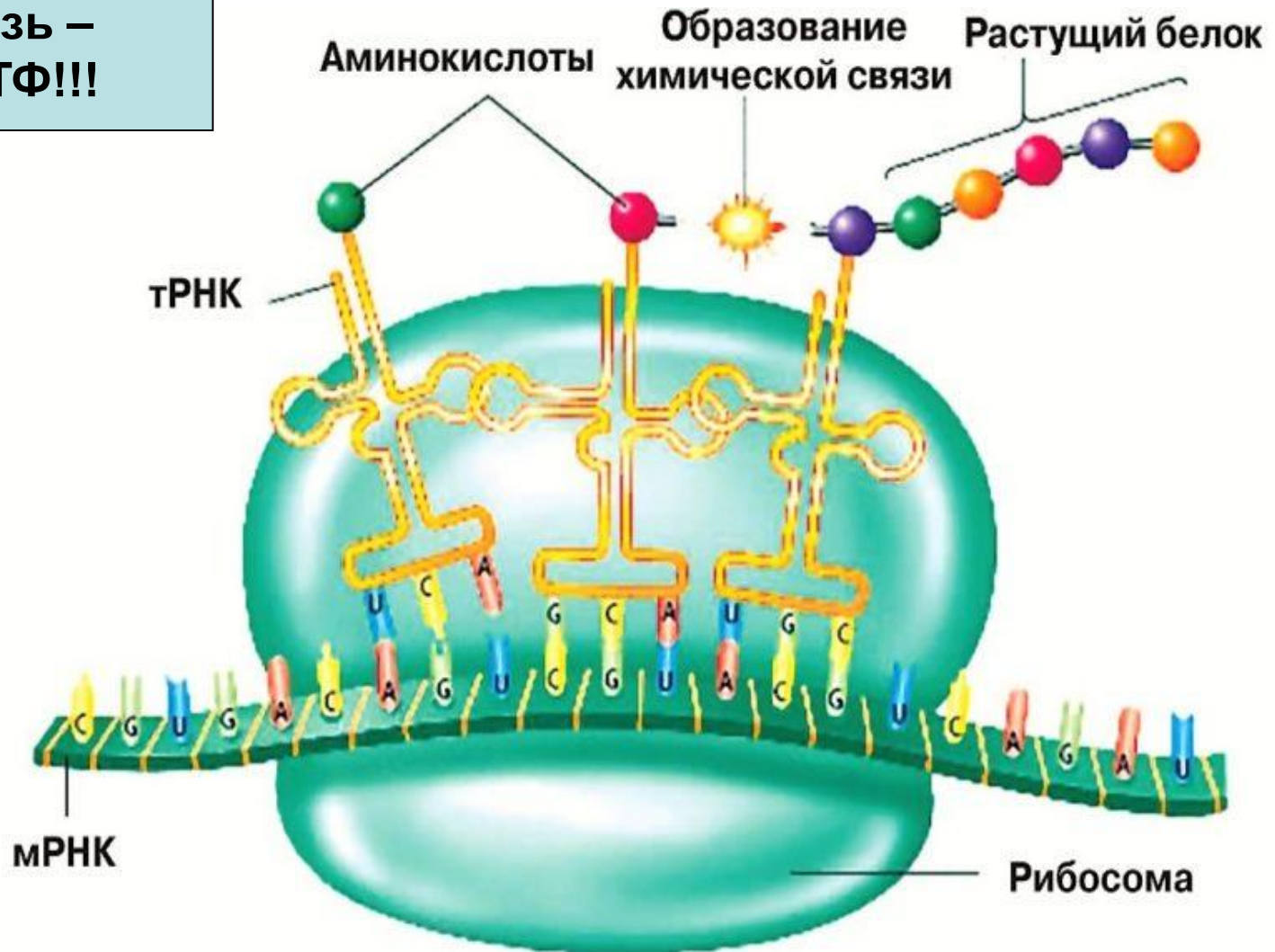




# 5 этап

# Трансляция

1 пептидная  
связь —  
4 АТФ!!!





# Генетический код (иРНК)

Таблица 1.1

КАРТА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

| Аминокислота          | Кодирующие триплеты (кодоны) |
|-----------------------|------------------------------|
| Аланин                | ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ              |
| Аргинин               | ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ АГА АГГ      |
| Аспарагин             | ААУ ААЦ                      |
| Аспарагиновая кислота | ГАУ ГАЦ                      |
| Валин                 | ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ              |
| Гистидин              | ЦАУ ЦАЦ                      |
| Глицин                | ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ              |
| Глутамин              | ЦАА ЦАГ                      |
| Глутаминовая кислота  | ГАА ГАГ                      |
| Изолейцин             | АУУ АУЦ АУА                  |
| Лейцин                | ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ УУА УУГ      |
| Лизин                 | ААА ААГ                      |
| Метионин              | АУГ                          |
| Пролин                | ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ              |
| Серин                 | УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ АГУ АГЦ      |
| Тирозин               | УАУ УАЦ                      |
| Треонин               | АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ              |
| Триптофан             | УГГ                          |
| Фенилаланин           | УУУ УУЦ                      |
| Цистеин               | УГУ УГЦ                      |
| Знаки препинания      | УАА УАГ УГА                  |

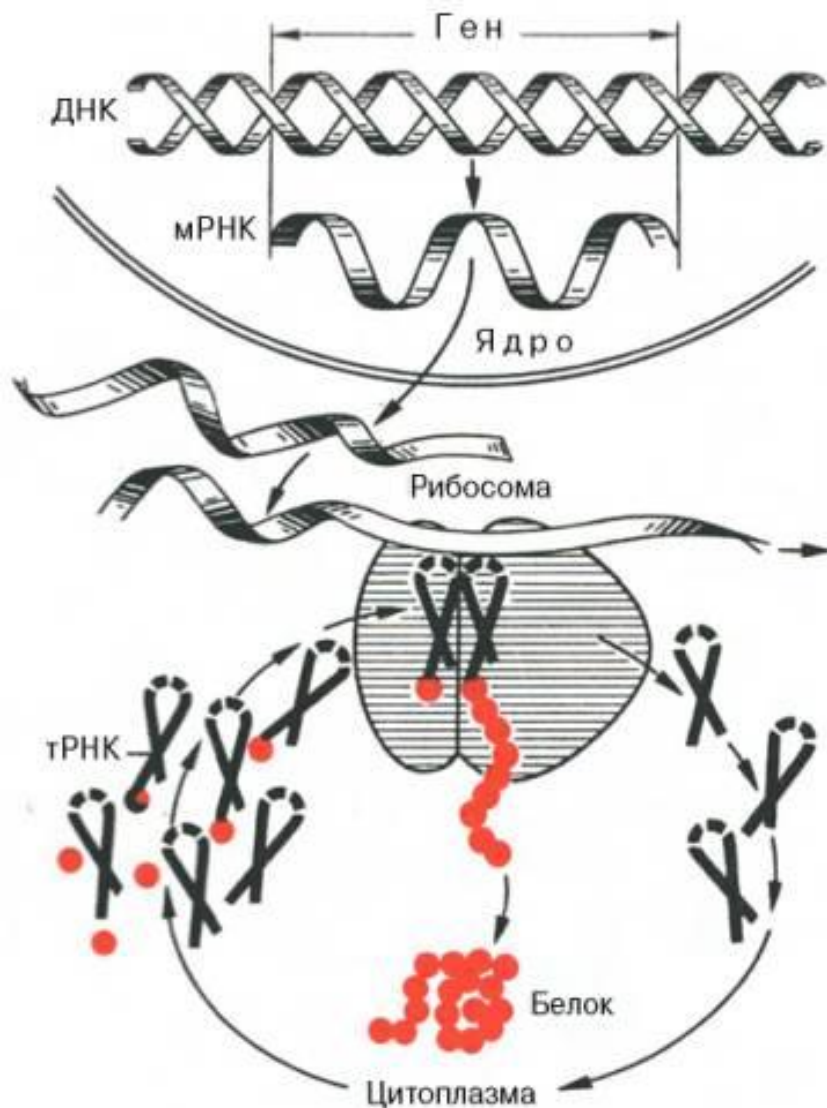
| Первое основание | Второе основание |     |     |     | Третье основание |
|------------------|------------------|-----|-----|-----|------------------|
|                  | У                | Ц   | А   | Г   |                  |
| У                | Фен              | Сер | Тир | Цис | У                |
|                  | 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                |

## Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.



# Свойства генетического кода:



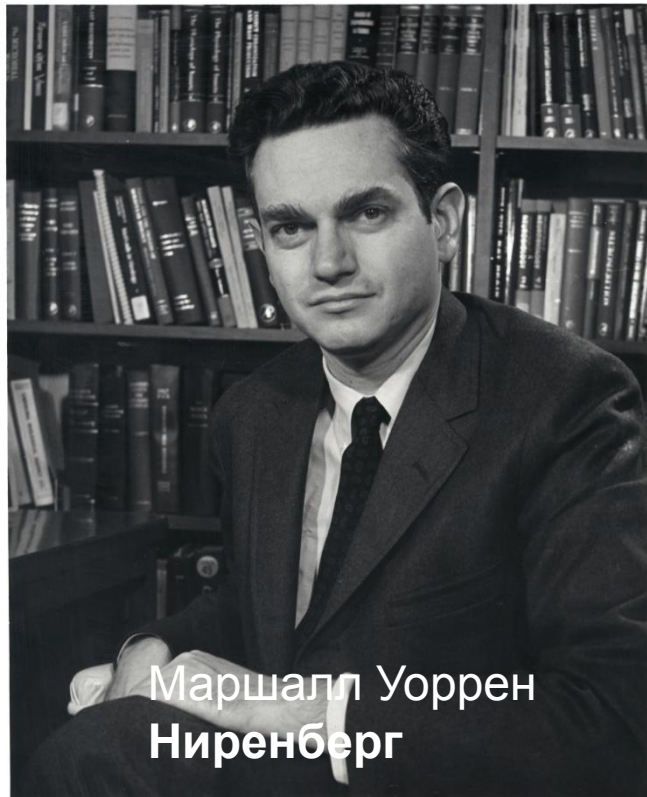
1. Код **универсален**
2. Код **вырожден=избыточен** (избыточность  $20 \text{ АК} = 61$  триплет)
3. Код **триплетен** (функциональная единица кода – триплет)
4. Код **неперекрываем** – один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав 2 соседних кодонов.
5. Имеет **СТОП-КОДОНЫ**

**Универсальность генетического кода свидетельствует о единстве происхождения всех живых организмов**



# Свиноматрица

- Соски – кодоны
- Поросячьи рты – антикодоны
- Поросяенок – тРНК
- Хвостики - аминокислоты
- Соски именные, и их 20 видов для 20 видов поросят
- А поросычьи хвостики тоже разные и их можно связывать



Маршалл Уоррен  
Ниренберг

А У Г Ц

?

Нуклеотиды РНК

А Т Г Ц

?

Нуклеотиды ДНК

ААТ ТАА ГЦЦ ЦГА

Сколько нуклеотидов?

**12**

ААТ ТАА ГЦЦ ЦГА АТГ

Сколько триплетов?

**5**

ААТ ТАА ГЦЦ ЦГА АТГ

Сколько закодировано  
аминокислот?

**5**

В белке 50 аминокислот

Сколько триплетов в ДНК?

**50**

В белке 50 аминокислот

Сколько нуклеотидов?

**150**

В белке 50 аминокислот

Сколько необходимо тРНК для  
биосинтеза?

**5**

**0**

В клетке синтезируется  
4 молекулы белка

Сколько необходимо иРНК для  
биосинтеза?

**4**

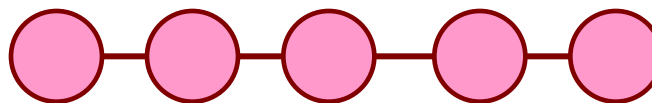
В белке 50 аминокислот

Сколько необходимо АТФ для биосинтеза?

**196**

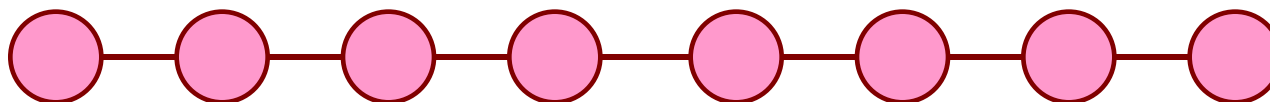
# Почему 196?

Представим  
что кружочек –  
это молекула.



Сколько молекул?

А сколько связей  
между молекулами?

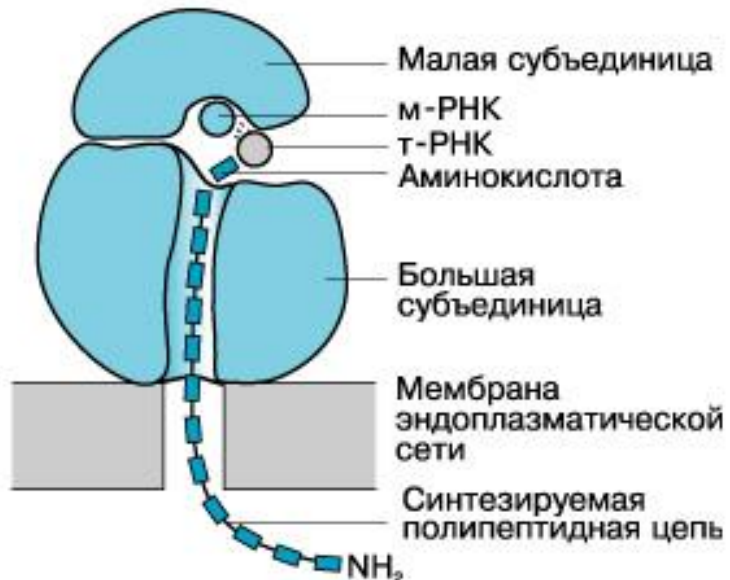
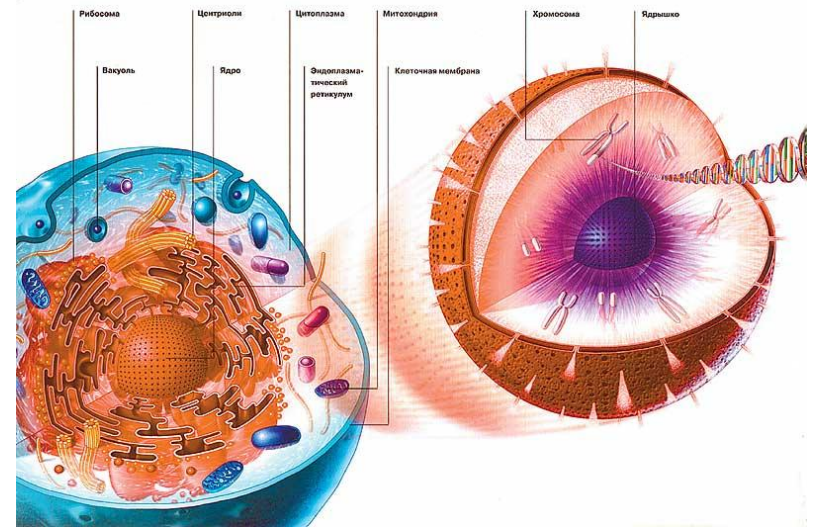
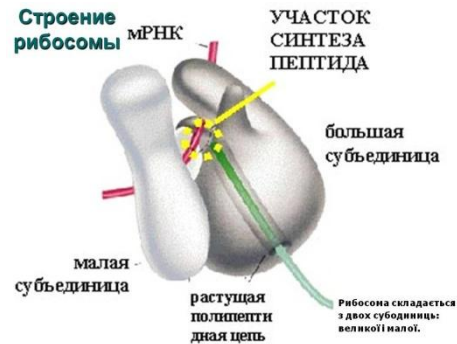


Сколько молекул?

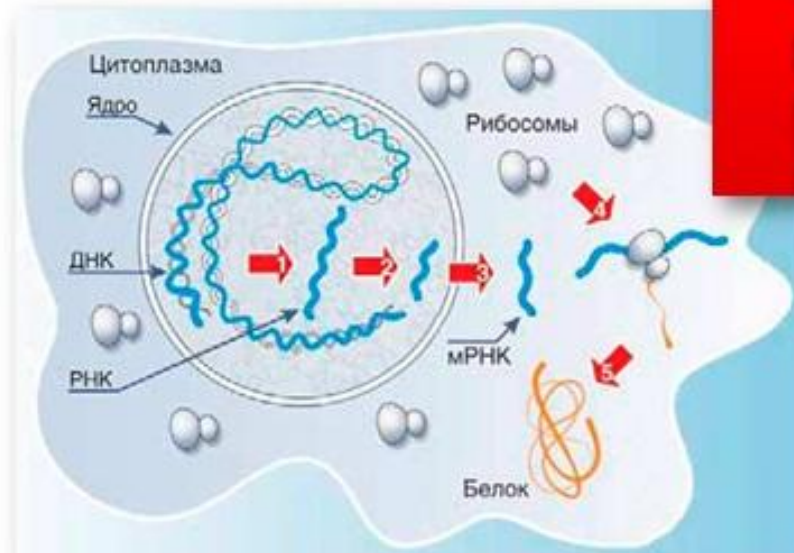
А сколько связей  
между молекулами?



# Рибосома

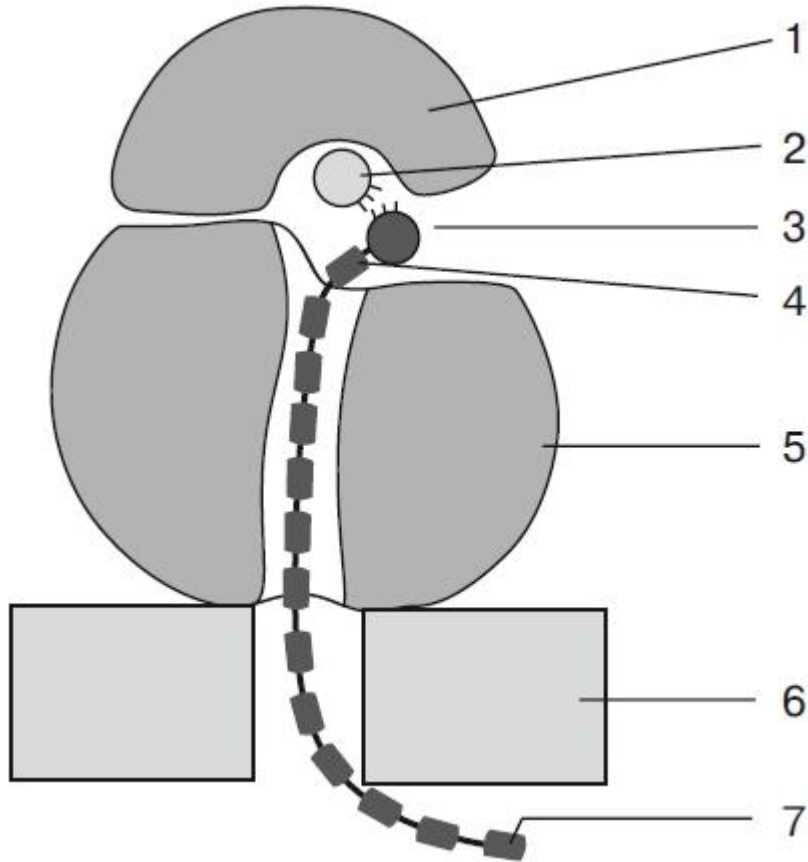


## Биосинтез белка

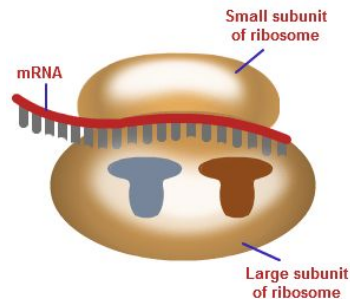
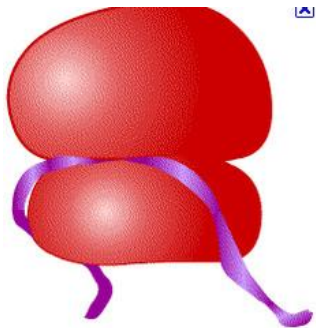


ДНК → мРНК → белок

# Строение рибосомы



- Рибосома – белок-синтезирующая система
- Рибосомы не специфичны к белкам
- Это – немембранный компонент клетки
- Размер 20 нм
- 2 субъединицы
- Субъединицы рибосомы синтезируются в ядре
- Сбор целой рибосомы в цитоплазме



# Реализация генетической информации: классическое представление

1. Репликация ДНК

—  
удвоение спирали

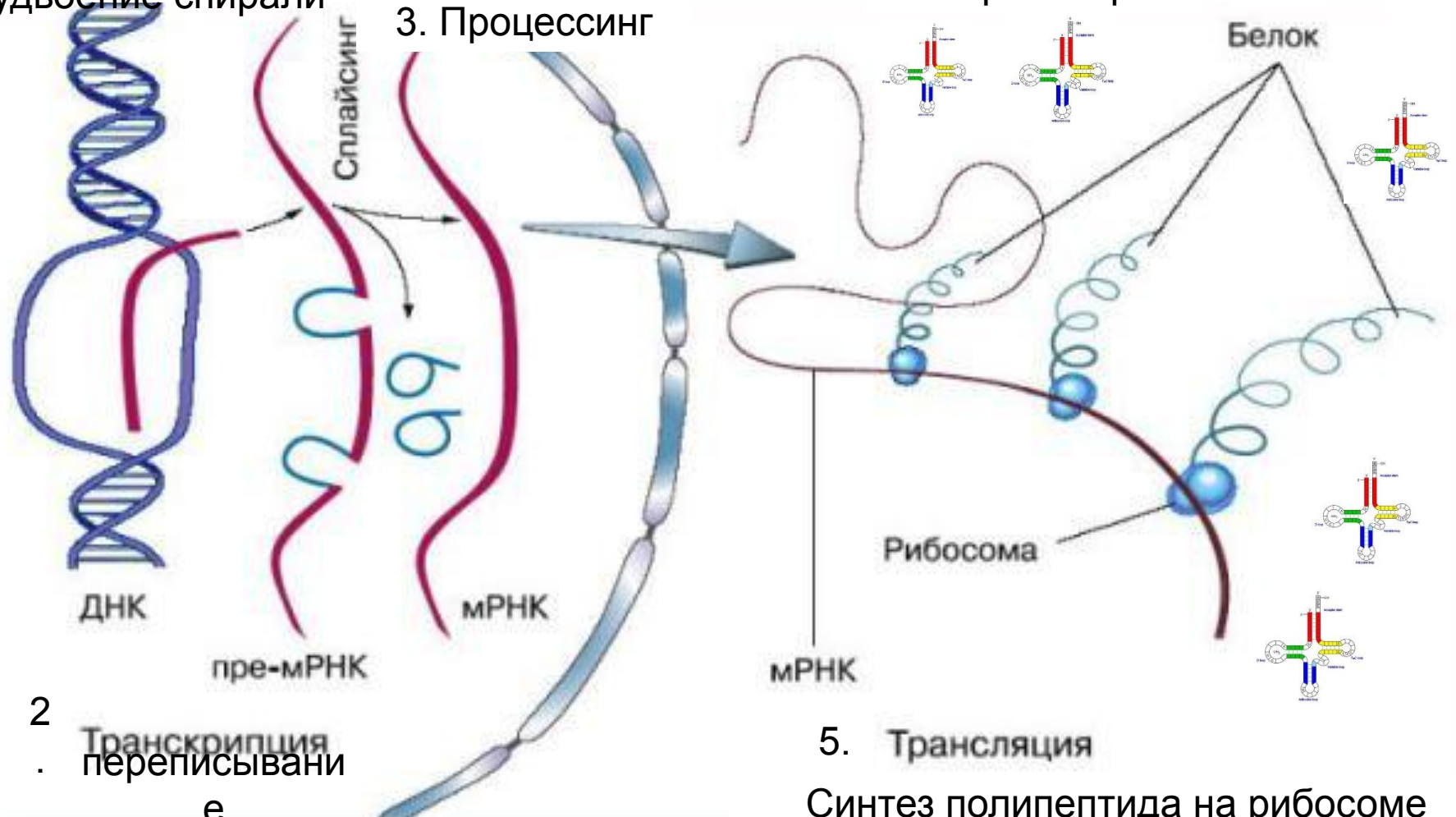
3. Процессинг

4. Транспорт

2  
Транскрипция  
переписывани  
е

5. Трансляция

Синтез полипептида на рибосоме



Несколько рибосом подряд – **полисома**

# ВОПРОС - ЗАДАЧА

• Дано: ААТ ГГЦ АТГ ЦГГ – **ДНК1**

1. По принципу комплементарности составьте вторую цепочку ДНК.
2. По принципу комплементарности составьте иРНК.
3. Составьте антикодоны тРНК.
4. Составьте белок с помощью таблицы генетического кода.
5. Сколько водородных связей в данном отрезке двойной ДНК?
6. Сколько молекул тРНК необходимо для синтеза данного белка?
7. Сколько молекул иРНК необходимо для синтеза данного белка?
8. Сколько весит этот ген? Масса 1 нуклеотида = 300.
9. Сколько весит белок? Масса 1 АК = 100
10. Какова длина этого гена? Длина 1 нуклеотида 0,34 нм
11. Какова длина молекулы белка? Длина 1 АК 0,3 нм

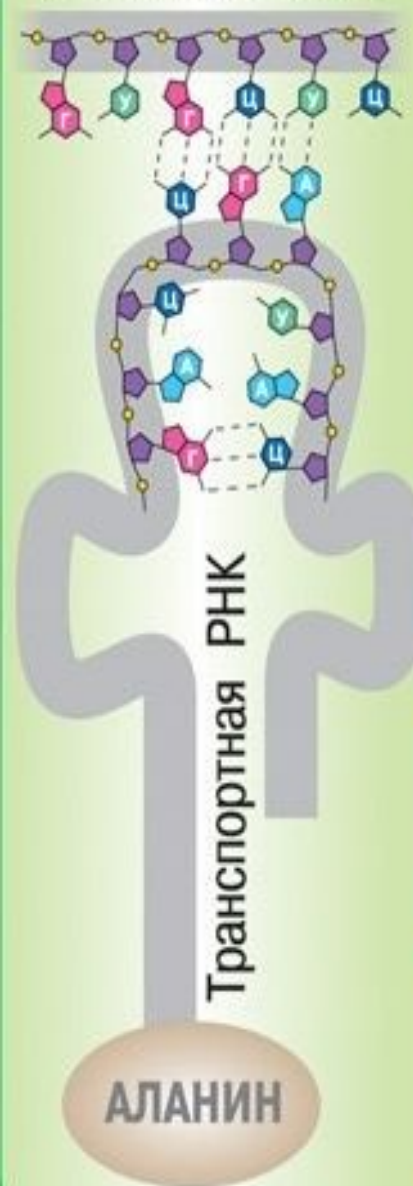




# ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

## Матричная РНК

## Н У К Л Е О Т И Д Ы



| 1-й | 2-й                                                                       |                                          |                                                                                |                                                                      | 3-й              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
|     | У                                                                         | Ц                                        | А                                                                              | Г                                                                    |                  |
| У   | УУУ } Фенилаланин<br>УУЦ }<br>УУА } Лейцин<br>УУГ }                       | УЦУ }<br>УЦЦ } Серин<br>УЦА }<br>УЦГ }   | УАУ } Тирозин<br>УАЦ }<br>УАА } <i>стоп-кодон</i><br>УАГ }                     | УГУ } Цистеин<br>УГЦ }<br>УГА } <i>стоп-кодон</i><br>УГГ } Триптофан | У<br>Ц<br>А<br>Г |
| Ц   | ЦУУ }<br>ЦУЦ } Лейцин<br>ЦУА }<br>ЦУГ }                                   | ЦЦУ }<br>ЦЦЦ } Пролин<br>ЦЦА }<br>ЦЦГ }  | ЦАУ } Гистидин<br>ЦАЦ }<br>ЦАА } Глютамин<br>ЦАГ }                             | ЦГУ }<br>ЦГЦ } Аргинин<br>ЦГА }<br>ЦГГ }                             | У<br>Ц<br>А<br>Г |
| А   | АУУ }<br>АУЦ } Изолейцин<br>АУА }<br>АУГ } Метионин<br><i>СТАРТ-КОДОН</i> | АЦУ }<br>АЦЦ } Треонин<br>АЦА }<br>АЦГ } | ААУ } Аспарагин<br>ААЦ }<br>ААА } Лизин<br>ААГ }                               | АГУ } Серин<br>АГЦ }<br>АГА } Аргинин<br>АГГ }                       | У<br>Ц<br>А<br>Г |
| Г   | ГУУ }<br>ГУЦ } Валин<br>ГУА }<br>ГУГ }                                    | ГЦУ }<br>ГЦЦ } Аланин<br>ГЦА }<br>ГЦГ }  | ГАУ } Аспарагиновая<br>кислота<br>ГАЦ }<br>ГАА } Глутаминовая<br>ГАГ } кислота | ГГУ }<br>ГГЦ } Глицин<br>ГГА }<br>ГГГ }                              | У<br>Ц<br>А<br>Г |



# ОТВЕТ:

ААТ ГГЦ АТГ ЦГГ – **ДНК1**

ТТА ЦЦГ ТАЦ ГЦЦ – **ДНК 2**

ААУ ГГЦ АУГ ЦГГ – **иРНК2**

УУА ЦЦГ УАЦ ГЦЦ – **тРНК2**

**асн – гли – мет – арг**

5. Сколько водородных связей в данном отрезке двойной ДНК? **31**
6. Сколько молекул тРНК необходимо для синтеза данного белка? **4**
7. Сколько молекул иРНК необходимо для синтеза данного белка? **1**
8. Сколько весит этот ген? Масса 1 нуклеотида = 300. **3600**
9. Сколько весит белок? Масса 1 АК = 100. **400**
10. Какова длина этого гена? Длина 1 нуклеотида 0,34 нм. **4,08 нм**
11. Какова длина этого белка? Длина 1 АК 0,3нм. **1,2 нм**

# ВОПРОС-задача

Если в цепочке ДНК 20% азотистых оснований (АО) приходится на аденин, то сколько % составит тимин, цитозин и гуанин?

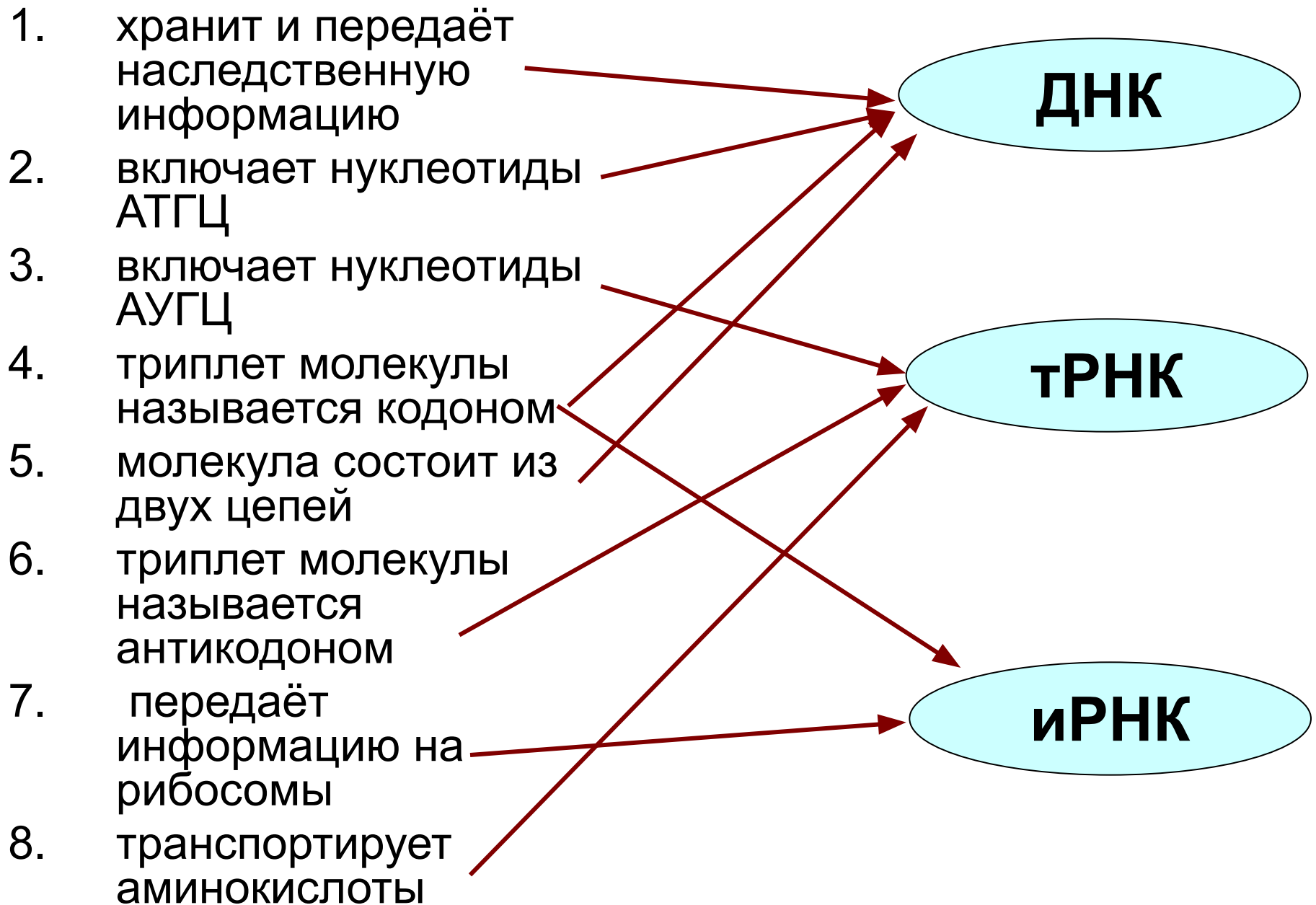
## Решение:

**аденина – 20 %,  $A=T$ , значит тимина – 20 %**

$$\mathbf{A+T = 20 + 20 = 40 \%}$$

**100 % - 40 % = 60 % - приходится на Г и Ц**

**60 % : 2 = 30 % гуанина; 30 % цитозина.**



# Генетический код (иРНК)

Таблица 1.1

КАРТА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА

| Аминокислота          | Кодирующие триплеты (кодоны) |
|-----------------------|------------------------------|
| Аланин                | ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ              |
| Аргинин               | ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ АГА АГГ      |
| Аспарагин             | ААУ ААЦ                      |
| Аспарагиновая кислота | ГАУ ГАЦ                      |
| Валин                 | ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ              |
| Гистидин              | ЦАУ ЦАЦ                      |
| Глицин                | ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ              |
| Глутамин              | ЦАА ЦАГ                      |
| Глутаминовая кислота  | ГАА ГАГ                      |
| Изолейцин             | АУУ АУЦ АУА                  |
| Лейцин                | ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ УУА УУГ      |
| Лизин                 | ААА ААГ                      |
| Метионин              | АУГ                          |
| Пролин                | ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ              |
| Серин                 | УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ АГУ АГЦ      |
| Тирозин               | УАУ УАЦ                      |
| Треонин               | АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ              |
| Триптофан             | УГГ                          |
| Фенилаланин           | УУУ УУЦ                      |
| Цистеин               | УГУ УГЦ                      |
| Знаки препинания      | УАА УАГ УГА                  |

| 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                |

## Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.



# Задача еще одна

- Одна из цепей ДНК имеет последовательность нуклеотидов:  
ЦАТ–ГГЦ–ТГТ–ТЦЦ–ГТЦ.
- Объясните, как изменится структура молекулы белка, если произойдет удвоение четвертого триплета нуклеотидов в цепи ДНК?

До мутации:

**ДНК:** ЦАТ – ГГЦ – ТГТ – ТЦЦ – ГТЦ

**иРНК:** ГУА ЦЦГ АЦА АГГ ЦАГ

**Белок:** вал - про - тре - арг - глн

После мутации:

**ДНК:** ЦАТ – ГГЦ – ТГТ – ТЦЦ – ТЦЦ – ГТЦ

**иРНК:** ГУА ЦЦГ АЦА АГГ АГГ ЦАГ

**Белок:** вал - про - тре - арг - арг - глн

## Генетический код (иРНК)

| Первое<br>основание | Второе основание |     |     |     | Третье<br>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                   |

### Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

# И еще одна задача

Дана цепь ДНК: ЦТААТГТАА-ЦЦА. Определите:

- А) Первичную структуру закодированного белка.
  - Б) % содержание различных видов нуклеотидов в этом гене (в двух цепях).
  - В) Длину этого гена.
  - Г) Длину белка.
- *Длина 1 нуклеотида — 0,34 нм*
  - *Длина одной аминокислоты — 0,3 нм*
  - *Длина нуклеотида и аминокислоты — это табличные данные*

Ответ:

ДНК: ЦТА – АТГ – ТАА – ЦЦА

ДНК2: ГАТ – ТАЦ – АТТ – ГГТ

иРНК: ГАУ – УАЦ – АУУ – ГГУ

А) Белок: асп – тир – иле – гли

Б) % сод-ие нукл. (в 2-х цепях): А= 8, Т=8, Г= 4, Ц=4; 24 - 100 %, 8 – 33,3%, 4 – 16,7%

В) Длину этого гена  $0,34 * 12 = 4,08$  нм

Г) Длину белка  $0,3 * 4 = 1,2$  нм

## Генетический код (иРНК)

| Первое<br>основание | Второе основание |     |     |     | Третье<br>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                   |

### Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

# Задача

- Ген содержит 1500 нуклеотидов. В одной из цепей содержится 150 нуклеотидов А, 200 нуклеотидов Т, 250 нуклеотидов Г и 150 нуклеотидов Ц.
- Сколько нуклеотидов каждого вида будет в цепи ДНК, кодирующей белок? Сколько аминокислот будет закодировано данным фрагментом ДНК?

Ответ:

- 1) В кодирующей цепи ДНК в соответствии с правилом комплементарности нуклеотидов будет содержаться:  
нуклеотида Т — 150, нуклеотида А — 200, нуклеотида Ц — 250,  
нуклеотида Г — 150.  
Таким образом, всего А и Т по 350 нуклеотидов, Г и Ц по 400 нуклеотидов.
- 2) Белок кодируется одной из цепей ДНК.
- 3) Поскольку в каждой из цепей  $1500/2=750$  нуклеотидов, в ней  $750/3=250$  триплетов. Следовательно, этот участок ДНК кодирует 250 аминокислот.



# Имеют молекул ДНК (хромосом)

- Лемуры – 44-46
- Шимпанзе – 48
- Павианы – 42
- Мартышки – 54
- Гиббоны – 44
- Гориллы – 48
- Орангутанг – 48
- Макаки – 42
- Слон – 56
- Дельфин – 44
- Осел – 62
- Жираф – 62
- Кенгуру – 12
- Мул – 63
- Коза домашняя 60
- Волк – 78
- Койот – 78
- Собака – 78
- Лисица малая – 76
- Лисица обыкн. – 34
- Песец 48-50
- Лев и тигр – 38
- Домашняя кошка – 38
- Кролик – 44
- Заяц 48
- Корова – 60
- Лошадь – 64
- Свинья – 38
- Овца – 54
- Белохвостый олень – 70

# Имеют молекул ДНК (хромосом)

- Ехидна 63-64
- Обыкновенный опоссум 22
- Желтая сумчатая мышь 14
- Пятнистые куницы 12
- Сумчатый муравьед 14
- Барсук американский 32
- Норка 30
- Эквадорский хомячок 92
- Канадский бобр 40
- Шиншилла 64
- Курица 78
- Индейка 82
- Голубь 80
- Еж 88-90
- Мышь домовая 40
- Крысы 42
- Енот-полоскун 38
- Панда малая 36
- Опоссум 22
- Полосатый скунс 50

1. Репликация – это:
2. Транскрипция – это:
3. Трансляция – это:
4. Нуклеотид – это:
5. Нуклеоид – это:
6. Триплет – это:
7. Комплементарность:
8. Процессинг – это:
9. Сплайсинг – это:
0. Антикодон – это:

Удвоение ДНК

Переписывание ДНК – синтез  
иРНК

Синтез белка

Мономер ДНК или РНК

Геном бактериальной клетки

3 нуклеотида = кодон

Сродство нуклеотидов в ДНК

Созревание иРНК

Вырезка некодирующих  
участков из иРНК

Главный узнающий  
аминокислоту триплет тРНК

## Свойства генетического кода

1. Код **универсален**
2. Код **вырожден=избыточен**  
(избыточность  $20\text{АК} = 61$  триплет)
3. Код **триплетен**  
(функциональная единица кода – триплет)
4. Код **неперекрываем** – один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав 2 соседних кодонов.
5. Имеет **СТОП-КОДНЫ**

## • Биосинтез белка:

- ✓ Репликация (ДНК)
  - ❖ Инициация
  - ❖ Элонгация
  - ❖ Терминация
- ✓ Транскрипция(иРНК)
- ✓ Процессинг
  - ❖ Сплайсинг
  - ❖ Кэпирование
  - ❖ Аденилирование
- ✓ Сбор на рибосоме
  - ❖ Транспорт иРНК к рибосоме
  - ❖ Присоединение АК к тРНК
  - ❖ Транспорт тРНК к рибосоме
- ✓ Трансляция (белок)

## 1. Свинья

В крови у неё и у человека одинаковое содержание гемоглобина и белков, совпадают размеры эритроцитов и группы крови. Также у нас чрезвычайно близки пищеварение и структура кожи — именно поэтому свинья, как и мы, может загорать.



Учёные, проводившие энцефалограмму многих животных, выяснили: дельфины афалины имеют максимально похожий на человеческий мозг. Он у них чуть большего, чем у нас, размера и даже содержит вдвое больше извилин.



## 2. Мышь

Домашняя, как и человек, боится щекотки, а потому умеет смеяться, если её щекочут.



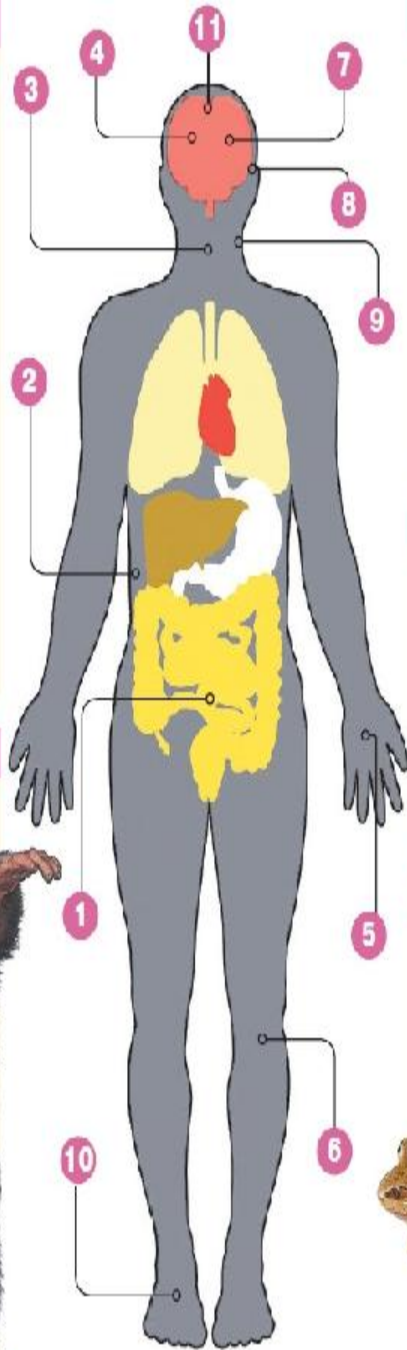
## 3. Хамелеон

Имеет похожие на человеческие голосовые связки.



## 5. Обезьяна

С точки зрения теории эволюции люди — недоразвитые обезьяны. Мы имеем на одну хромосому меньше, чем, скажем, шимпанзе. Но при этом у нас похоже строение рук и черепа.



## 6. Крыса

Если этого грызуна увеличить до нашего размера и распрямить ему скелет, то окажется, что суставы крыс и людей устроены одинаково, а кости имеют равное количество деталей.



## 7. Слон

Имеет такую же, как у человека, долговременную память.



## 8. Лягушка

У неё тоже имеются кожистые веки, помогающие очистке глаз, а также барабанные перепонки, которые дают возможность слышать звуки.



## 9. Рыба

У человеческого зародыша, как и у рыб, имеются жабры. Правда, у нас они в процессе вырастания малыша атрофируются.



## 10. Ёж

У этого симпатичного колючего зверька сходная с нашей стопа, хотя, конечно, и не столь развитая.



## 11. Червь

У человека и червя нематоды паразитально схоже строение нервной системы.

