



ГОУВПО СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. И.И. МЕЧНИКОВА  
кафедра медицинской  
биологии

---

# Введение в молекулярную биологию

К.б.н., доц. Казанская Елена Анатольевна

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020

## План:

1. Белок – субстрат жизни. Строение и функции белков.
2. Нуклеиновые кислоты.
3. Некоторые особенности организации наследственного аппарата у про-, эукариот и вирусов.
4. Реализация генетической информации в клетке (репликация, транскрипция, трансляция, обратная транскрипция).

# 1. Белок – субстрат

## ЖИЗНИ.

«Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причём с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка»

Фридрих Энгельс (философ, немецкий политический деятель)

Белки являются универсальными молекулами и имеют принципиально сходное строение у животных, растений, бактерий и вирусов.

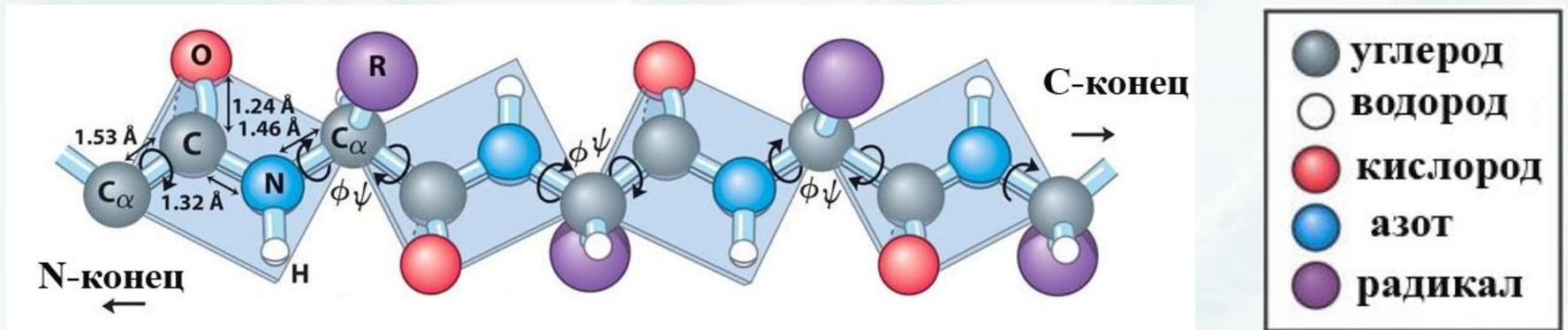
На долю белков приходится 50-80 % сухой массы клетки.

# Строение и функции белков

**Белки́ (протеи́ны) —** высокомолекулярные органические вещества, состоящие из соединённых в цепочку пептидной связью аминокислот.

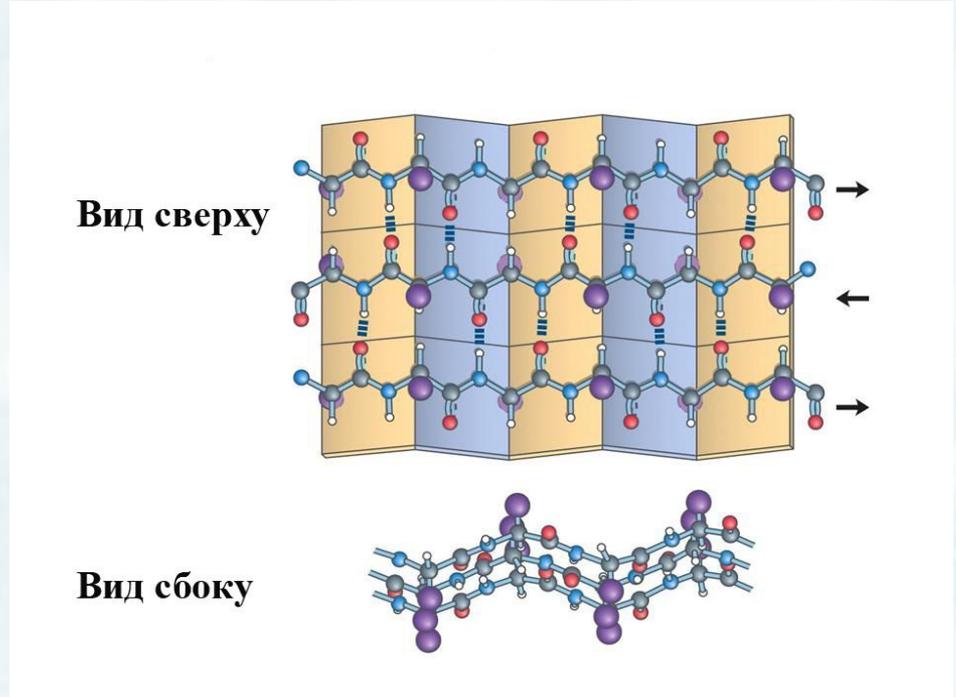
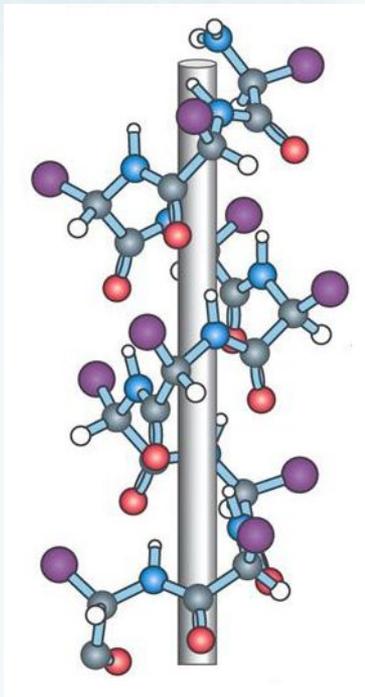
✓ **Первичная структура белка - это последовательность расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи.**

Аминокислоты соединяются в полипептид с помощью ковалентных пептидных (амидных) связей.

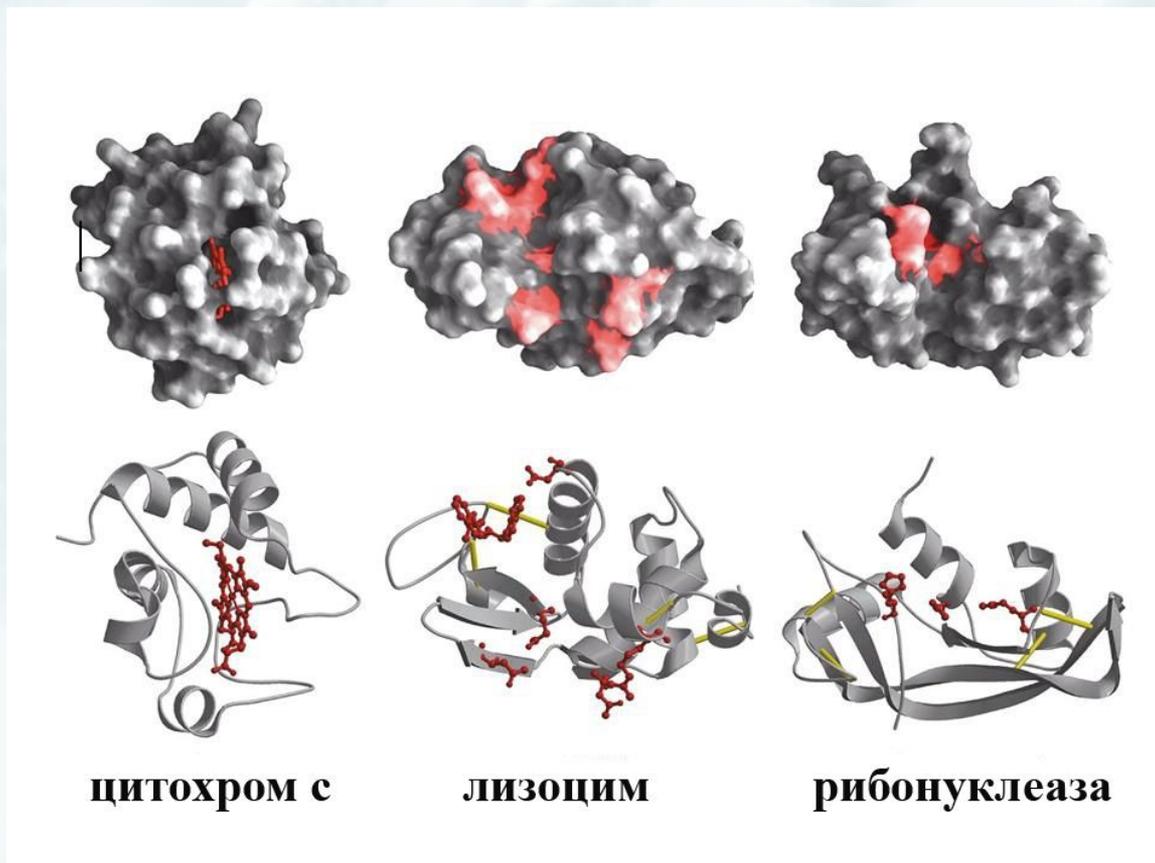


✓ Вторичная структура белка - это упорядоченное строение полипептидных цепей, обусловленное водородными связями между группами C=O и N-H разных аминокислот.

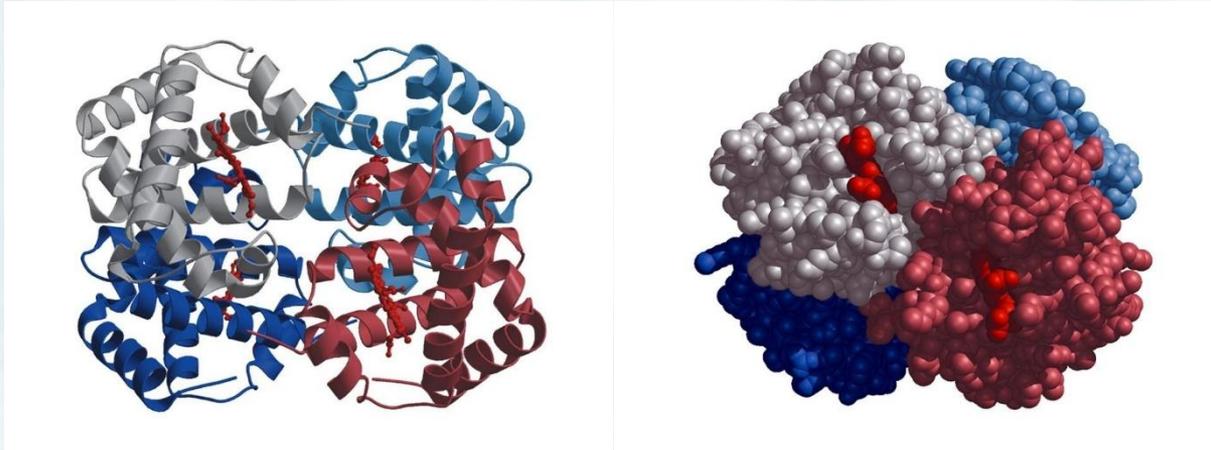
Вторичная структура может быть регулярной  $\alpha$ -спиралью и нерегулярной  $\beta$ -складчатой структурой



- ✓ Третичная структура белка - это пространственная конформация полипептида, имеющего вторичную структуру, и обусловленная взаимодействиями между радикалами.



- ✓ Четвертичная структура белка - это агрегация двух или большего числа полипептидных цепей, имеющих третичную структуру, в олигомерную функционально значимую композицию.



Молекула гемоглобина

# Функции белков

**Ферментативная:** гидролазы, каталазы, полимеразы, синтетазы и др. ферменты.

**Регуляторная:** белки-репрессоры и белки-активаторы транскрипции.

**Рецепторная:** белки-рецепторы стероидных гормонов, гликопротеины ПАК.

**Транспортная:** миоглобин, фермент АТФаза.

**Структурная:** структурные белки мембранных и не мембранных органоидов и структур, гистоны, кислые белки и т. д.

**Опорная (механическая):** коллаген,  $\beta$ -кератин.

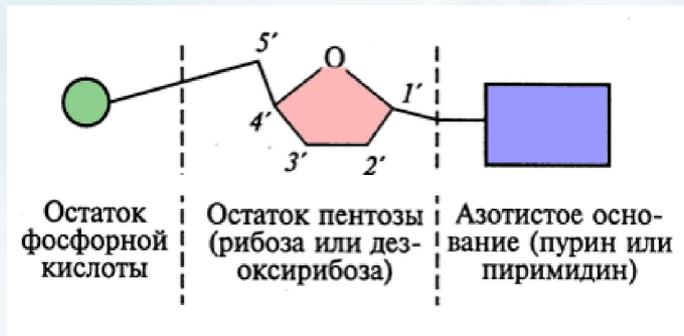
**Сократительная:** миозин, актин, тубулины, динеин.

**Резервная:** овалбумин.

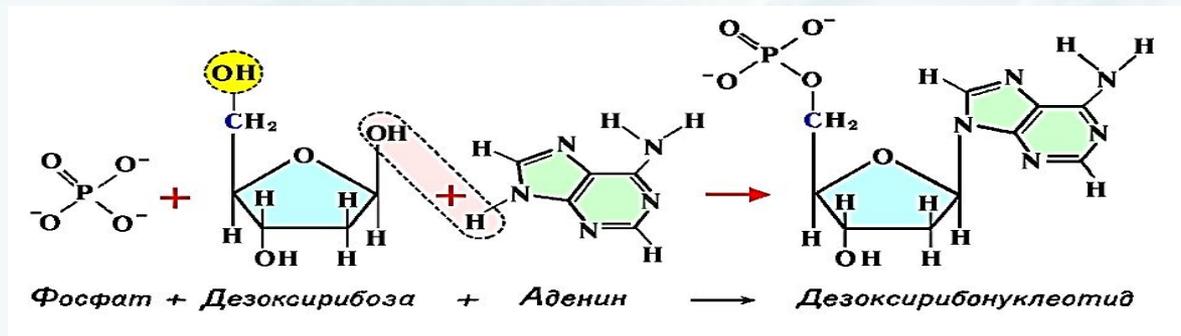
**Субстратно-энергетическая:** все белки, которые распадаются до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , мочевины).

## 2. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты – это линейные полимеры, состоящие из последовательно расположенных структурных единиц (мономеров), которые называются **нуклеотидами**.



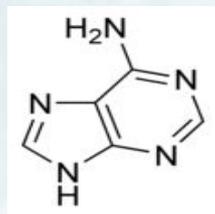
Структура нуклеотида



Пример образования дезоксирибонуклеотида

**Существует два класса азотистых оснований.**

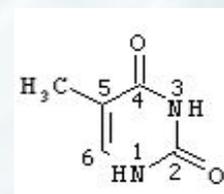
**Пурины: аденин (А) и гуанин (Г) - содержат два гетероцикла.**



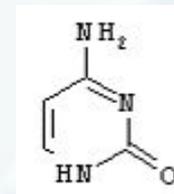
**аденин**



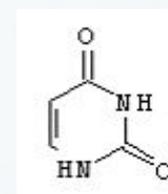
**гуанин**



**тимин**



**цитозин**



**урацил**

**Пиримидины: тимин (Т), цитозин (Ц) и урацил (У) - содержат один гетероцикл**

# Нуклеиновые

## кислоты

Субстратом для построения цепи нуклеиновой кислоты являются **нуклеозидтрифосфаты**.

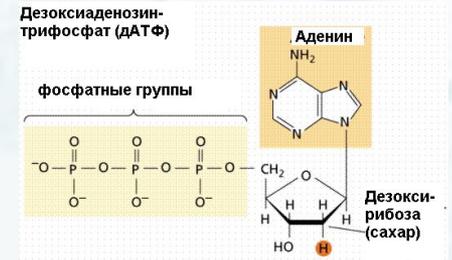
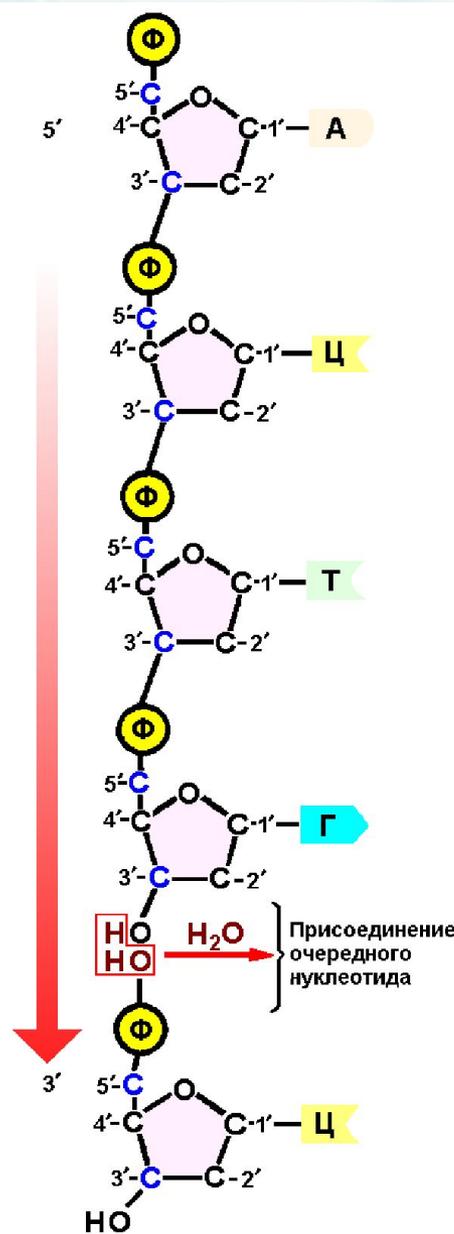
Соединение нуклеотидов происходит путем взаимодействия **фосфата** одного нуклеотида с **гидроксильной группой** пентозы (в положении 3-го атома углерода) другого нуклеотида.

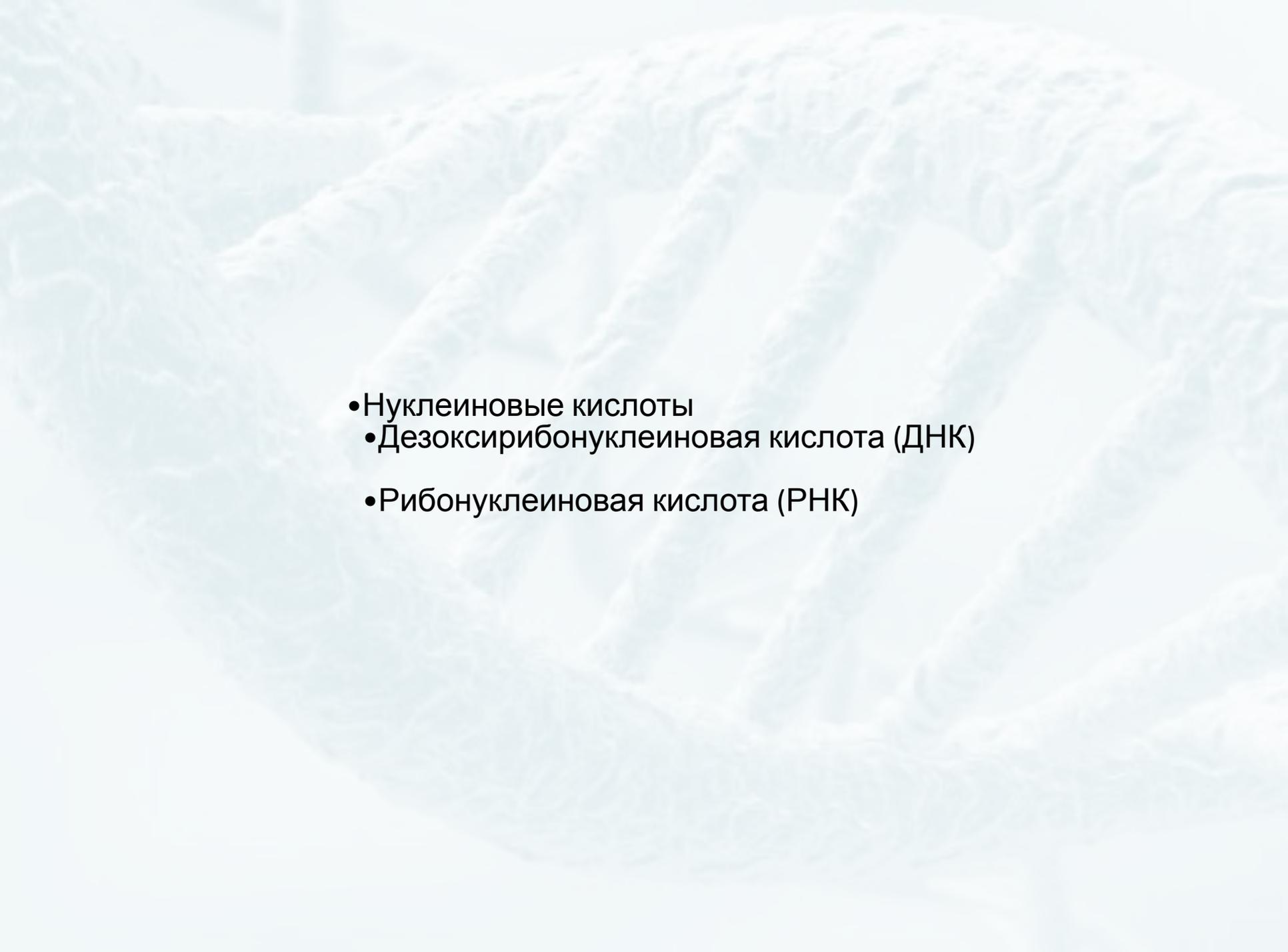
Возникает ковалентная **фосфодиэфирная связь**.

В результате образуется **полинуклеотидная цепь** (при участии ферментов **полимераз**).

Таким образом, образующиеся полимеры имеют фосфатный остаток на 5'-конце и свободную –ОН-группу сахара на 3'-конце.

**Концы полинуклеотидных цепей обозначаются как 5' и 3'.**



- 
- Нуклеиновые кислоты
    - Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)
    - Рибонуклеиновая кислота (РНК)

# ДНК.



**ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота)**  
– полимер, мономерами которой являются  
**дезоксирибонуклеотиды.**

Дезоксирибонуклеотид – состоит из остатков трех веществ:

- 1) азотистого основания,
- 2) **дезоксирибозы** (пентозы),
- 3) фосфорной кислоты.

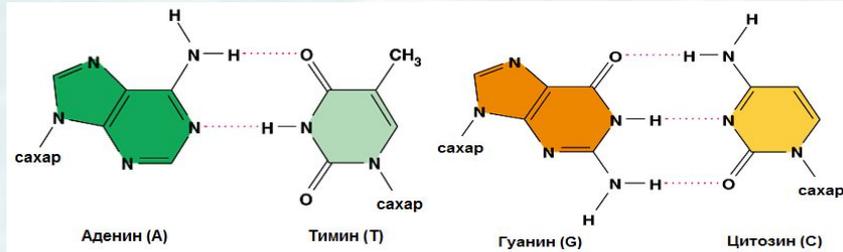
**Пиримидиновые азотистые основания ДНК** – **тимин**, цитозин,  
**пуриновые** – аденин и гуанин.

**Субстратом** для построения цепей ДНК являются  
**дезоксирибонуклеозид-трифосфаты.**

# ДНК.

ДНК – двуцепочечная молекула.

Цепи в ДНК комплементарны, полярны и антипараллельны.



✓ **Комплементарность**—это пространственная взаимодополняемость молекул или их частей, приводящая к образованию водородных связей.

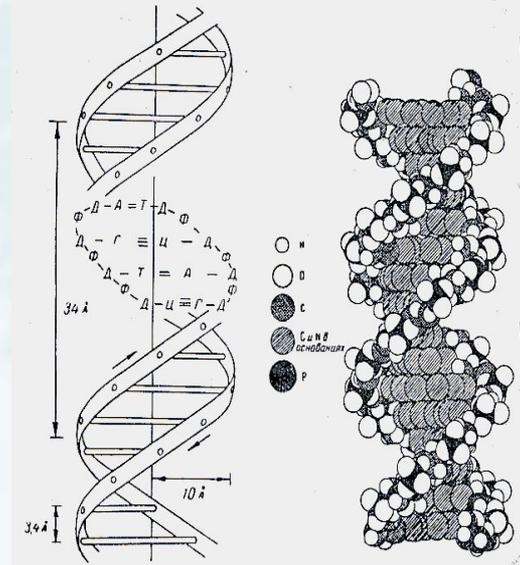
**Канонические пары оснований:**

Аденин (А) – Тимин (Т) образуют 2 водородные связи

Гуанин (Г) – Цитозин (Ц) образуют 3 водородные связи

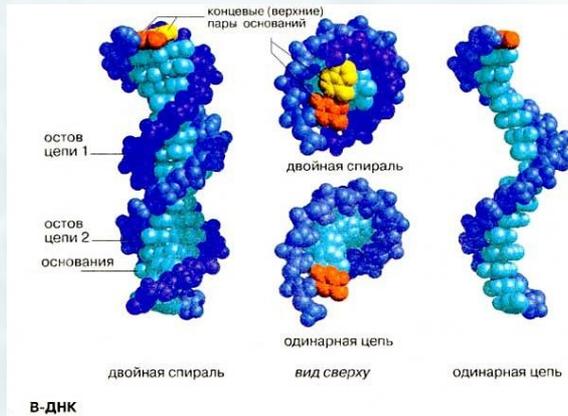
- ✓ Поскольку каждый остаток фосфорной кислоты удерживается фосфодиэфирными связями с 5'-углеродом одного остатка сахара и 3'-углеродом другого остатка сахара, молекулы нуклеиновой кислоты обладают **полярностью** (обозначается как направление  $5' \rightarrow 3'$ ).
- ✓ В молекулах ДНК две полинуклеотидные цепи имеют противоположное направление в отношении связей  $5' \rightarrow 3'$  и  $3' \rightarrow 5'$ , т.е. они **антипараллельны**.

# ДНК

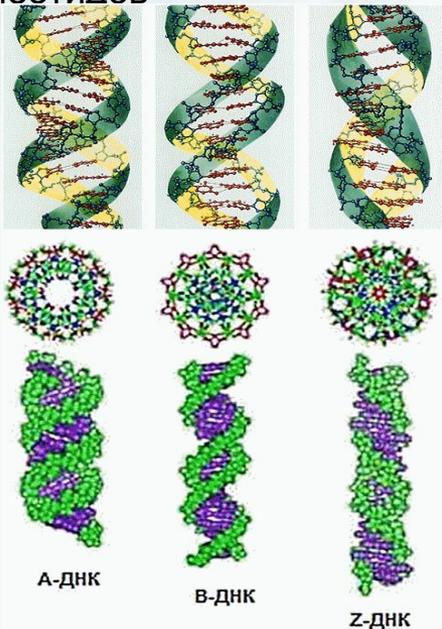


**Модель строения  
ДНК, предложенная  
Уотсоном  
и Криком (1953)**

- ✓ Двухцепочечная молекула
- ✓ Скелетная основа полинуклеотидных цепей содержит правильно чередующиеся сахара и фосфаты, связанные ковалентными фосфодиэфирными связями.
- ✓ Две углеводно-фосфатные цепи расположены на внешней стороне молекулы ДНК, в то время как азотистые основания находятся внутри нее, перпендикулярно оси спирали.
- ✓ Цепи соединяются друг с другом водородными связями между их азотистыми основаниями.
- ✓ Ковалентные связи между атомами в углеводно-фосфатных цепях ДНК имеют определенную пространственную ориентацию (обусловленную торсионными углами вращения химических связей). В результате чего, вся молекула ДНК закручивается в спираль.



На схеме представлена модель **ДНК (В-форма)**, построенная из 17 пар нуклеотидов



**Формы двойной спирали ДНК**

При исследовании синтетических молекул ДНК было показано, что ДНК может принимать различные конформации.

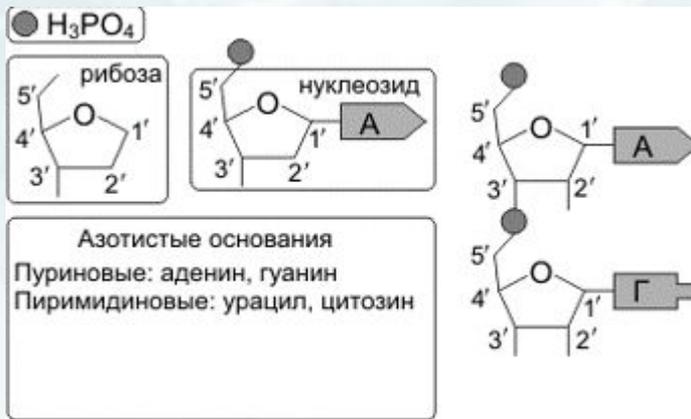
Наиболее часто встречается **В-форма ДНК**. Молекула состоит из двух антипараллельных полидезоксинуклеотидных цепей, которые закручены в **правую двойную спираль**.

В определенных условиях ДНК может принимать **А-конформацию**. При таком расположении сохраняется правая двойная спираль, однако в отличие от В-формы основания уже не перпендикулярны оси, а находятся под *другим углом*.

В **Z-конформации**, которая может образовываться в участках **В-ДНК**, богатых GC, расположение нуклеотидов совершенно иное: двойная спираль *скручена влево*, а остов имеет характерную *зигзагообразную форму* (отсюда *Z-конформация*, или *Z-ДНК*).

# РНК.

**РНК (рибонуклеиновая кислота)** – полимер, мономерами которой являются **рибонуклеотиды**.



**Рибонуклеотид** – состоит из остатков трех веществ:

- 1) азотистого основания,
- 2) **рибозы** (пентозы)
- 3) **фосфорной кислоты**.

**Пиримидиновые азотистые основания РНК** – **урацил**, цитозин, **пуриновые** – аденин и гуанин.

- ✓ РНК образована одной полинуклеотидной цепочкой (исключение – некоторые вирусы).
- ✓ Нуклеотиды РНК способны образовывать водородные связи между собой.
- ✓ Цепи РНК значительно короче цепей ДНК.

**Субстратом** для построения РНК являются **рибонуклеозид-трифосфаты**.

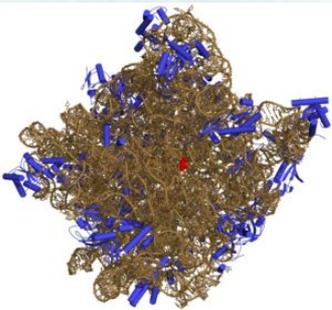


**тРНК**

- **Транспортные РНК** содержат обычно 76 нуклеотидов (около **10%** от общего содержания РНК в клетке).

Функции т-РНК:

- 1) транспорт аминокислот к месту синтеза белка, к рибосомам,
- 2) трансляционный посредник.



**рРНК**

- **Рибосомные РНК** содержат 3000-5000 нуклеотидов (**80-85%** от общего содержания РНК в клетке).

Функции р-РНК:

- 1) необходимый структурный компонент рибосом (обеспечение функционирования рибосом);
- 2) обеспечение взаимодействия рибосомы и т-РНК;
- 3) первоначальное связывание рибосомы и кодона-инициатора и-РНК и определение рамки считывания,
- 4) формирование активного центра рибосомы.



**мРНК**

- **Информационные РНК** разнообразны по содержанию нуклеотидов (до **5%** от общего содержания РНК в клетке).

Функции и-РНК:

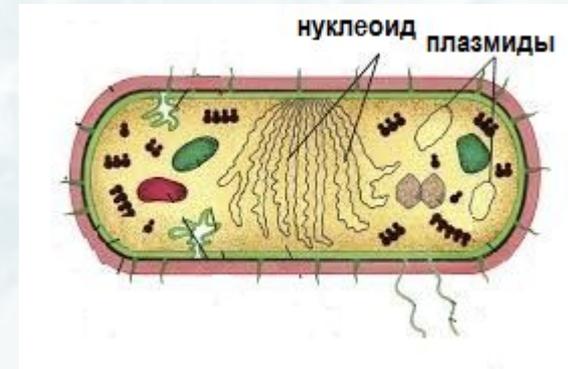
- 1) перенос генетической информации от ДНК к рибосомам,
- 2) матрица для синтеза молекулы белка,
- 3) определение аминокислотной последовательности первичной структуры белковой молекулы.



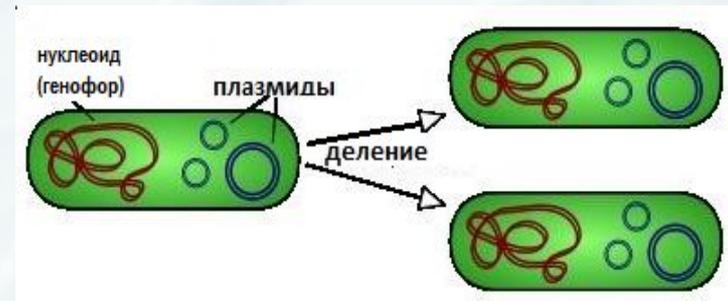
**3. Некоторые особенности  
организации наследственного  
аппарата у прокариот, эукариот и  
вирусов.**

# Особенности организации наследственного аппарата прокариот.

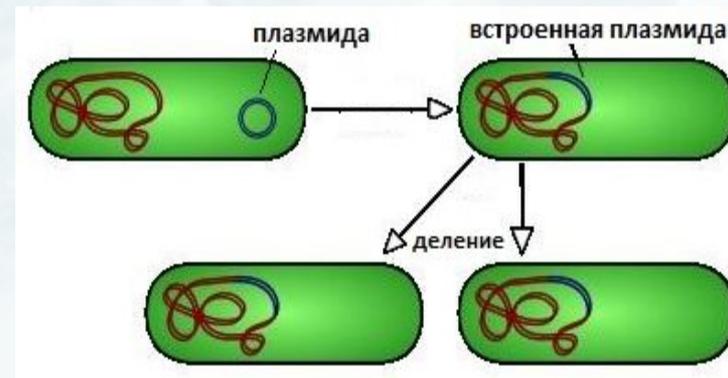
**Нуклеоид (генофор)** - кольцевая двуспиральная правозакрученная молекула ДНК, которая свернута во вторичную спираль. Вторичная структура поддерживается с помощью гистоноподобных (основных) белков и РНК. Нуклеоид занимает примерно 30% объема цитоплазмы



**Плазмиды** - небольшие молекулы ДНК. Плазмиды не встраиваются в другие репликоны (например в нуклеоид), а всегда существуют в форме свободных (автономных) репликонов.



**Эписомы** - это генетические элементы, которые могут существовать либо в форме репликона отдельно (в виде автономных плазмид), либо встраиваться в бактериальную ДНК и составлять при этом часть репликона бактерии.



# Основные различия в организации генетического материала у про- и эукариот

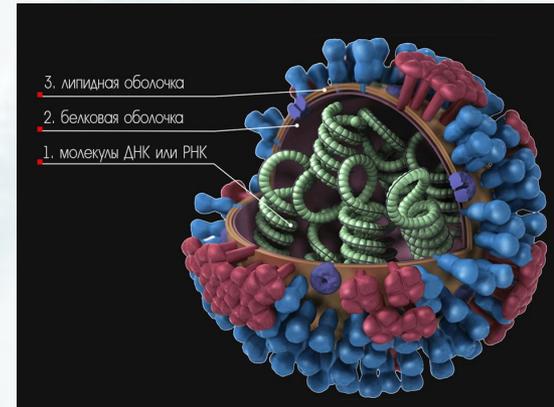
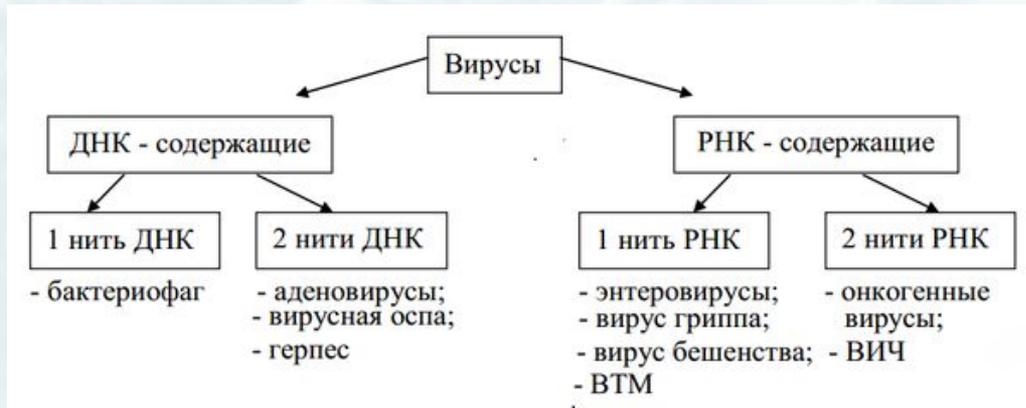
## Прокариоты

1. Объем= $10^6$  пары нуклеотидов
2. Молекула ДНК
3. ДНК не связана с гистонами
4. Большую часть ДНК составляют последовательности, связанные со структурными генами
5. Почти все последовательности уникальны
6. Последовательности, соответствующие структурным генам, не прерываются не информативными участками
7. В единицу времени активны до 95 % генов

## Эукариоты

1. Объем= $3 \times 10^9$  пары нуклеотидов
2. Хромосомы
3. ДНК связана с гистонами
4. Большую часть ДНК составляют последовательности, связанные с регуляторными последовательностями
5. 30% различных повторов
6. Последовательности, соответствующие структурным генам, могут быть разделены не информативными участками
7. В единицу времени активны 5-10 % генов

# Особенности организации наследственного аппарата вирусов.



## Способы увеличения генетической информации:

- 1) двукратное считывание одной и той же иРНК, но с другого иницирующего кодона;
- 2) сдвиг рамки трансляции;
- 3) сплайсинг;
- 4) транскрипция с перекрывающихся областей ДНК и др.

Геном вирусов отличается высокой плотностью упаковки информации (в пределах одного гена может находиться еще один ген, перекрывание генов).

Геном вируса включает:

- структурные гены, которые кодируют белки (около 95% генома);
- регуляторные последовательности (промоторы, операторы, терминаторы);
- прочие не кодирующие сайты (например участок *AttP*, обеспечивающий интеграцию вирусного генома в хромосому клетки).

**Гены, кодирующие рРНК и тРНК в геноме вирусов обычно отсутствуют.**

Вирусные РНК в зависимости от выполняемых функций подразделяются на две группы.

**1. плюс-нити РНК (+РНК, позитивный геном) - РНК, способные непосредственно транслировать генетическую информацию чувствительной клетки, т.е выполнять функции иРНК (мРНК).**

Молекулы +РНК проявляют инфекционность сразу

***Исключение – ретровирусы (+РНК).***

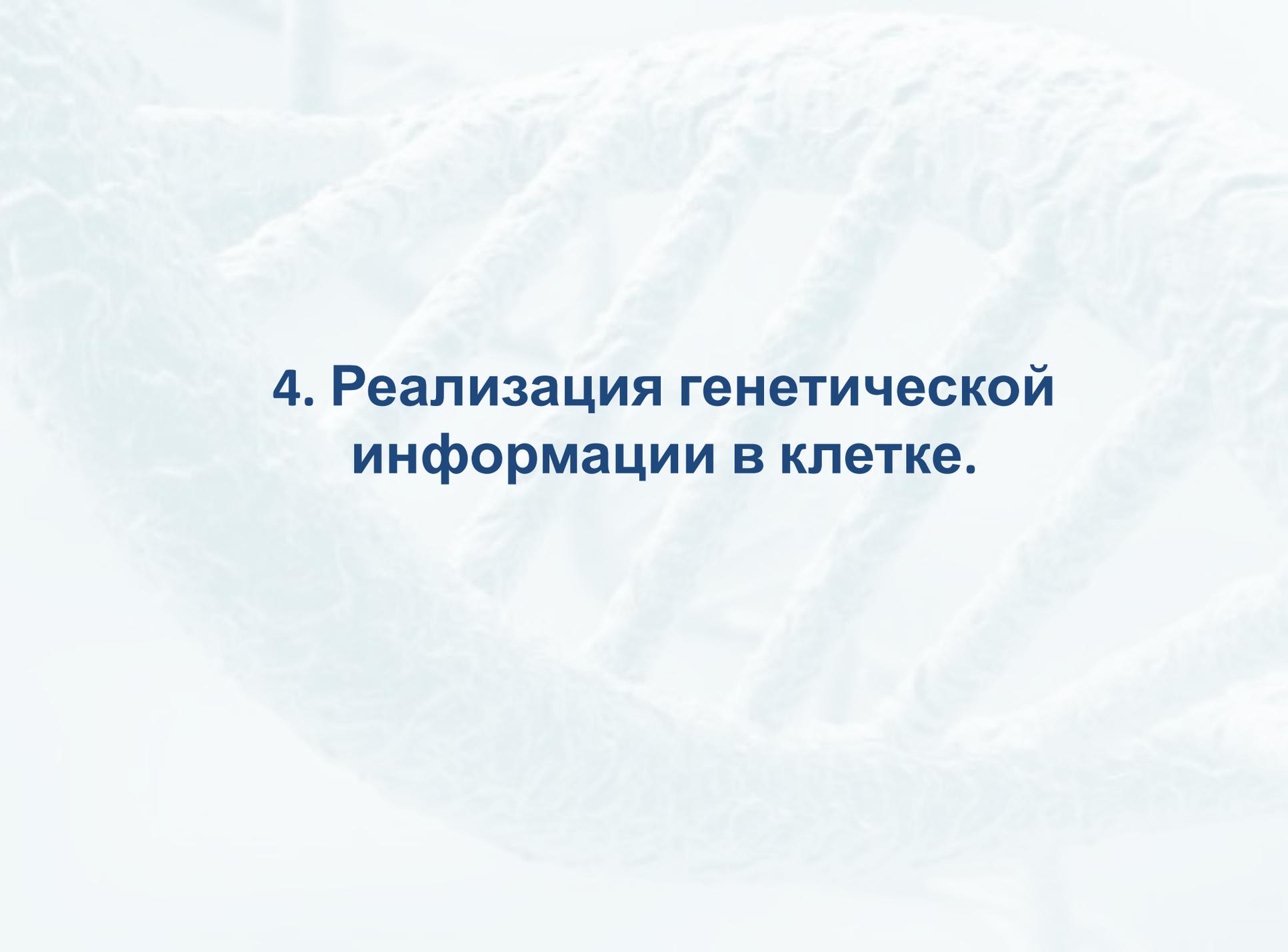
**2. минус-нити РНК (-РНК, негативный геном) - РНК не способны транслировать генетическую информацию непосредственно и функционировать как иРНК. Такие РНК служат матрицей для образования иРНК (при репликации первоначально синтезируется матрица (+РНК) для синтеза –РНК).**

-РНК не проявляют инфекционные свойства и для воспроизведения должны транскрибироваться в +РНК.

# Структура генома ретровируса.



- Рамка считывания **Gag** кодирует полипептид, содержащий белок капсида;
- **pol** — ферменты, ответственные за цикл размножения вируса, а именно: **интегразу**, **обратную транскриптазу** и **протеазу**, разрезающую полипептид;
- **env** — белки внешней оболочки, нужные для проникновения в клетку и выхода из нее.
- На концах генома есть так называемые **LTR -участки** — длинные повторы, необходимые для интеграции вируса в ДНК хозяина и экспрессии вирусных генов.

A light blue, semi-transparent background image showing a microscopic view of a cell. The cell is roughly spherical and contains a prominent, darker nucleus in the center. The cytoplasm is filled with various organelles and structures, though they are somewhat blurred due to the low magnification and the semi-transparent overlay. The overall appearance is that of a typical eukaryotic cell.

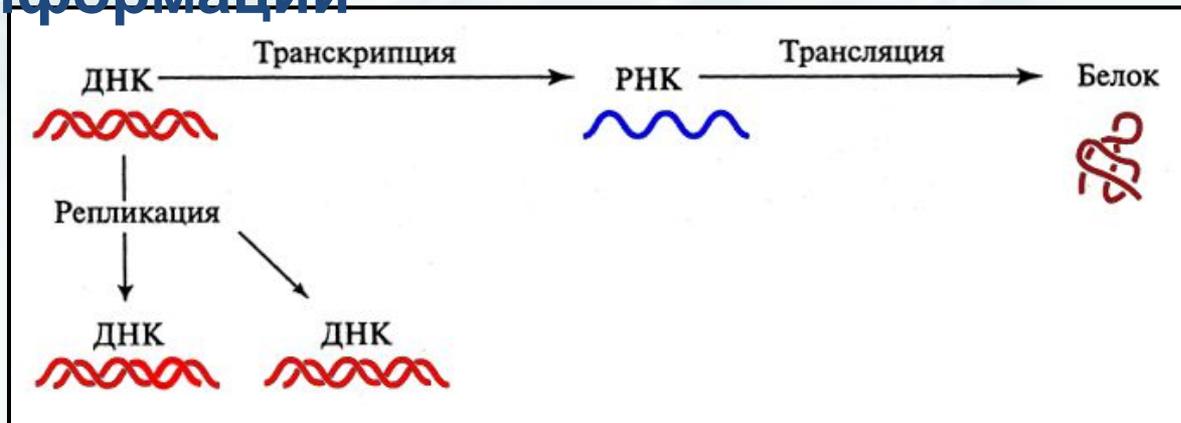
## **4. Реализация генетической информации в клетке.**

# Центральная догма молекулярной биологии

Центральная догма\* молекулярной биологии — обобщающее наблюдаемое в природе правило реализации генетической информации: информация передаётся от нуклеиновых кислот к белку, но не в обратном направлении.

\*от гр. δόγμα – мнение; решение, постановление

## Этапы реализации генетической информации



Способы передачи информации:

1. **общие** — встречающиеся у большинства живых организмов;

2. **специальные** — встречающиеся в виде исключения.

- Способы передачи информации
  - общие
    - ДНК→ДНК
    - (репликация)
  
    - ДНК→РНК (транскрипция)
  
    - РНК→белок (трансляция)
  
  - специальные
    - РНК→ДНК (обратная транскрипция)

# Матричные

## процессы

- репликация
- транскрипция
- трансляция
- репарация

Характеристика:

1. Наличие матрицы
2. Участие ферментов
3. Затраты энергии
4. Три этапа (инициация, элонгация, терминация)

# Репликация ДНК

**Репликация ДНК**– процесс образования идентичных копий ДНК, осуществляемый комплексом ферментов и структурных белков.

Репликация ДНК происходит перед делением клетки, В результате этого процесса содержание ДНК в клетке удваивается.

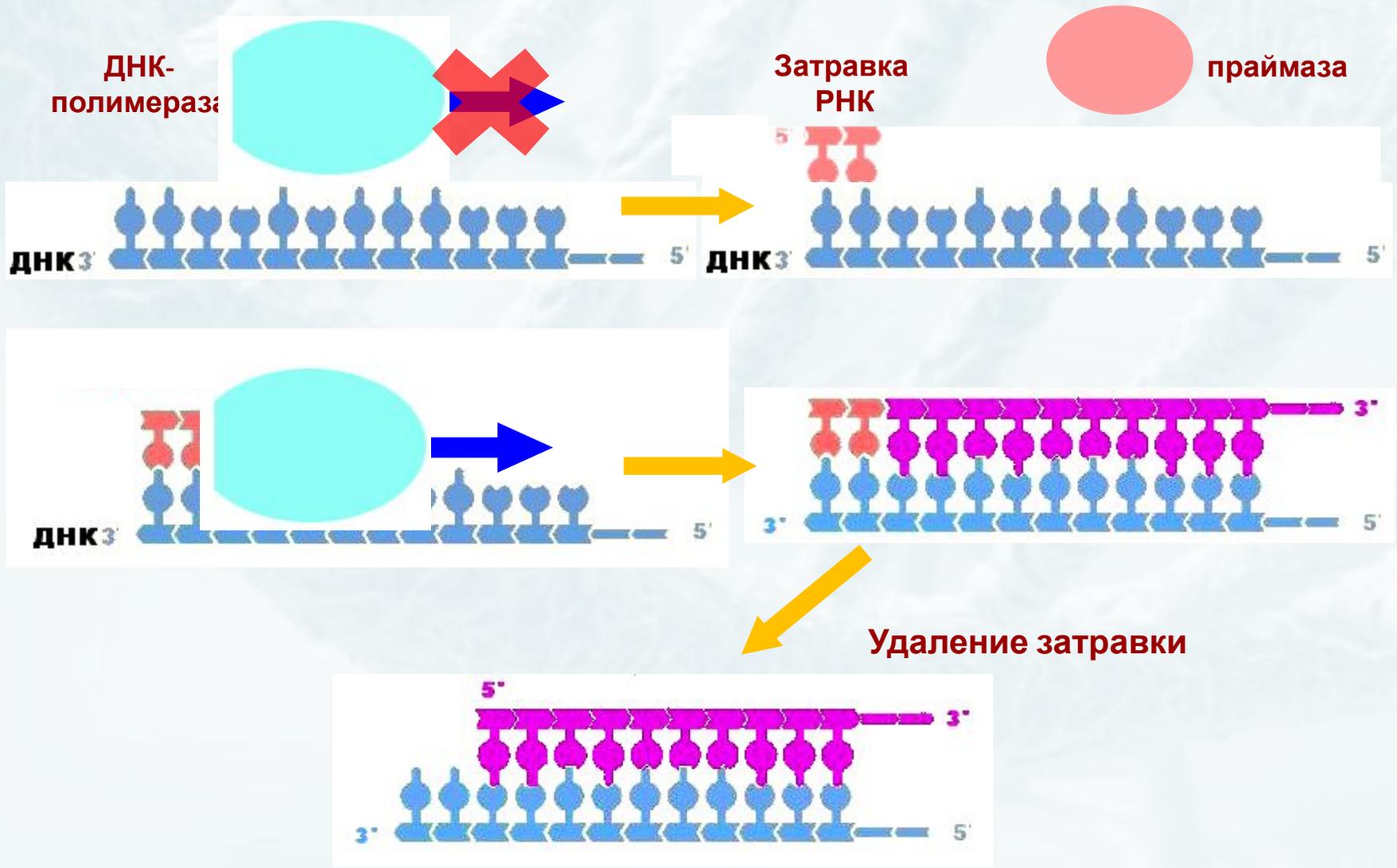
# Ферменты репликации

- **ДНК-полимеразы** – осуществляют синтез новых цепей ДНК

## Общие свойства ДНК-полимераз:

- ✓ Нуждаются в однонитевой матрице, но не способны расплетать молекулу ДНК самостоятельно.
  - ✓ Могут только удлинять предшествующую нить ДНК или РНК (нуждаются в затравке – праймере).
  - ✓ Однонаправленность синтеза: Синтез каждой дочерней цепи ДНК происходит всегда в направлении от 5' к 3'
- 
- топоизомераза
  - геликаза (хеликаза)
  - праймаза (РНК-полимераза)
  - эндонуклеаза
  - ДНК-лигаза

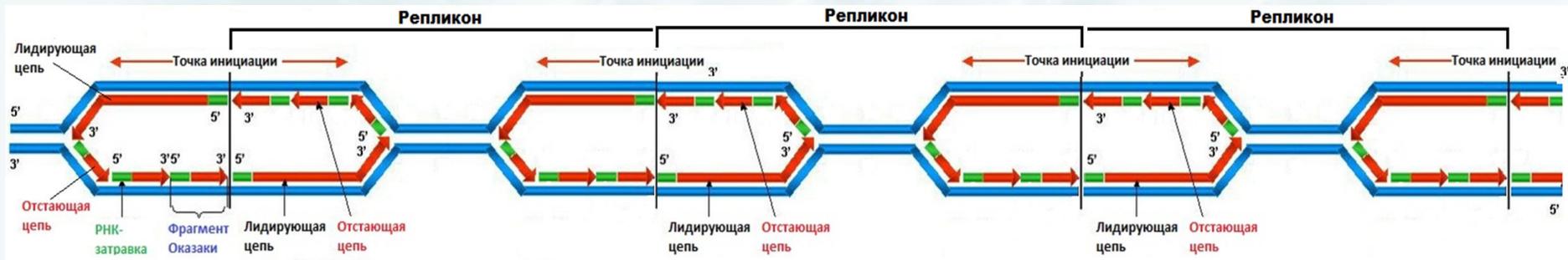
# Свойства ДНК-полимераз



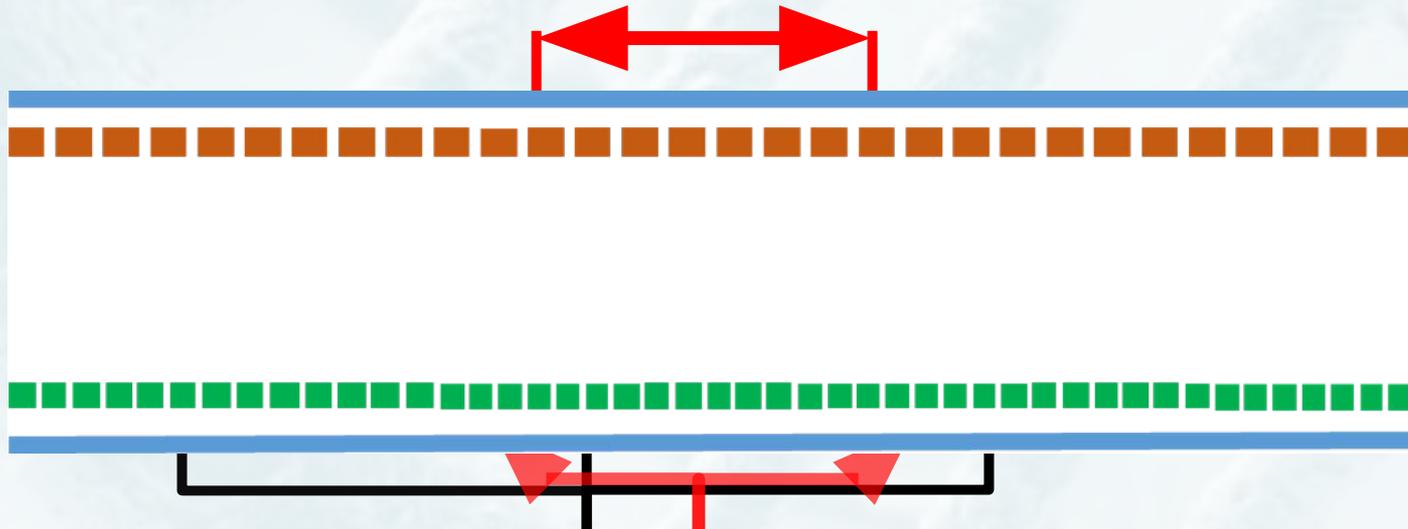
# Репликация ДНК.

Разъединение двух цепей ДНК у эукариот начинается одновременно в нескольких участках (у прокариот в одном месте).

В эукариотической клетке может быть более 2000 репликонов.



Движение  
Продвижение  
репликативных  
репликационных  
вилок



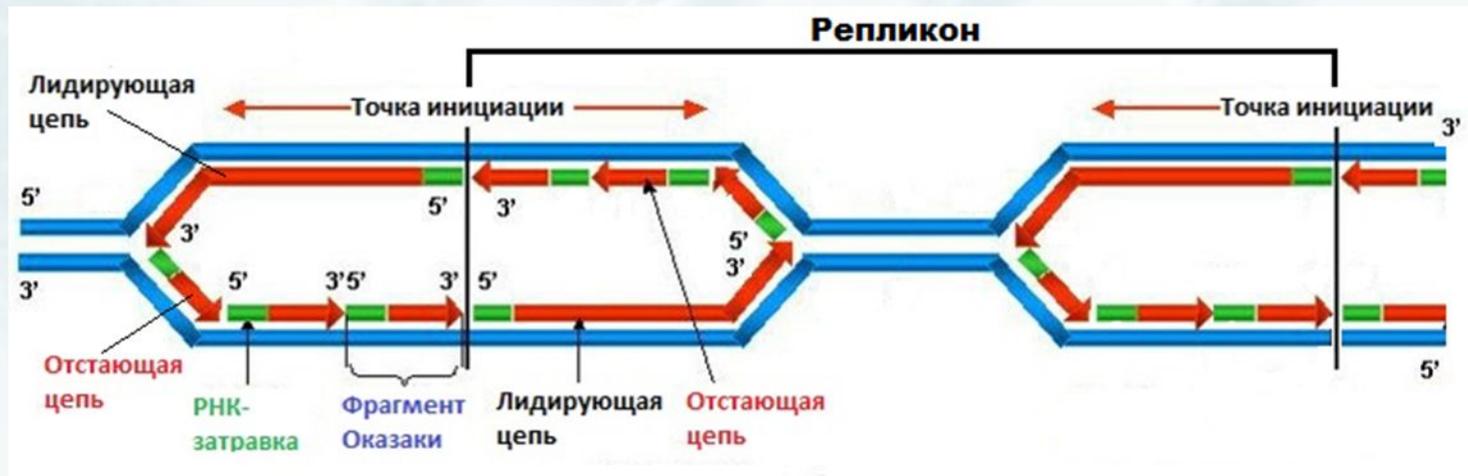
Слияние

репликативных

ДНК-дуплекс — двухцепочечная форма ДНК  
вилки

## Единица репликации – репликон.

Репликон – молекула ДНК или ее участок, способные к автономной репликации.

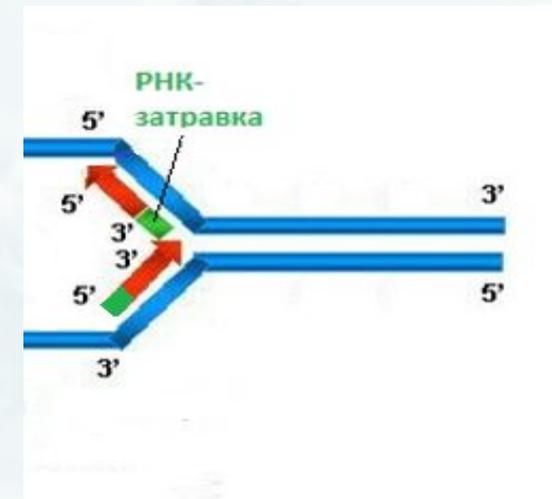
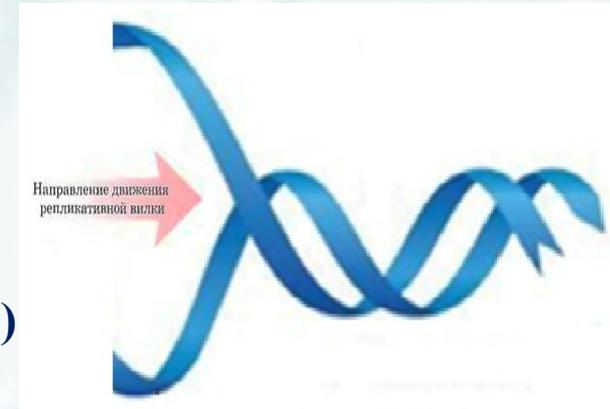


Инициация синтеза ДНК происходит в определенных точках хромосомы, которые называются **точками инициации репликации**, или **ориджинами репликации** (точки *ori*).

# Этапы

## 1. Инициация (начало синтеза дочерних цепей ДНК)

- раскручивание ДНК топиоизомераза
- разрыв водородных связей геликаза
- формирование репликативной вилки ДНК-связывающие (дестабилизирующие) белки
- синтез РНК-затравки (праймера) РНК-полимераза (праймаза)
- замена РНК-полимеразы на ДНК-полимеразу
- начало синтеза цепи ДНК ДНК-полимераза



# Этапы

## репликации

### 2. Элонгация (удлинение дочерних цепей ДНК)

- рост цепи (синтез ДНК)
- синтез РНК-затравки (праймера)
- замена РНК-полимеразы на ДНК-полимеразу
- начало синтеза цепи ДНК

ДНК-полимераза

РНК-полимераза

ДНК-полимераза

**Лидирующая цепь** синтезируется непрерывно

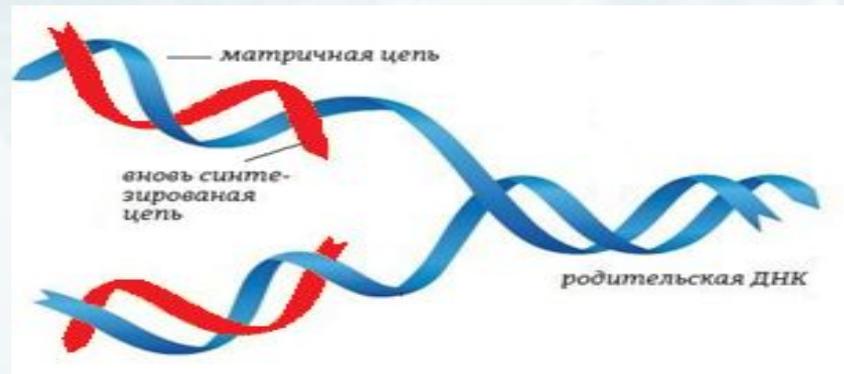
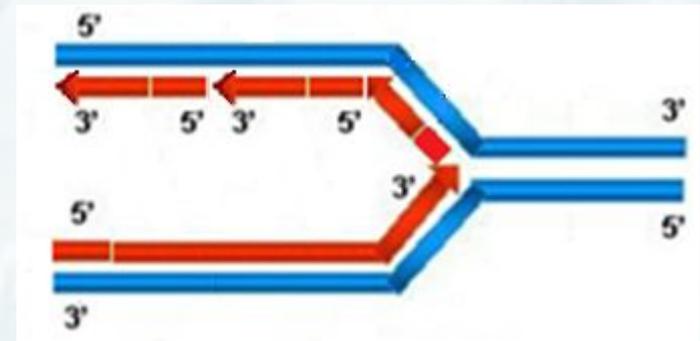
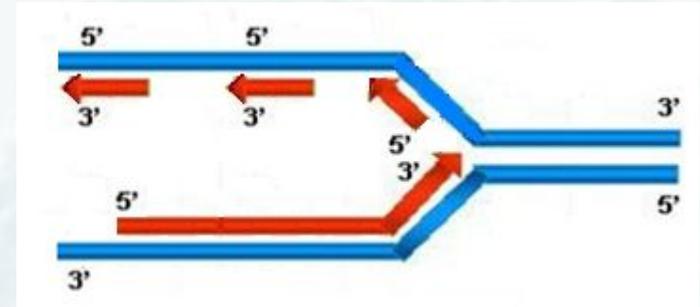
**Отстающая цепь** формируется путем последовательного образования фр. Оказаки



# Этапы

## 3. Терминация (завершение синтеза дочерних цепей ДНК)

- вырезание РНК-затравки (праймера)      эндонуклеаза (δ ДНК-пол.)
- синтез цепи ДНК на месте РНК-затравки      ДНК-полимераза
- сшивание цепи ДНК      лигаза



# Принципы репликации

ДНК

**Двунаправленность от одной специфической точки начала репликации**

**Согласованность репликации и клеточного деления**

**Комплементарность**



Взаимное пространственное соответствие структур двух молекул или их частей, позволяющее формировать функционально целостный комплекс за счёт водородных связей.

**Полуконсервативность**



В каждой новой молекуле одна цепь - старая (материнская), которая служит матрицей, а вторая - вновь синтезированная (дочерняя).

**Униполярность**



Ферменты ДНК-полимеразы, синтезирующие новые нити ДНК, могут передвигаться вдоль матричных цепей лишь в одном направлении от 3'-конца к 5'-концу материнской молекулы ДНК.

**Антипараллельность**



Вновь синтезированные ДНК состоят из двух полинуклеотидных цепей, ориентированных антипараллельно (3'-конец одной расположен напротив 5'-конца другой).

# Транскрипция

**Транскрипция – биосинтез одноцепочечной молекулы РНК на матрице ДНК.**

- **Транскрибируются все виды РНК (матричная, рибосомальная, транспортная).**
- **Молекула мРНК считывается с одной цепи ДНК.**
- **Синтез молекулы мРНК идет в направлении от 5' к 3'.**
- **Синтезированная молекула мРНК комплементарна кодирующей цепи ДНК.**

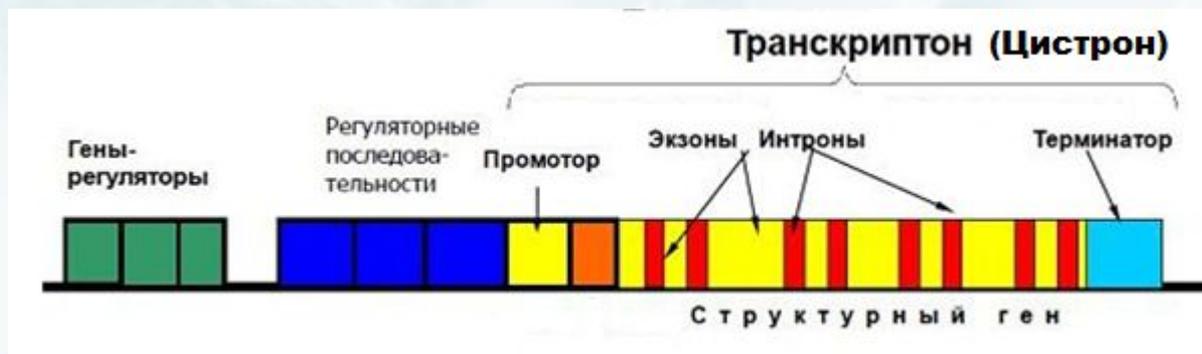
**Транскрипция осуществляется при помощи фермента РНК-полимеразы.**

Единица транскрипции – **транскриптон**.

## Схема транскриптона у прокариот



## Схема транскриптона у эукариот

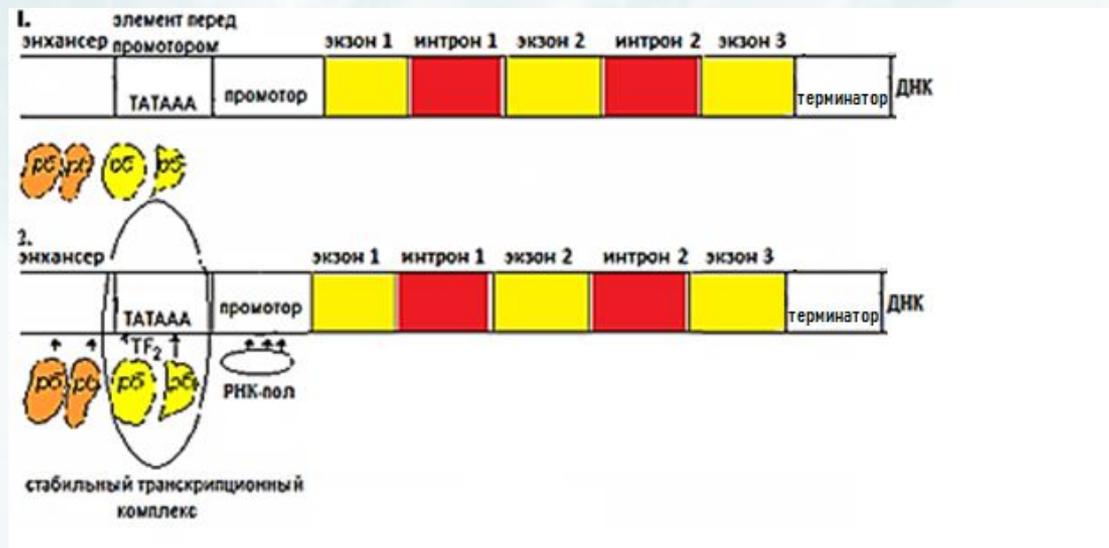


**Интроны** – неинформативные участки ДНК

**Эзоны** – информативные участки ДНК

# Сложная инициация транскрипции у эукариот (пример)

- соединение элемента перед промотором (ТАТА-бокса) с ТАТА-фактором (TF)
- «узнавание» РНК-полимеразой промотора и присоединение к нему
- образование стабильного транскрипционного комплекса
- взаимодействие регуляторных белков с короткими (8-15) нуклеотидными последовательностями в области энхансера (или сайленсера).
- изменение скорости транскрипции.

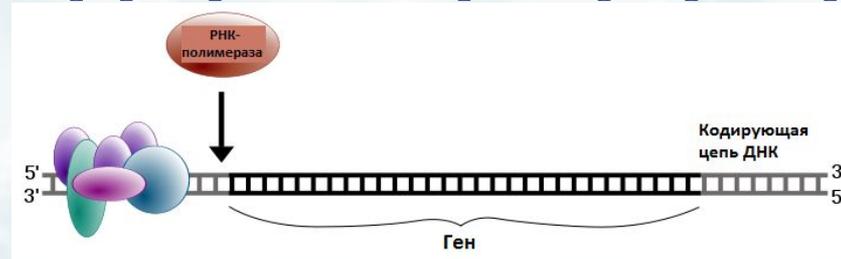


# Транскрипция

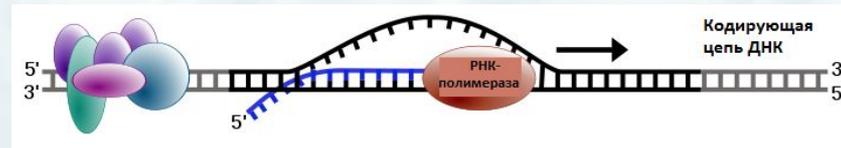
**1. Инициация** - связывание РНК-полимеразы с ДНК (с промотором)

- расплетание ДНК на участке 10-20 нуклеотидов

- формирование первых фосфодиэфирных связей

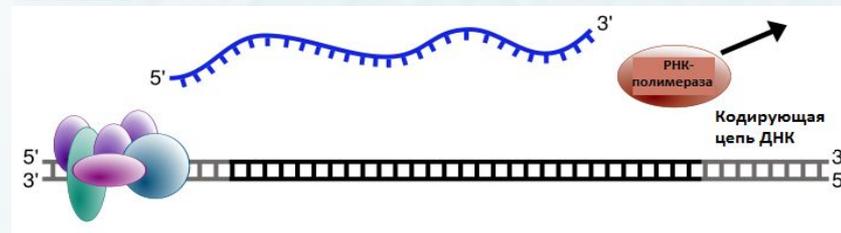


**2. Элонгация** - удлинение цепи РНК



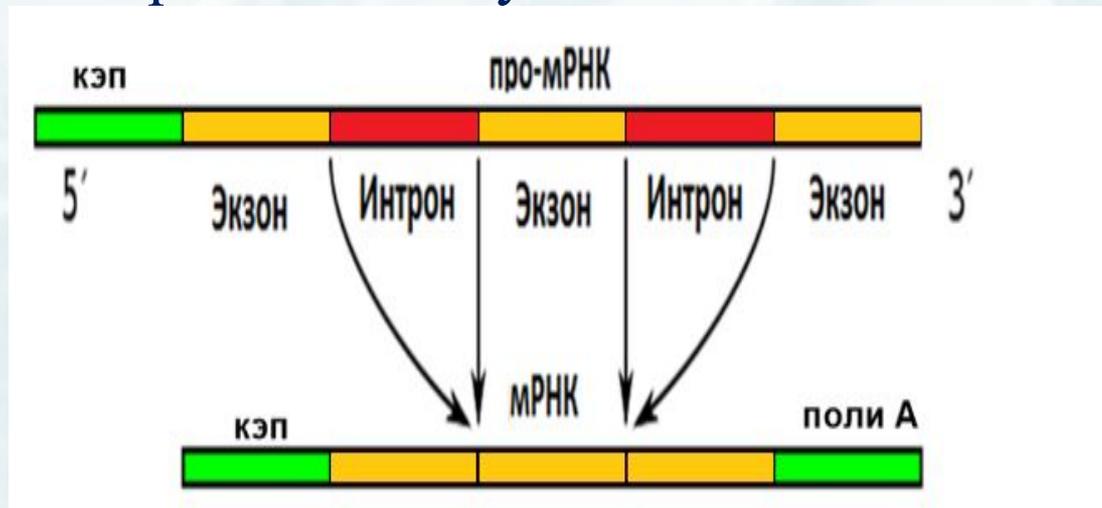
**3. Терминация** - остановка синтеза РНК (РНКполимераза связывается с терминатором)

-распад тройного комплекса: ДНК – РНКполимераза - РНК



# Посттранскрипционные изменения (процессинг)

**Процессинг (созревание) мРНК** – совокупность биохимических реакций, в результате которых происходят структурные и химические изменения про-мРНК с образованием зрелых молекул мРНК.



- ❖ **Кэпирование** – добавление 7-метил-гуанозина на 5'
- ❖ **Полиаденилирование** – формирование поли-А хвоста
- ❖ **Сплайсинг** – вырезание интронов (ферменты рестриктазы), сшивание экзонов (ферменты лигазы)

# Генетический код

**Генетический код – это способ записи генетической информации о структуре белков (полипептидов) посредством последовательности нуклеотидов в нуклеиновых кислотах (ДНК или РНК).**

# Генетический код

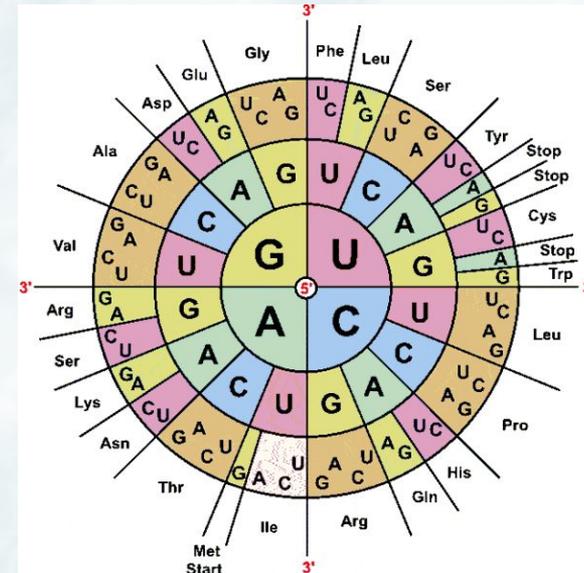
Единица генетического кода – кодон (триплет нуклеотидов).

Триплет или кодон - последовательность из трех нуклеотидов, кодирующая одну аминокислоту.

Три триплета не кодируют ни одну из аминокислот (UAA, UAG, UGA). Они обозначают конец трансляции и называются стоп-кодонами (или нонсенс-кодонами).

Триплет AUG кодирует не только аминокислоту метионин, но и инициирует трансляцию (играет роль старт-кодона).

		ВТОРАЯ БУКВА					
		U	C	A	G		
ПЕРВАЯ БУКВА	U	UUU } Фенил-аланин F UUC } UUA } Лейцин L UUG }	UCU } Серин S UCC } UCA } UCG }	UAU } Тирозин Y UAC } UAA } Стоп-кодон UAG } Стоп-кодон	UGU } Цистеин C UGC } UGA } Стоп-кодон UGG } Триптофан W	U C A G	
	C	CUU } Лейцин L CUC } CUA } CUG }	CCU } Пролин P CCC } CCA } CCG }	CAU } Гистидин H CAC } CAA } Глутамин Q CAG }	CGU } Аргинин R CGC } CGA } CGG }	U C A G	ТРЕТЬЯ БУКВА
	A	AUU } Изолейцин I AUC } AUA } AUG } Метионин старт-кодон M	ACU } Треонин T ACC } ACA } ACG }	AAU } Аспарагин N AAC } AAA } Лизин K AAG }	AGU } Серин S AGC } AGA } Аргинин R AGG }	U C A G	
	G	GUU } Валин V GUC } GUA } GUG }	GCU } Аланин A GCC } GCA } GCG }	GAU } Аспарагиновая кислота D GAC } GAA } Глутаминовая кислота E GAG }	GGU } Глицин G GGC } GGA } GGG }	U C A G	



Генетический код диктует состав и последовательность аминокислот в белке (правило коллинеарности).

# Свойства генетического кода:

- **Универсальность** - принцип записи генетической информации одинаков у всех организмов.
- **Триплетность** - последовательность из трех оснований определяет включение в молекулу белка специфической аминокислоты.
- **Избыточность (вырожденность)** - одна и та же аминокислота может кодироваться двумя или несколькими кодонами.
- **Неперекрываемость** - одно и то же основание не может входить в состав двух соседних кодонов.
- **Однозначность** каждому триплету соответствует только одна аминокислота.
- **Непрерывность** - свойство, характеризующее отсутствие «пробелов» между нуклеотидами в триплете.
- **Специфичность** - соответствие только определенных триплетов каждой аминокислоте, при этом невозможно использование данных триплетов для другой аминокислоты.
- **Однонаправленность** - возможность считывания кода только в одном направлении.
- **Коллинеарность** – линейная последовательность кодонов в мРНК соотносится с последовательностью аминокислот в белке.
- **Помехоустойчивость** – отношение числа консервативных замен к числу радикальных замен.

# Трансляция (синтез белка)

## Подготовительный этап - рекогниция.

Состоит из двух стадий:

- Активирование аминокислоты.
- Присоединение аминокислоты к tРНК (аминоацилирование).

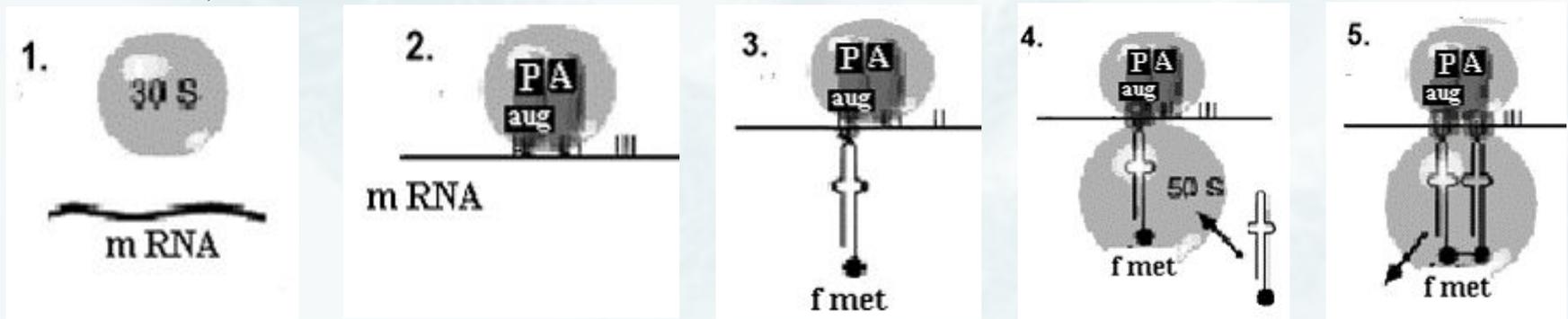
Обе стадии рекогниции осуществляются ферментом **аминоцил-tРНК-синтетазой (кодазой)**. Существуют 20 типов кодаз (по числу аминокислот).

**Следующий этап трансляции происходит на рибосомах.**

# Трансляция (синтез

## 1. Инициация – сборка активной рибосомы

- связывание мРНК с малой субъединицей рибосомы
- стартовый кодон АУГ в пептидильном центре (Р-центр)
- второй кодон в аминокатильном центре (А-центр)
- тРНК-метионин в располагается в пептидильном центре
- присоединение большой субъединицы рибосомы
- замыкание пептидной связи (фермент пептидилтрансфераза отрывает формилметионин в Р –центре и переносит его в А-центр, образуется дипептид).

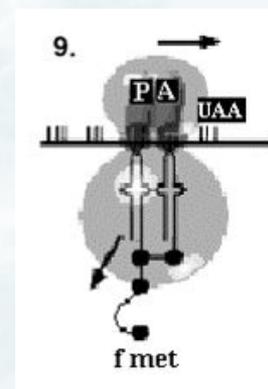
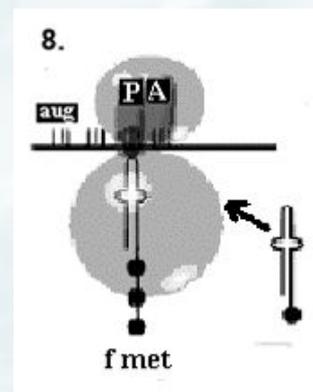
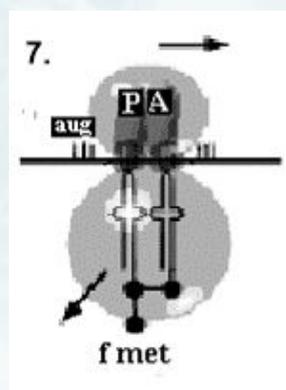
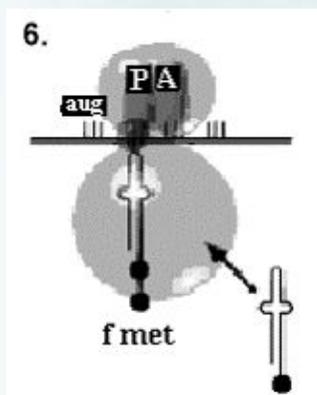


АУГ (AUG) – старт-кодон

# Трансляция (синтез

## 2. Элонгация – рост пептидной цепи

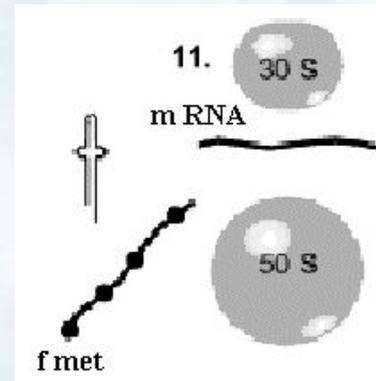
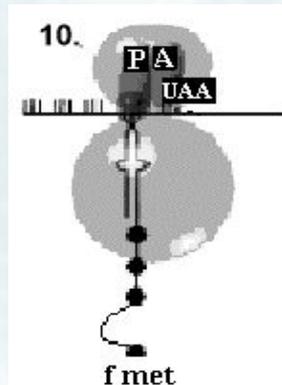
- транслокация (перемещение) на один триплет
- связывание новой тРНК с аминокцильным центром
- замыкание пептидной связи между двумя аминокислотами
- транслокация (перемещение) на один триплет
- повторение этапов 6-9



# Трансляция (синтез белка)

## 3. Терминация – прерывание трансляции

- стоп-кодон в аминоцильном центре (А-центр)
- активация фактора терминации
- распад трансляционного комплекса



**УАА (UAA), УАГ (UAG), УГА (UGA) – стоп-кодоны**



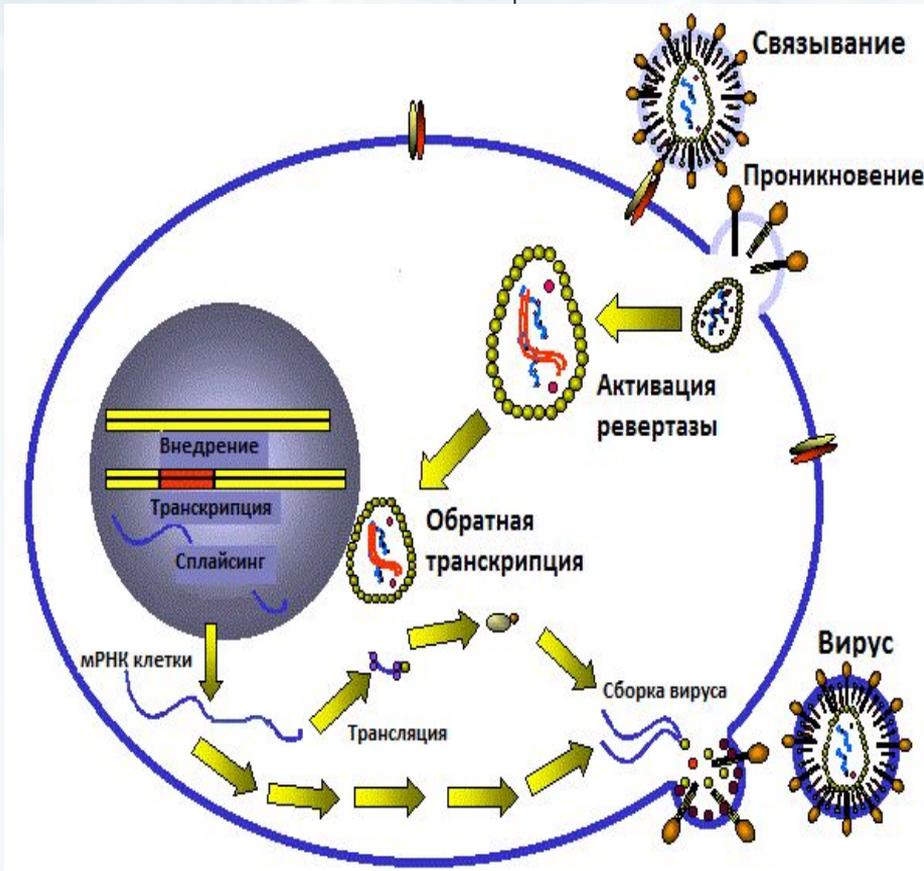
**Передача генетической информации  
ретровируса.**

**Обратная транскрипция.**

# Передача генетической информации ретровируса.

ВИЧ  
Онковирусы

Обратная транскрипция  
+РНК



Проникновение ретровируса в клетку

РНК вируса

Обратная транскриптаза

Синтез ДНК-копии на матрице РНК (обратная транскрипция)

РНК  
ДНК

Разрушение РНК и достраивание второй цепи ДНК

ДНК  
ДНК

Включение ДНК-копии в хромосому хозяина

Транскрипция встроенного участка, образование РНК-копий

Трансляция

Вирусные белки

Сборка вирусных частиц

Повреждение клеток хозяина (опухоль)

Синтез ДНК на матрице РНК - процесс **обратной транскрипции**.  
Осуществляется ферментом **ревертазой (обратной транскриптазой)**

Открытие явления обратной транскрипции сыграло большую роль в развитии генной инженерии, микробиологии.

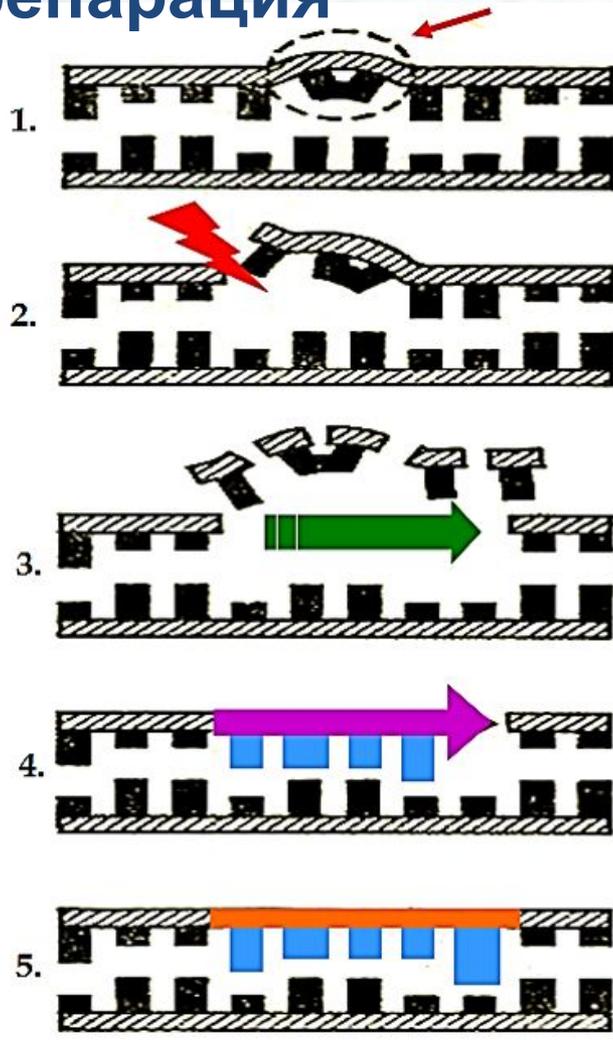
С помощью ревертаз получают важные лекарственные препараты белковой природы (интерферон, гамма-глобулин и др.), вводя в микробную клетку мРНК человека с информацией о строении этих белков.

# **РЕПАРАЦИЯ («РЕМОНТ») ДНК**

**Репарация - процесс устранения повреждений нуклеотидной последовательности ДНК.**

**Восстановления структуры ДНК осуществляются особыми ферментативными системами клетки (ферменты репарации).**

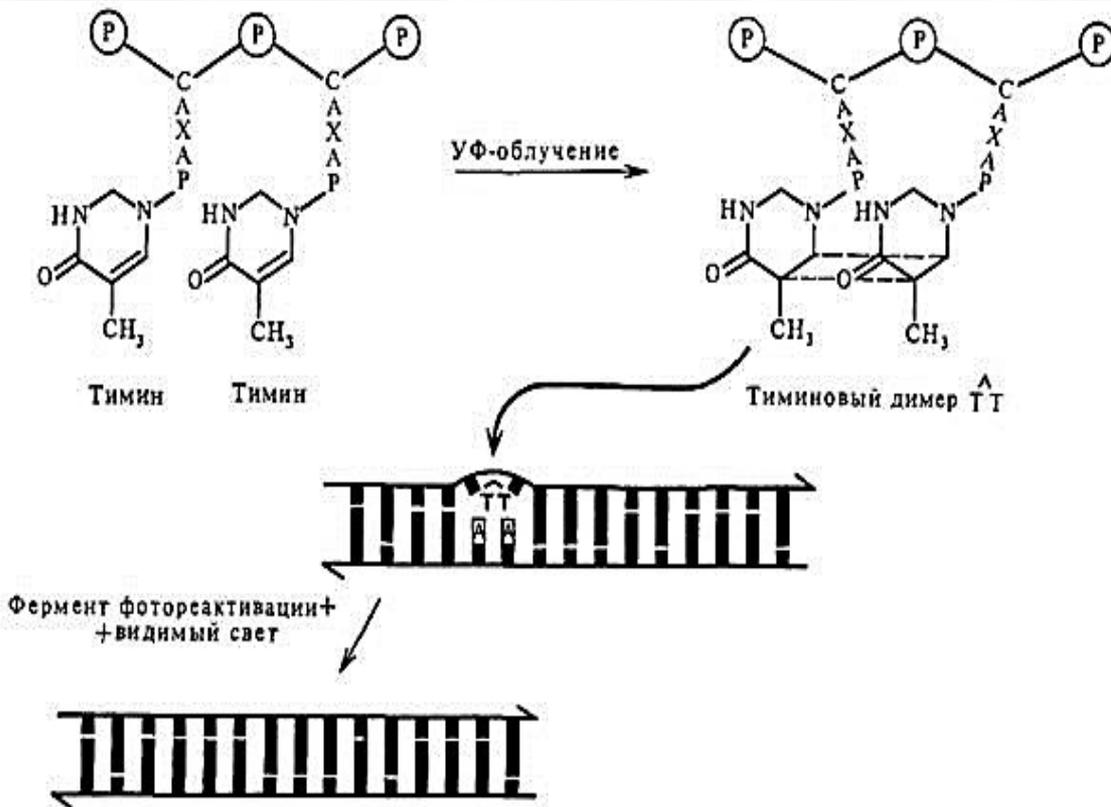
# Экцизионная (темновая), или дорепликативная репарация



1. “Узнавание” поврежденного участка ДНК (фермент эндонуклеаза).
2. Надрезание одной цепи ДНК в месте повреждения (фермент эндонуклеаза).
3. Удаление поврежденного участка (фермент экзонуклеаза).
4. Восстановление (ресинтез) ДНК на месте удаленного участка (фермент полимеразы).
5. Восстановление непрерывности цепи ДНК за счет образования фосфодиэфирных связей между нуклеотидами (фермент лигаза).

# Фоторепарация (световая)

Механизм:



- 1) Под влияние УФ-лучей образуются димеры пиримидиновых оснований.
- 2) Свет активирует фермент **фотолиазу**, которая узнает димеры облученной ДНК, присоединяется к ним и разрывает возникающие связи.
- 3) Структура ДНК восстанавливается.

**Фотореактивирующий фермент активен в отношении только одного типа повреждений ДНК – образования димеров тимина под действием ультрафиолетового облучения.**



**Спасибо за  
внимание!**

**Не забудьте пройти  
тест!**