



ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХИМИИ

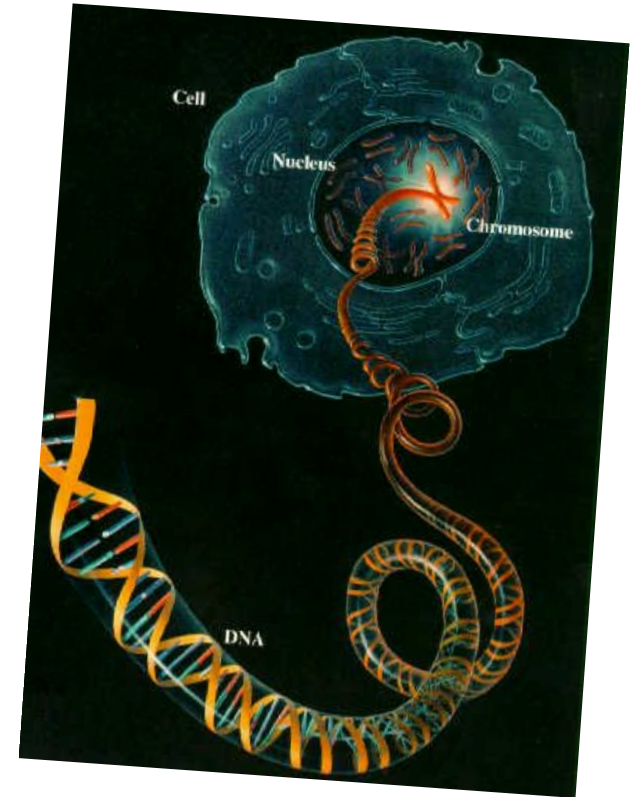
## Нуклеиновые кислоты

1. Нуклеозиды.
2. Нуклеотиды.
3. АТФ.
4. ДНК.
5. РНК.
6. Коферменты NAD и FAD.

**Лектор: Ирина Петровна Степанова, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ХИМИИ**

## Медико-биологическое значение темы

**Нуклеиновые кислоты (от лат. *nucleus* – ядро) - носители, хранители и передатчики генетической информации в живой природе.**



## Медико-биологическое значение темы

*Интерес к нуклеиновой кислоте как к лекарственному средству укладывается в столетний период.*

*К препаратам животного происхождения относят: «Ферровир», «Полидан», «Натрия нуклеоспермат».*

*Область применения этих препаратов весьма обширна: кардиология, онкология, урология, пульмонология, хирургия и т.д.*



## Медико-биологическое значение темы



**Наиболее известным препаратом этой группы является «Деринат» - натриевая соль низкомолекулярной нативной ДНК, полученной из молок лососевых рыб.**



## Медико-биологическое значение темы

**Препарат «Солкосерил» представляет собой депротеинизированный гемодиализат крови здоровых молочных телят. Содержит широкий спектр естественных низкомолекулярных веществ, т.ч. нуклеозидов и нуклеотидов.**



**Активатор  
обмена веществ в  
тканях.**

## Медико-биологическое значение темы

### Препараты микробного происхождения:



**«Натрия нуклеинат» – смесь натриевых солей нуклеиновых кислот, получаемой гидролизом дрожжей и последующей очисткой. Обладает широким спектром биологической активности.**

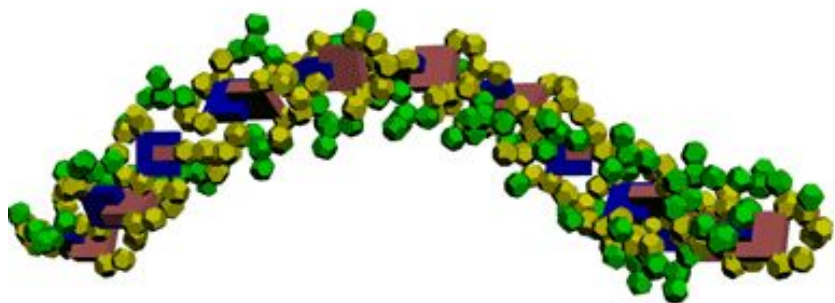
**«Ридостин» - препарат рибонуклеиновых кислот, полученный из лизата дрожжей - препарат, нормализующий метаболизм миокарда, уменьшающий гипоксию тканей.**





## Медико-биологическое значение темы

*Синтетические полинуклеотиды  
представляют собой  
искусственно синтезируемые  
РНК.*



**Эти лекарственные  
средства способны  
моделировать  
первичный и  
вторичный иммунные  
ответы.**



## Медико-биологическое значение темы

*Имеется также множество препаратов, основанных на составных компонентах нуклеиновых кислот. Синтетические аналоги производных пиримидина и пурина часто используются в терапии инфекционных и онкологических заболеваний.*



**Противогерпетические препараты «Ацикловир» и «Ганцикловир» действуют на цитомегаловирус. «Зидовидин» применяется при лечении ВИЧ-заболеваний, «Ретибол» – при вирусном гепатите С.**



## Медико-биологическое значение темы

**«Триазавирин» -  
синтетический аналог  
пуриновых нуклеозидов  
(гуанина) с выраженным  
противовирусным  
действием.**



**Обладает широким спектром противовирусной  
активности в отношении РНК- и ДНК-содержащих  
вирусов (преимущественно РНК).**

## Медико-биологическое значение темы

*Некоторые фармацевтические компании выпускают биологически активные добавки, содержащие нуклеиновые кислоты. Например, «Биостим», «ДНК-С», «ДНКaВИТ» и др.*



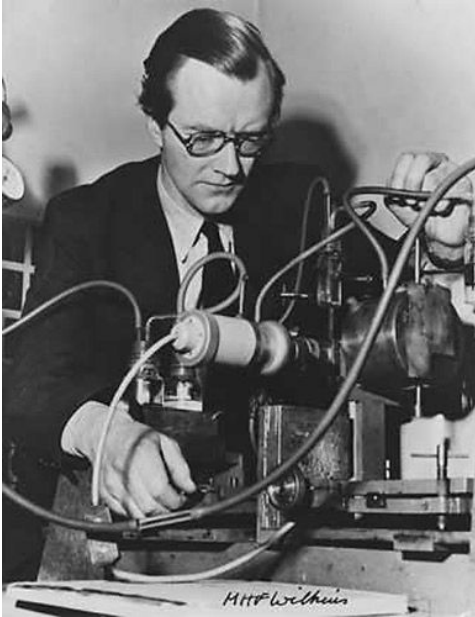
# История открытия нуклеиновых кислот



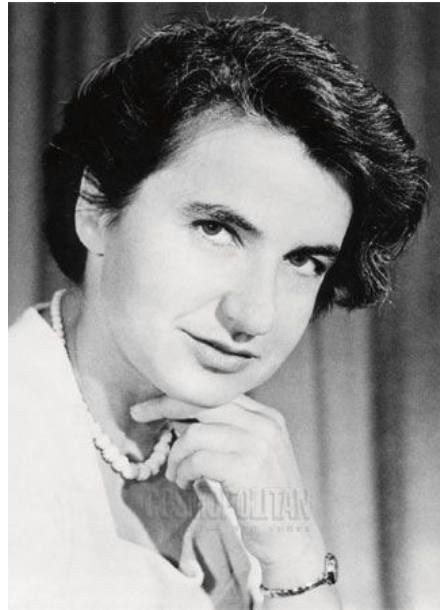
***Нуклеиновые кислоты впервые обнаружены в 1889 г. биохимиком Ф. Мишером в клетках богатым ядерным материалом (лейкоцитах).***

Иоган Фридрих Мишер и его семья

## ***История открытия нуклеиновых кислот***



**Морис Уилкинс**



**Розалин Франклин**



**Эрвин Чаргафф**

***Рентгеноструктурный анализ ДНК был осуществлен М. Уилкинсом и Р. Франклин.***

***Э. Чаргафф установил каким закономерностям подчиняется содержание нуклеотидов в ДНК.***

## *История открытия нуклеиновых кислот*

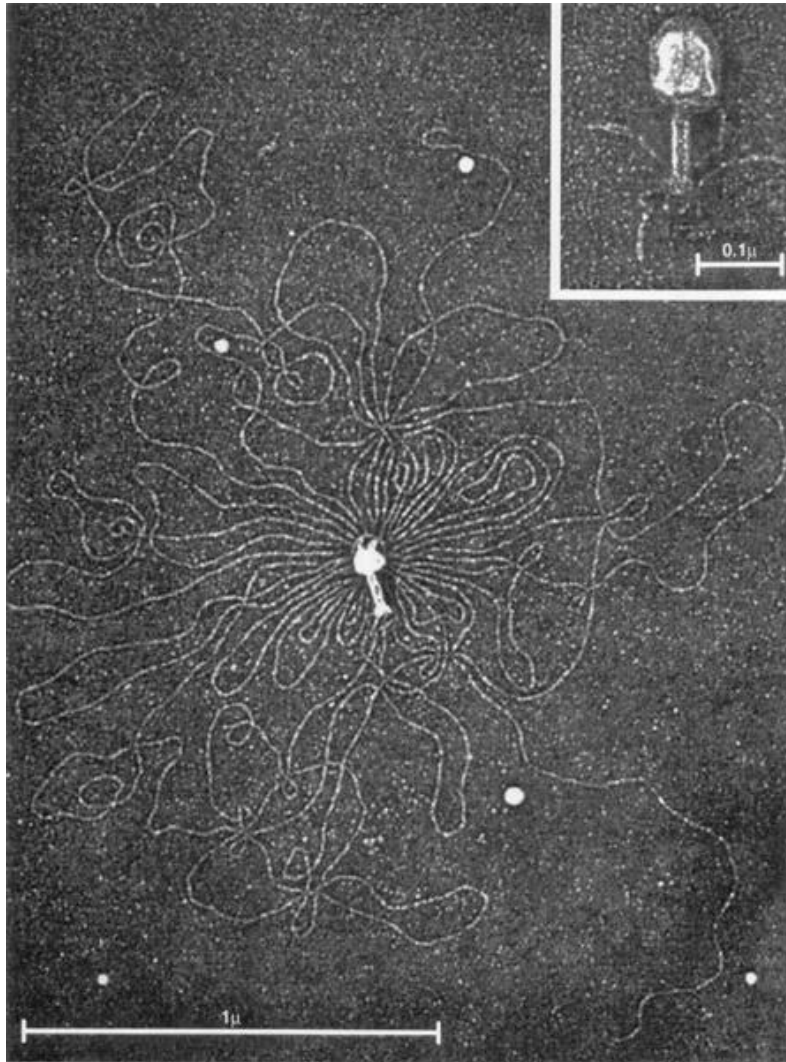


***Структуру нуклеиновых кислот впервые установили американский биолог Дж. Уотсон и английский физик Ф. Крик в 1953 г.***



**Френсис Крик и Джеймс Уитсон рядом со своей моделью ДНК**





## ДНК бактериофага Т2

*ДНК была высвобождена из головки фага с помощью осмотического шока. В верхнем правом углу - микрофотография целой частицы фага. Снимки 1962 г.*



# Нуклеиновые кислоты

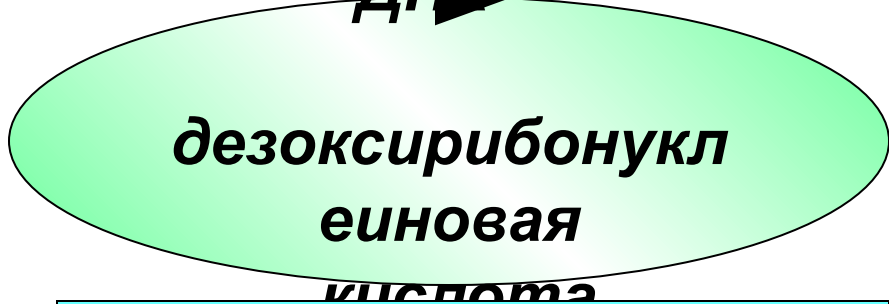
**Нуклеиновые кислоты - полинуклеотиды, полимерные цепи которых состоят из мономерных единиц моноклеотидов.**

**Нуклеиновые кислоты – это высокомолекулярные соединения, молекулярная масса которых составляет от 25 тыс. до 1 млн. ед.**

# НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

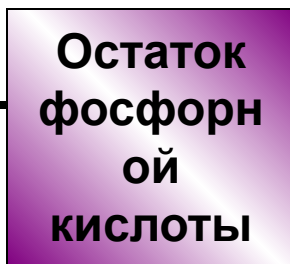
**ДНК**

# МОНОМЕРЫ - НУКЛЕОТИДЫ



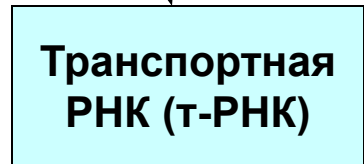
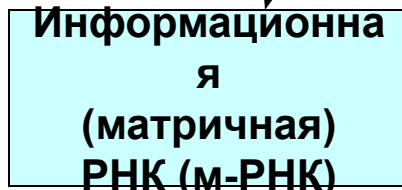
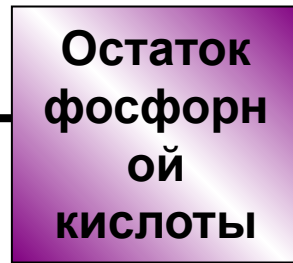
## Состав нуклеотида в ДНК

- Азотистые основания:**  
Аденин (А)  
Гуанин (Г)  
Цитозин (Ц)  
Тимин (Т)



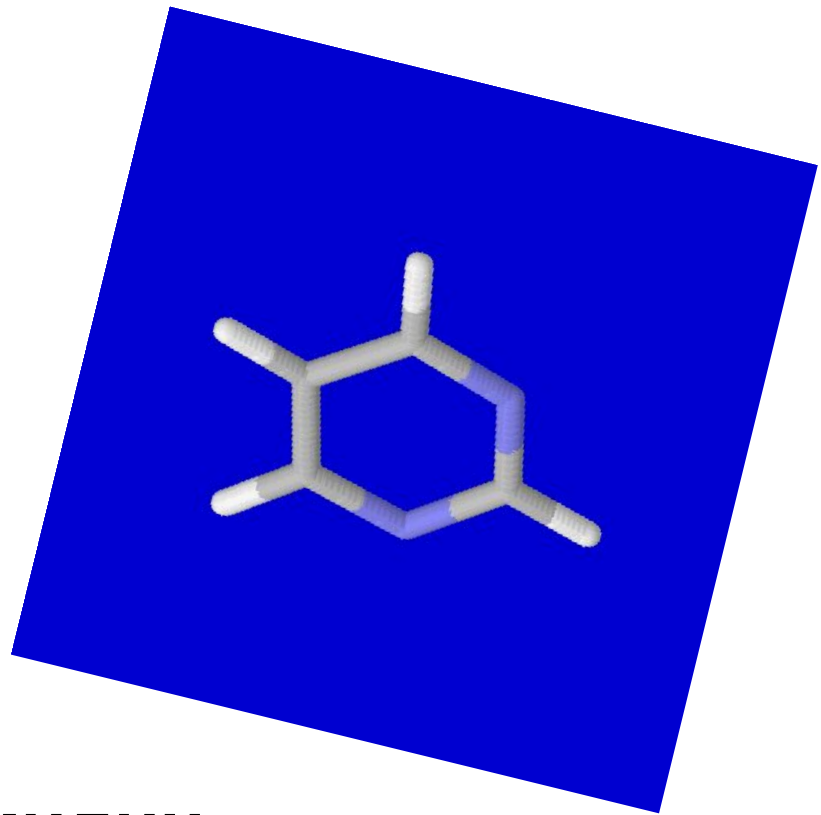
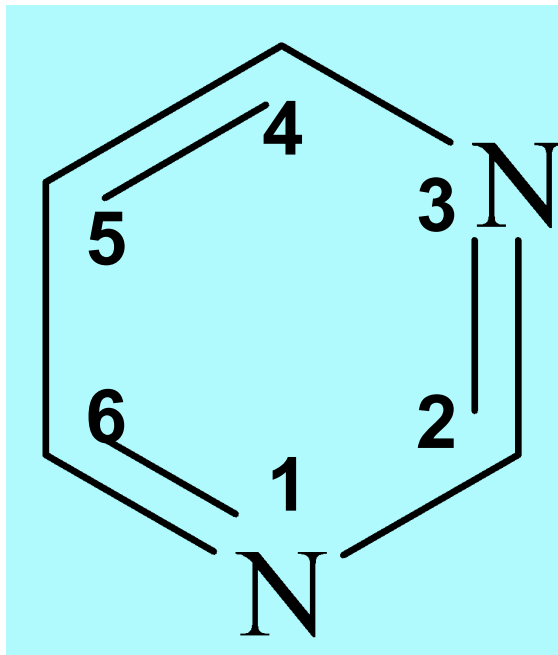
## Состав нуклеотида в РНК

- Азотистые основания:**  
Аденин (А)  
Гуанин (Г)  
Цитозин (Ц)  
Урацил (У):



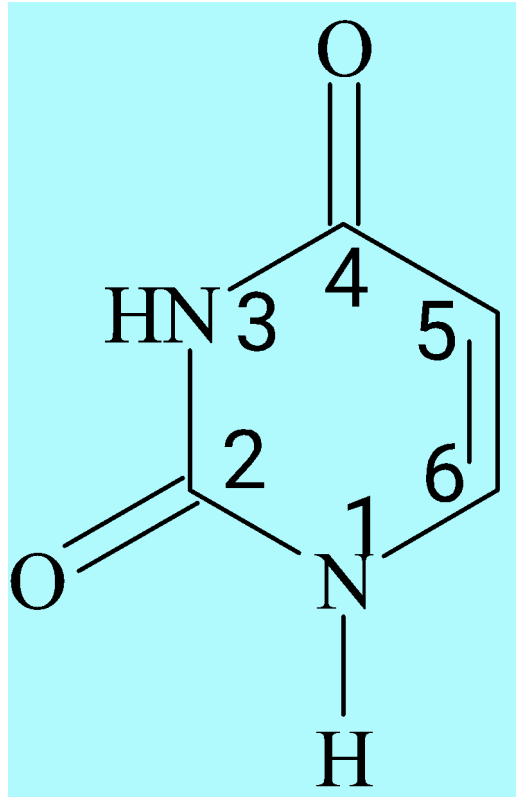
# Нуклеиновые основания

## *Пиримидиновые основания*

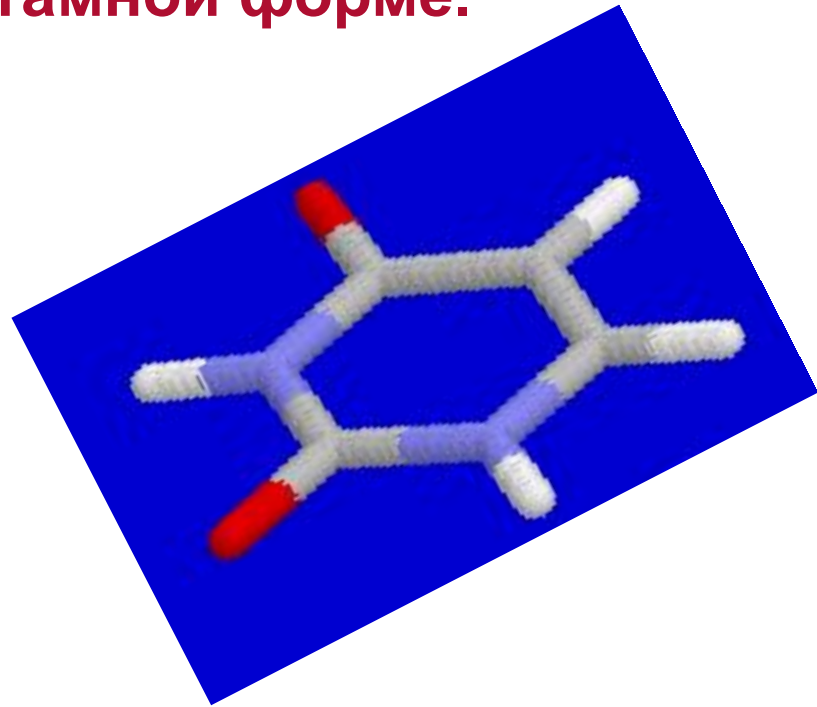


**Пиримидин**

*Пиримидиновые основания (в лактамной форме)*

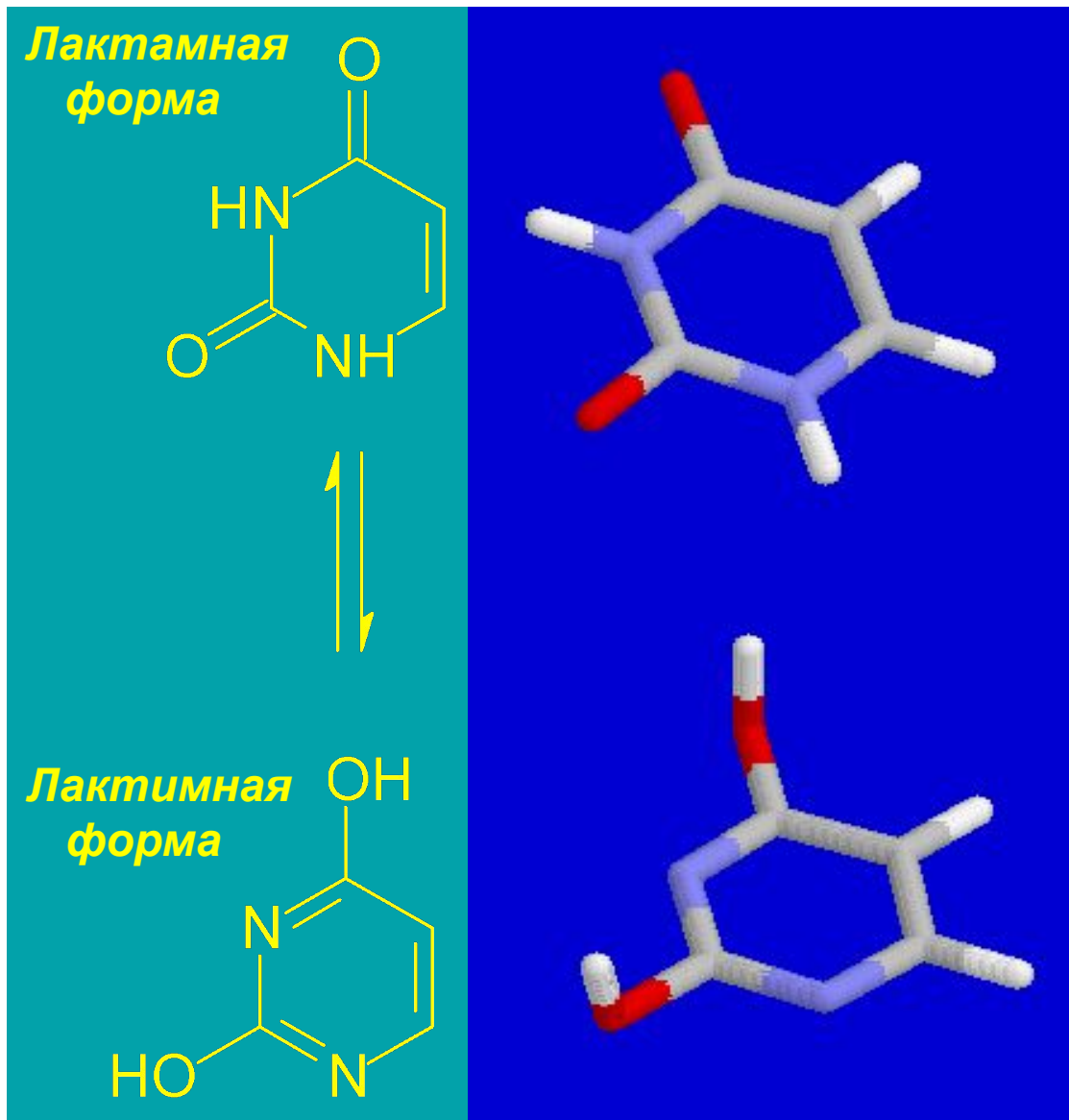


**Азотистые основания входят в состав нуклеиновых кислот в лактамной форме.**

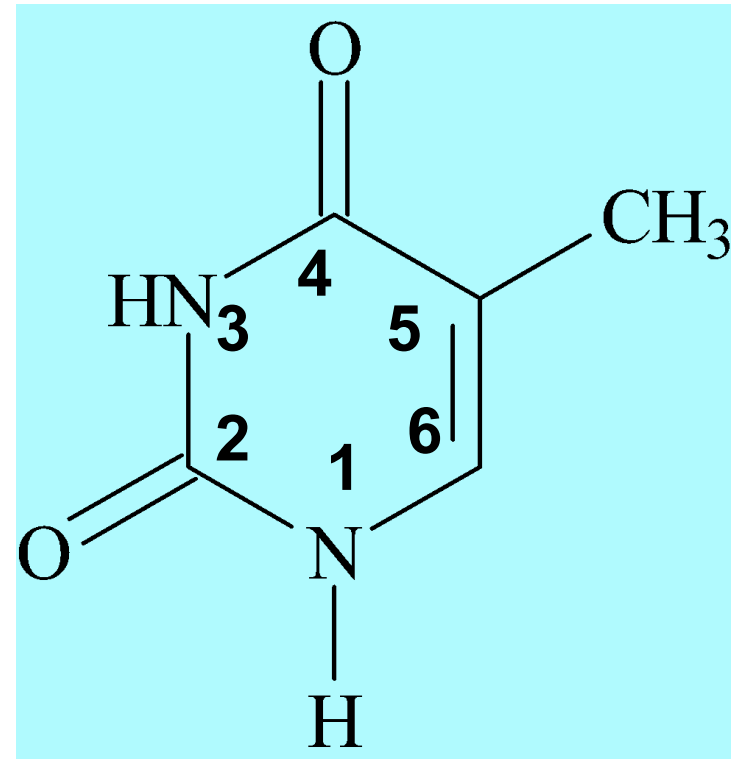
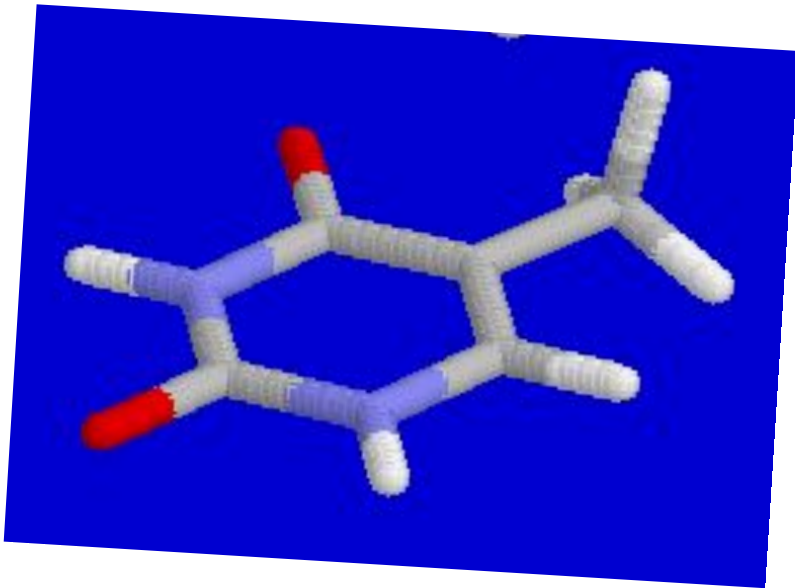


**Урацил Ura  
(2,4-диоксопиримидин)**

## Лактим-лактамная таутомерия урацила



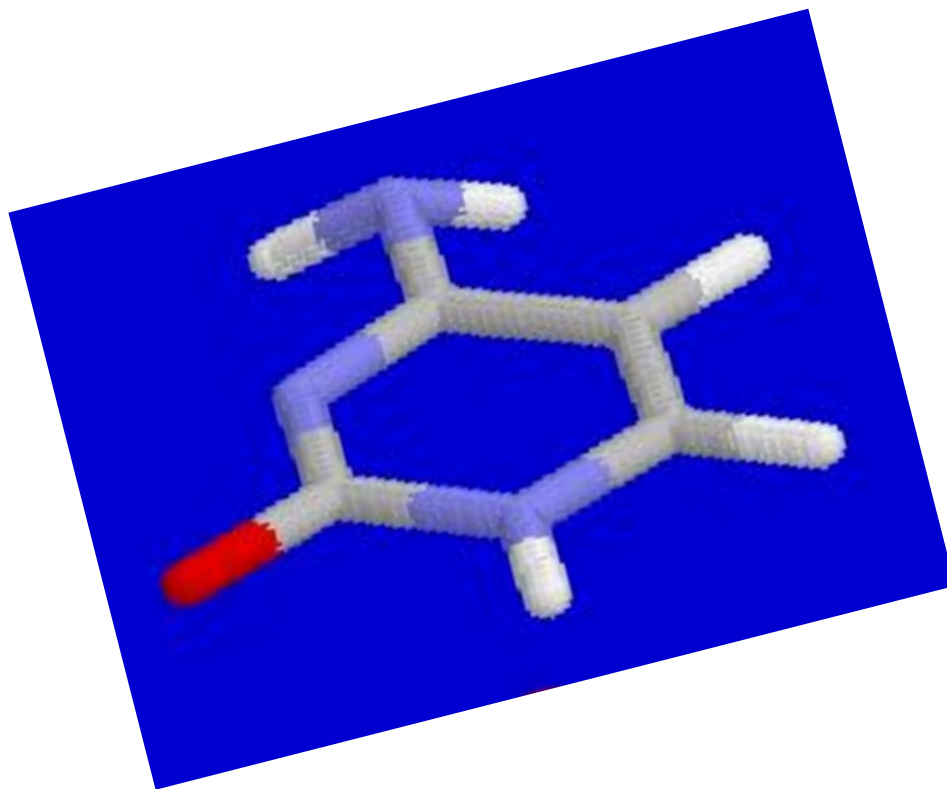
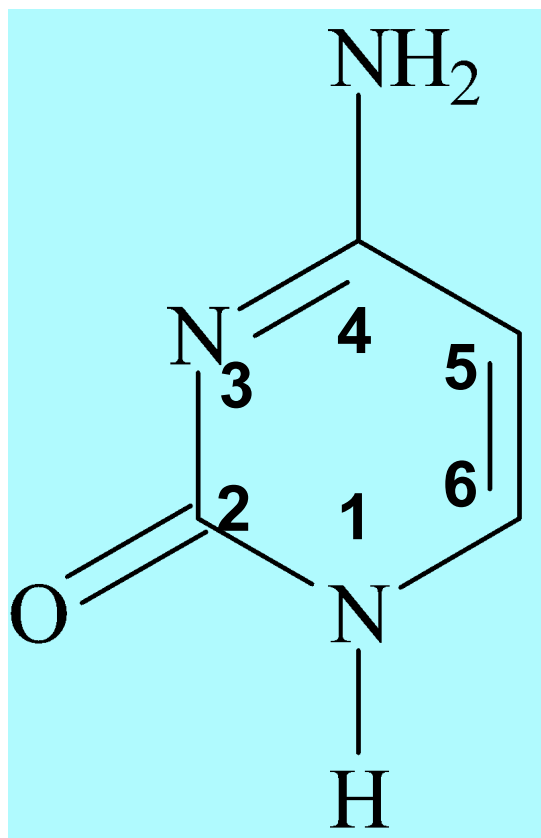
*Пиримидиновые основания (в лактамной форме)*



**Тимин Thy**  
**(5-метил-2,4-диоксопиримидин,**  
**5-метилурацил)**

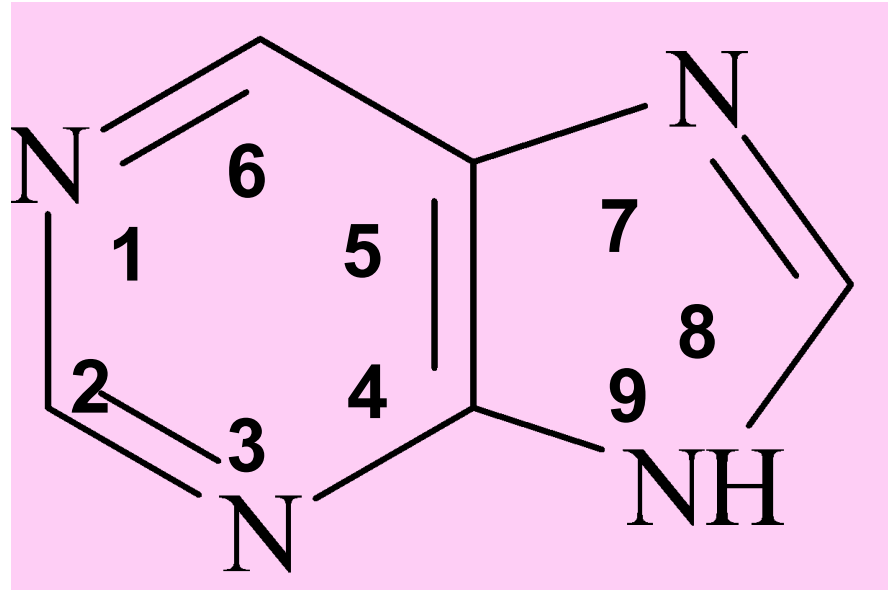
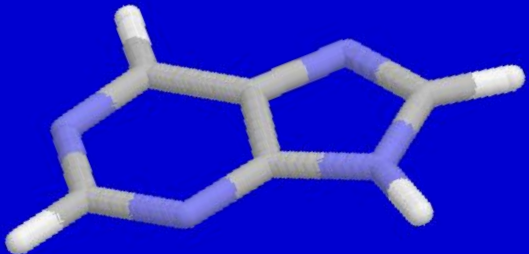


*Пиримидиновые основания (в лактамной форме)*



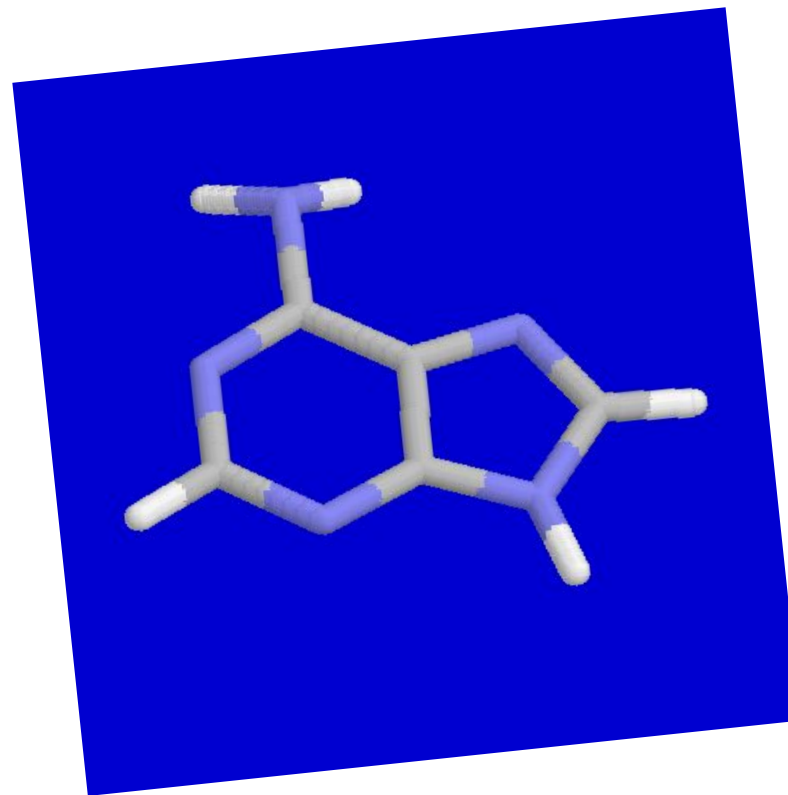
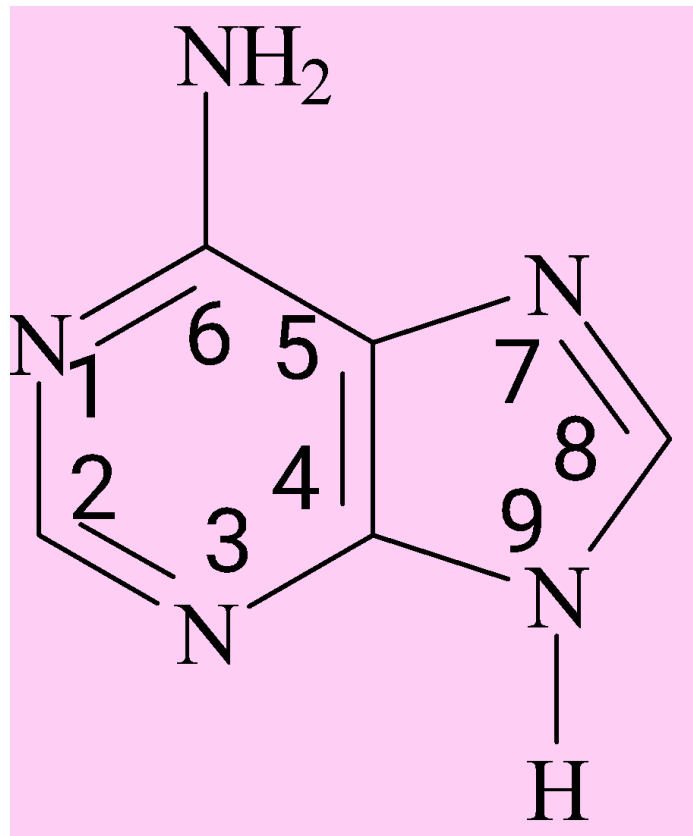
**Цитозин Cyt  
(4-амино-2-оксопиримидин)**

# Пуриновые основания



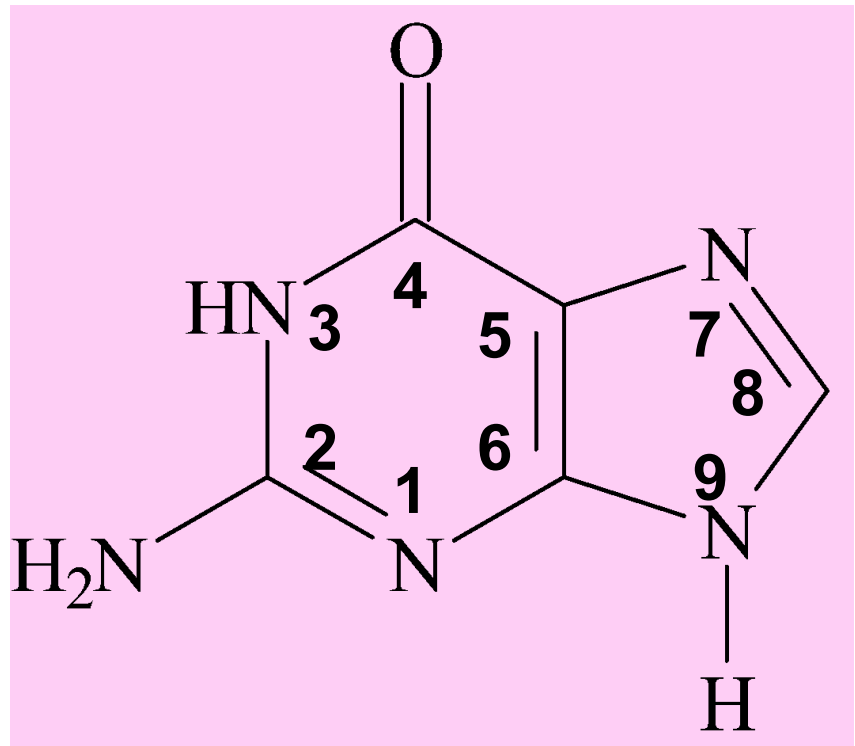
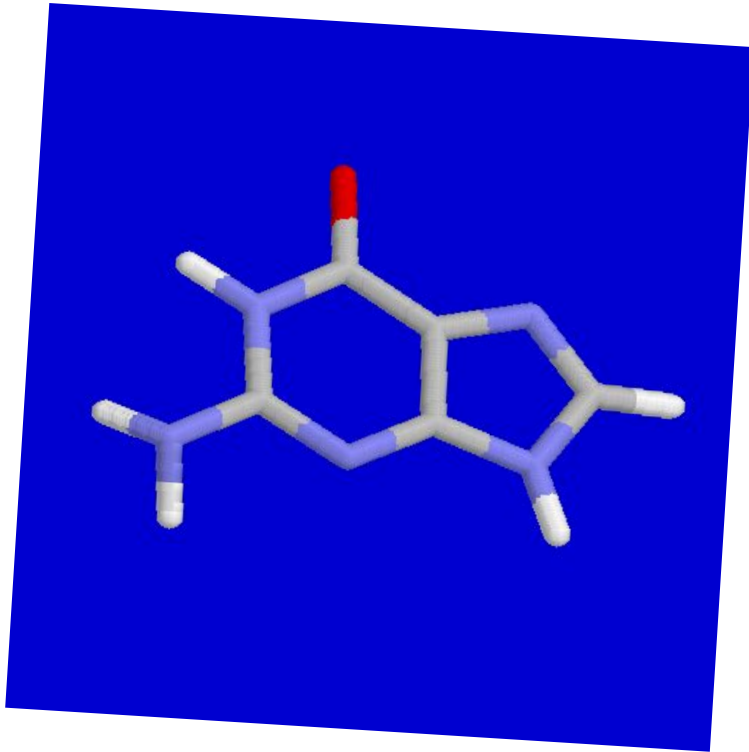
Пурин

*Пуриновые основания*



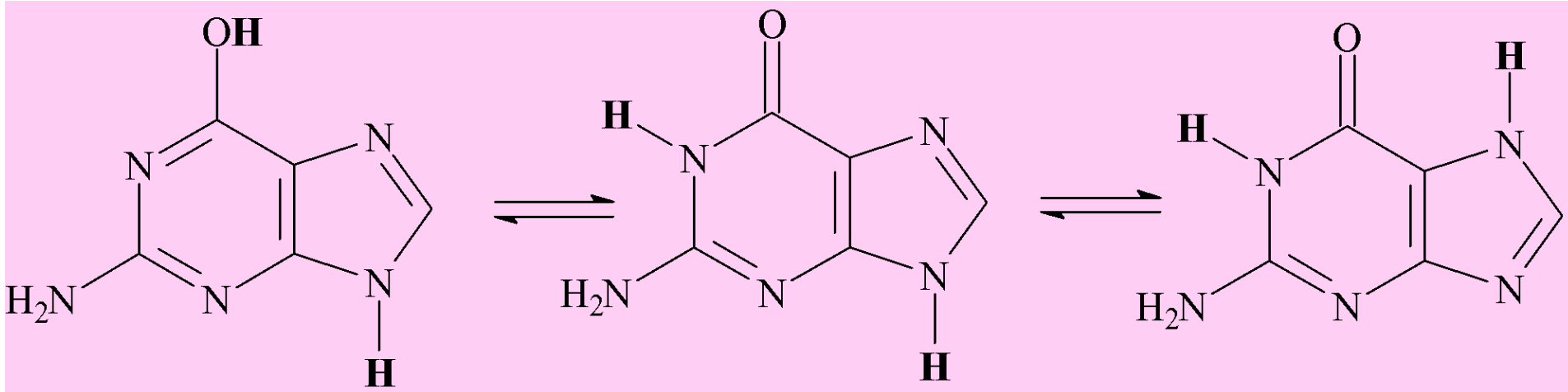
**Аденин Ade  
(6-аминпурин)**

Пуриновые основания (в лактамной форме)



**Гуанин Gua**  
**(2-амино-6-оксопурин)**

## *Лактим-лактамная и прототропная таутомерия гуанина*

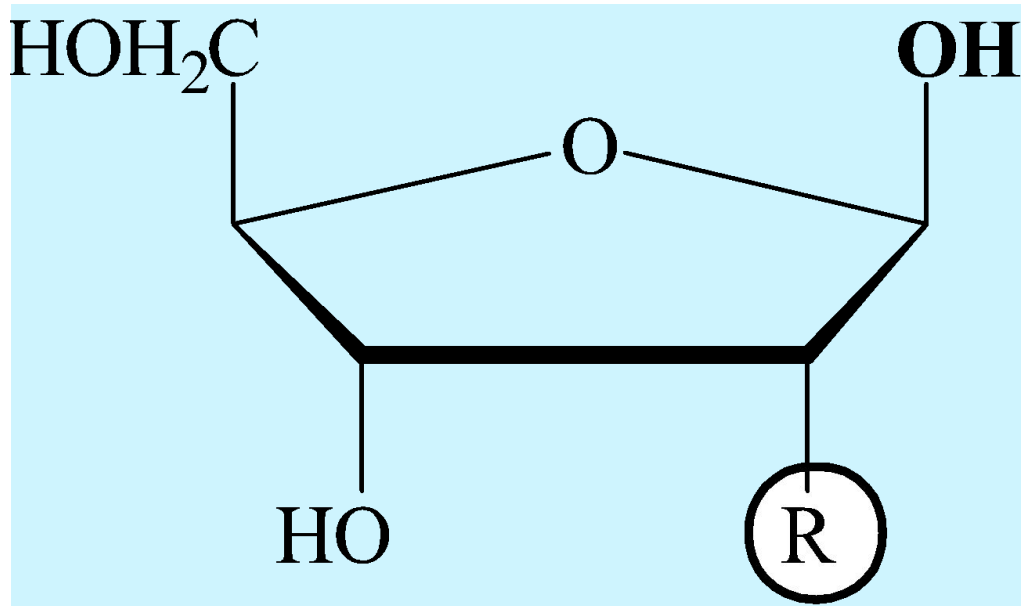


# Углеродный компонент

**РНК**

**ДНК**

**$\beta$ -D-рибофураноза**     **$\beta$ -D-дезоксирибофураноза**



**$\text{R}=\text{OH}$   $\beta$ ,D-рибофураноза**

**$\text{R}=\text{H}$   $\beta$ ,D-дезоксирибофураноза**

**(2-дезокси- $\beta$ ,D-рибофураноза)**



# Нуклеозиды

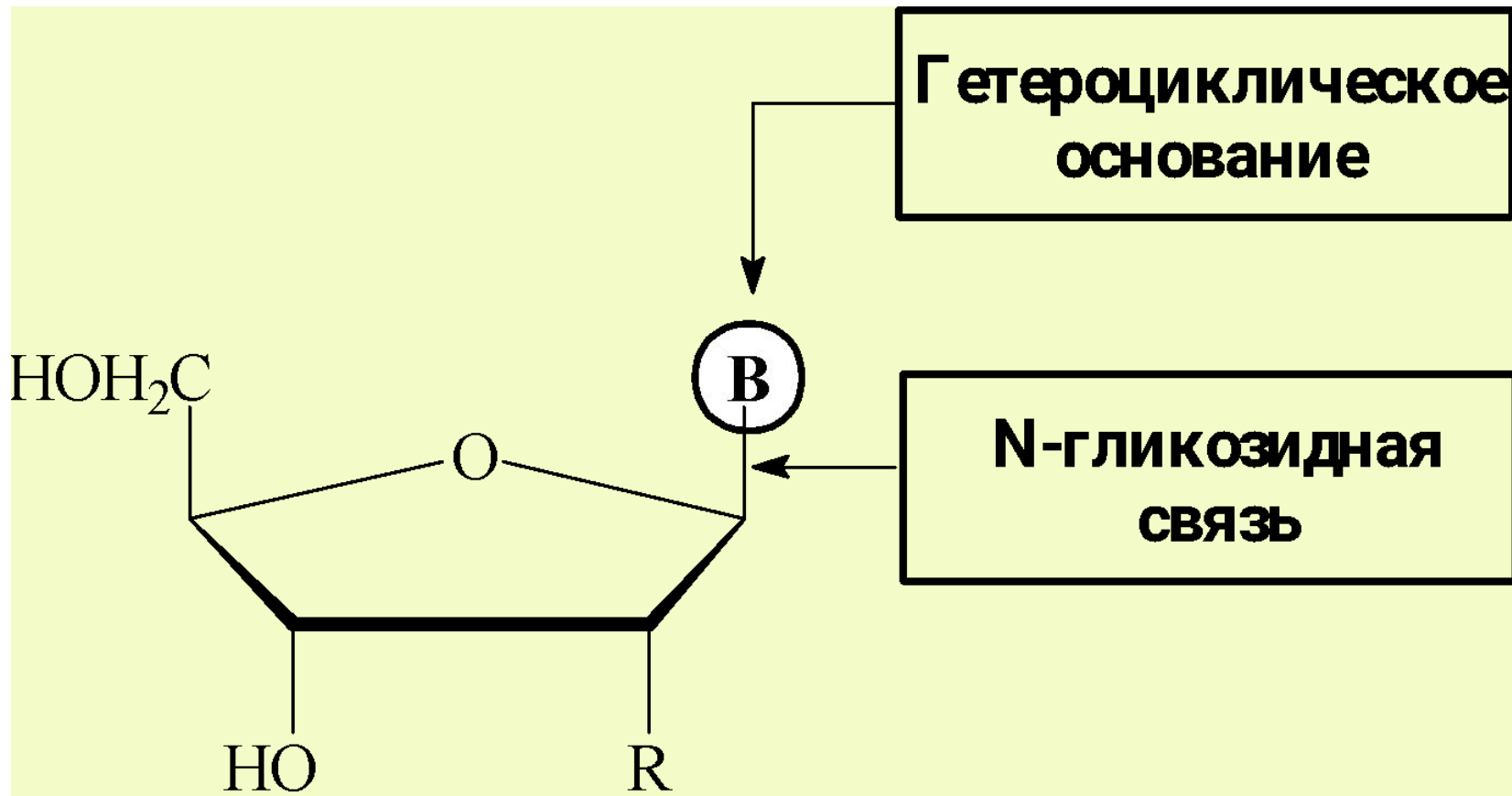
**Нуклеозиды – это N-гликозиды, образованные азотистым основанием и пентозой.**

**Азотистое основание присоединяется к углеводному компоненту вместо полуацетального гидроксила через атом азота в положении 1 для пиримидинов и 9 для пуринов, образуя N-гликозидную связь.**

# Общая структура нуклеозида

R=OH Рибонуклеозид

R=H Дезоксирибонуклеозид



## Номенклатура нуклеозидов

Название нуклеозида производится от тривиального названия соответствующего азотистого основания с суффиксами *-идин* у пиримидиновых и *-озин* у пуриновых нуклеозидов. В названиях нуклеозидов ДНК используется приставка «дезокси».

**Цитозин** + Рибоза = **Цитидин**

**Цитозин** + **Дезоксирибоза** =

**Дезоксицитидин**

**Аденин** + Рибоза = **Аденозин**

**Аденин** + **Дезоксирибоза** =

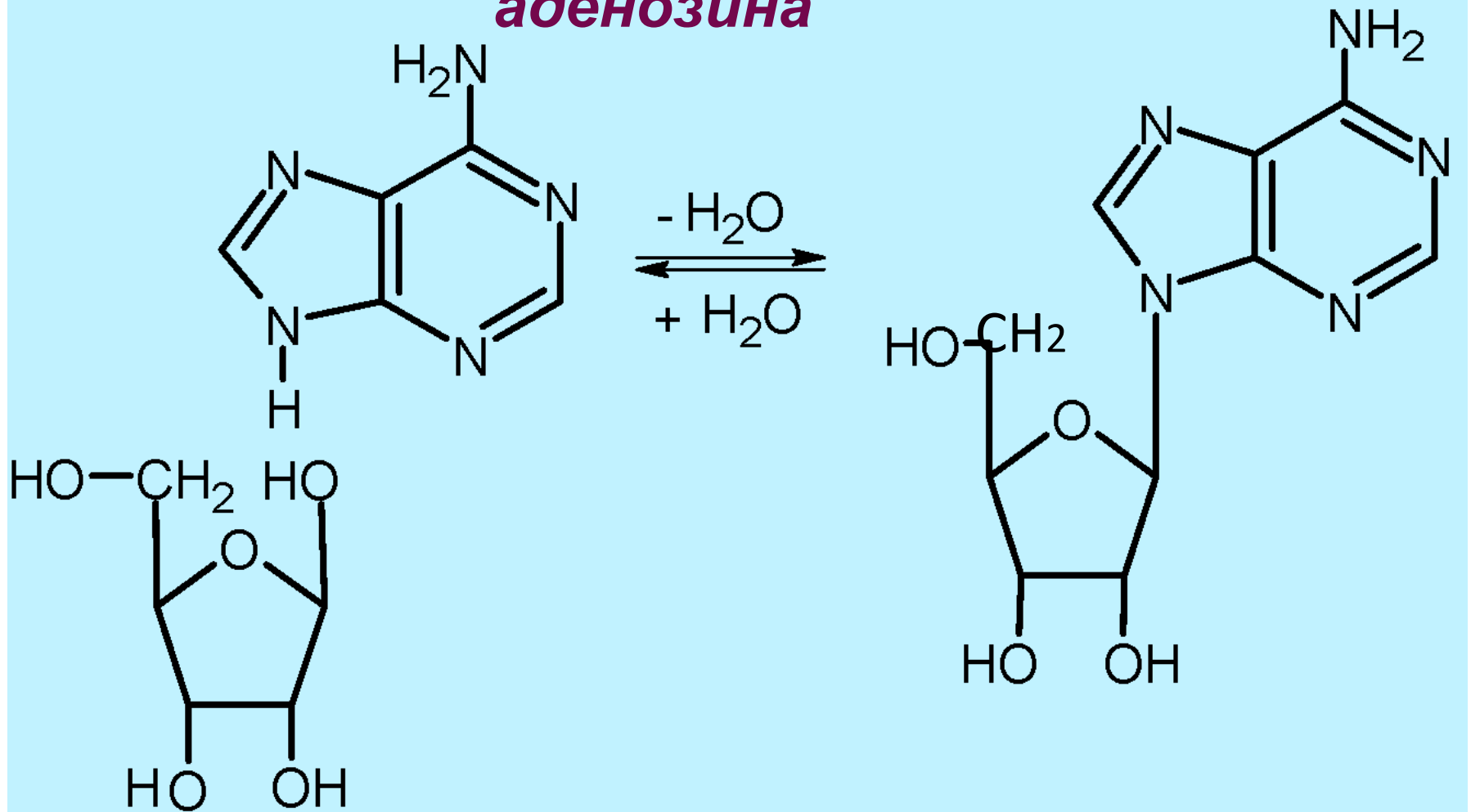
**Дезоксиаденозин**

Номенклатура нуклеозидов

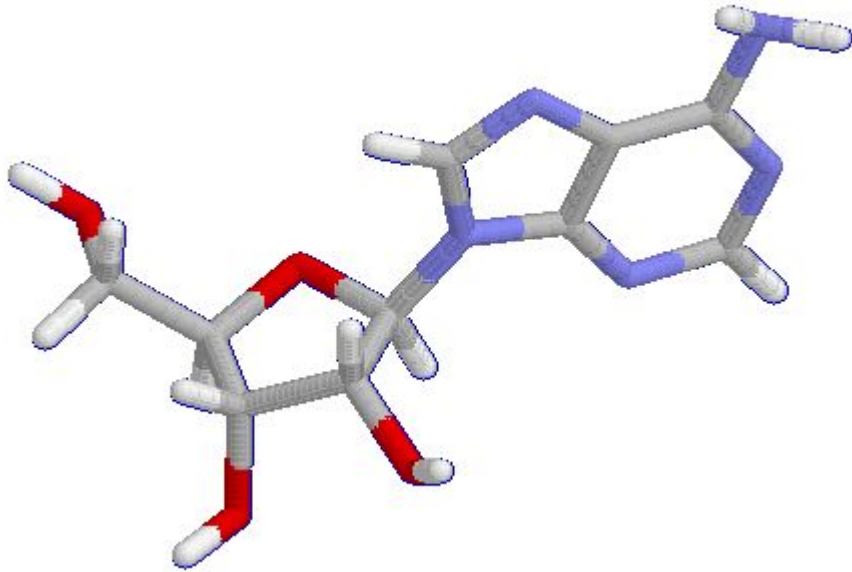
**Табл. 1 - Азотистые основания и соответствующие им нуклеозиды**

<b>АО</b>	<b>Нуклеозиды РНК</b>	<b>Нуклеозиды ДНК</b>
<b>Аденин</b>	<b>Аденозин</b>	<b>Дезоксиаденозин</b>
<b>Гуанин</b>	<b>Гуанозин</b>	<b>Дезоксигуанозин</b>
<b>Цитозин</b>	<b>Цитидин</b>	<b>Дезоксицитидин</b>
<b>Урацил</b>	<b>Уридин</b>	<b>-</b>
<b>Тимин</b>	<b>-</b>	<b>Тимидин</b>

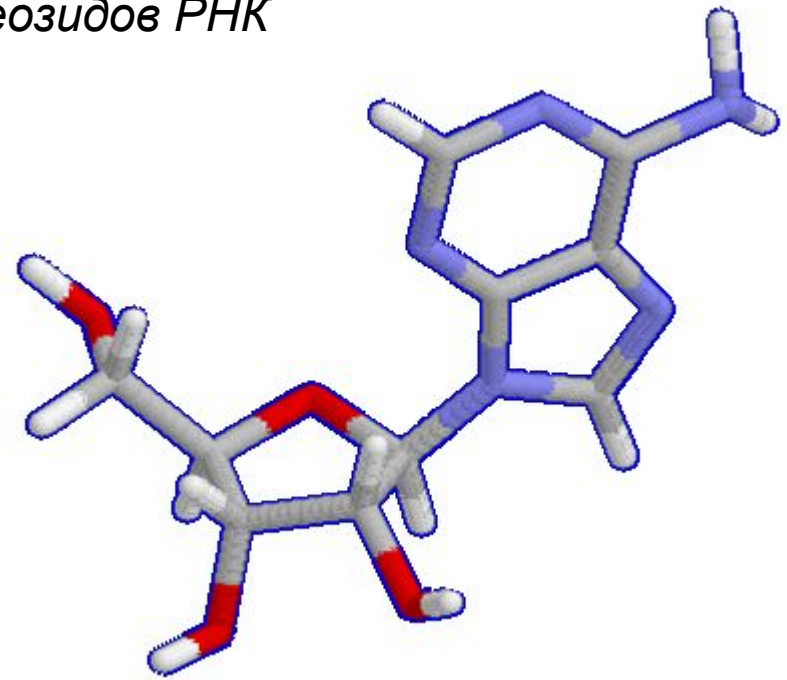
# Образование аденозина



## Конформации нуклеозидов РНК



**Аденозин (анти-)**

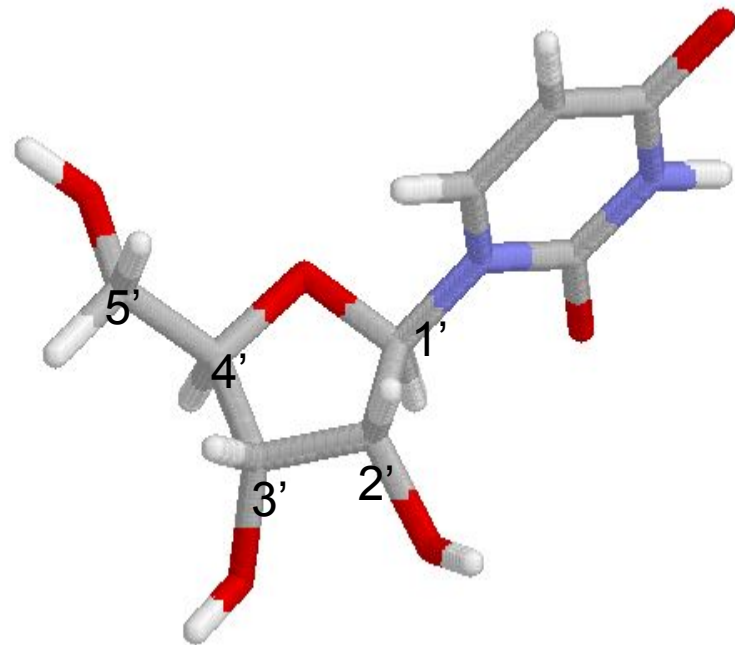
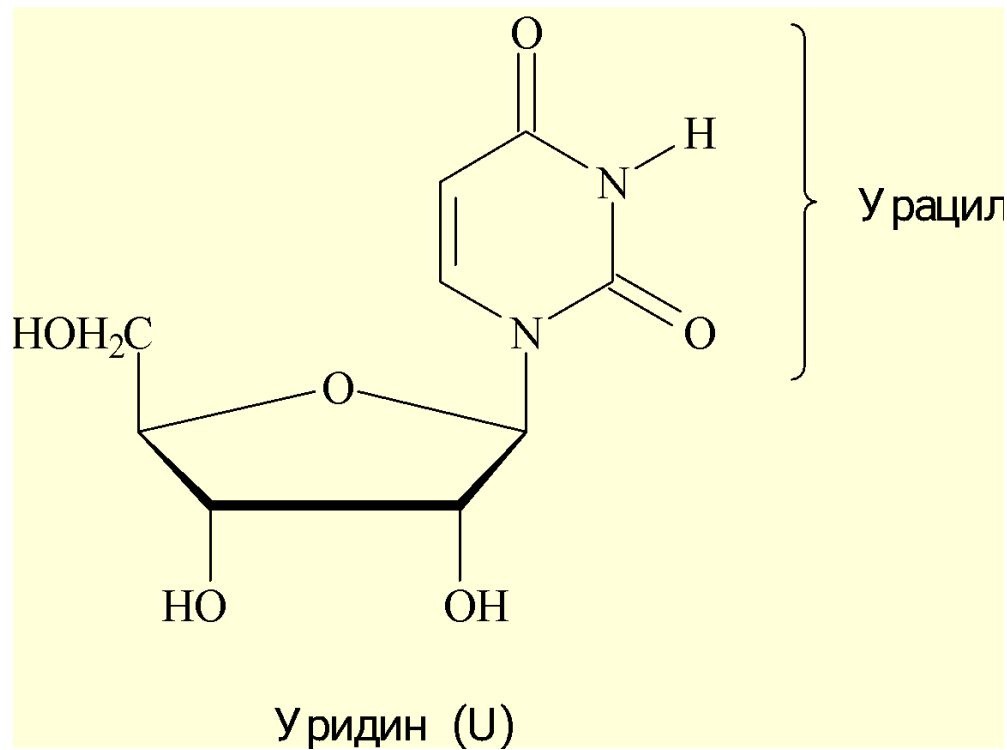


**Аденозин (син-)**

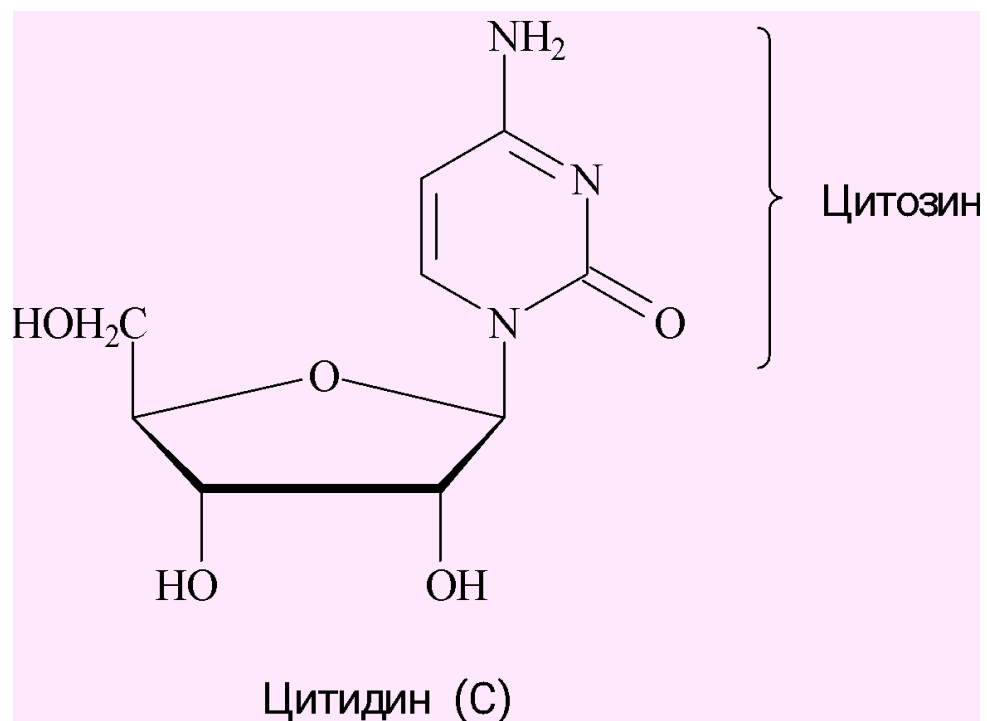
*В зависимости от взаимной ориентации основания и сахарного кольца в нуклеозидах различаются син-и анти-конформации. Последняя энергетически более выгодная.*



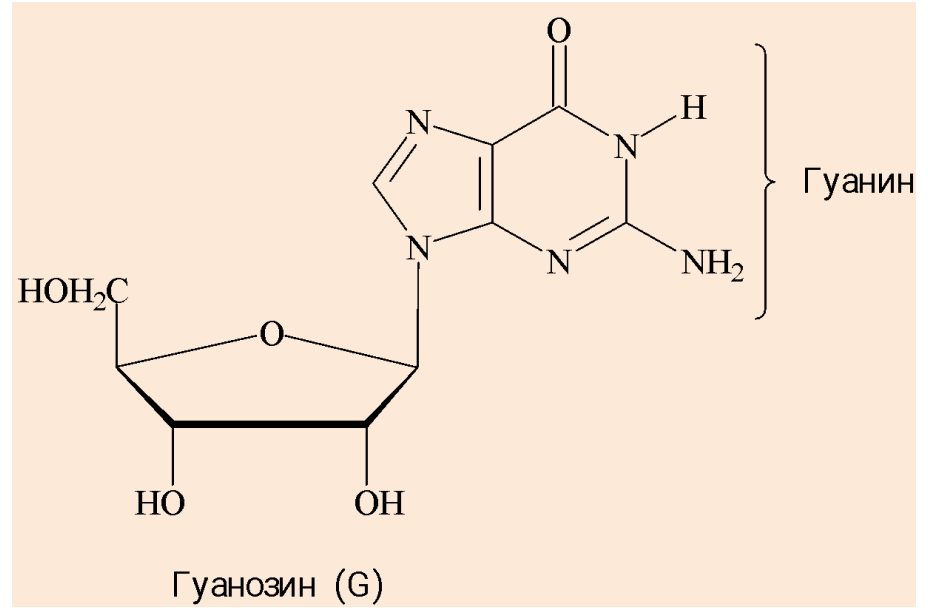
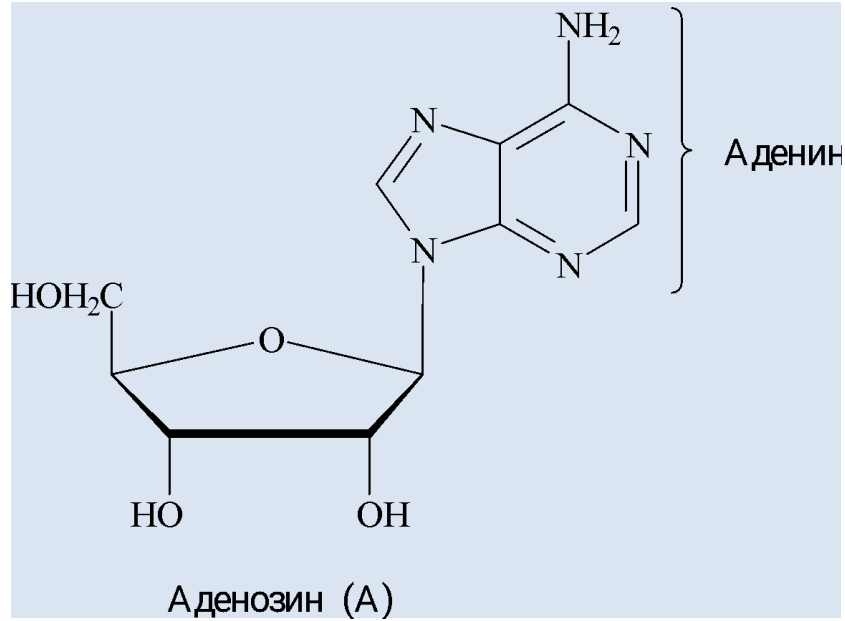
# Нуклеозиды РНК



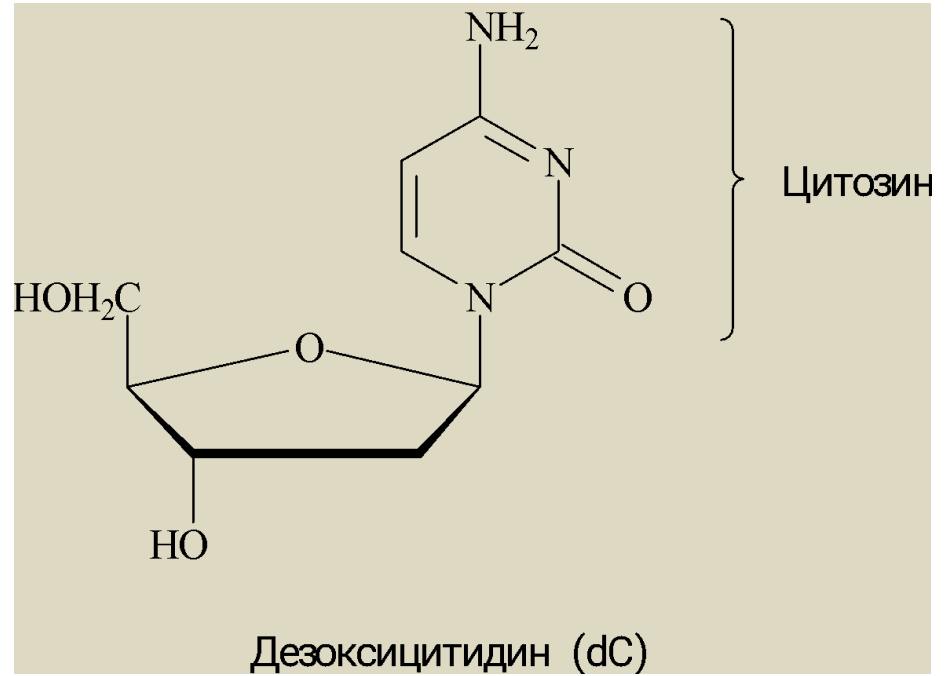
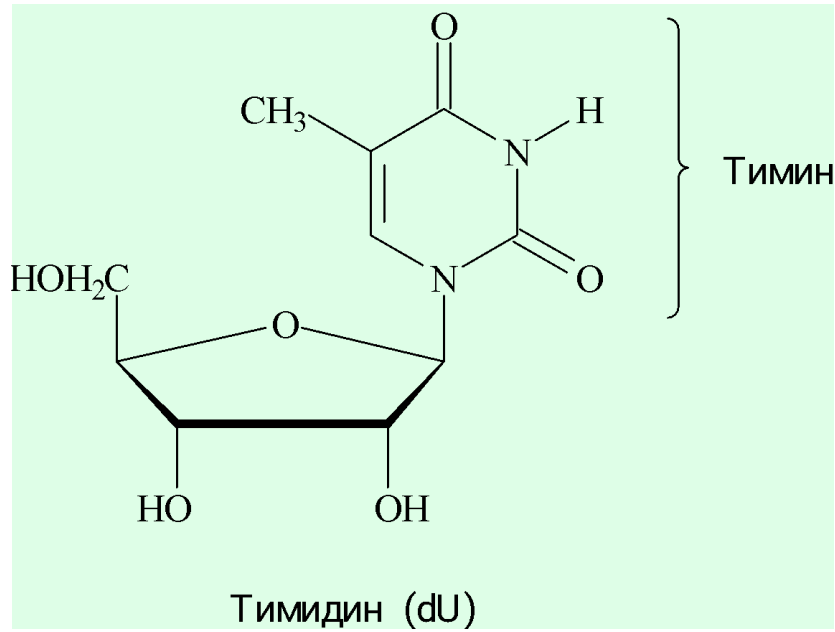
## Нуклеозиды РНК



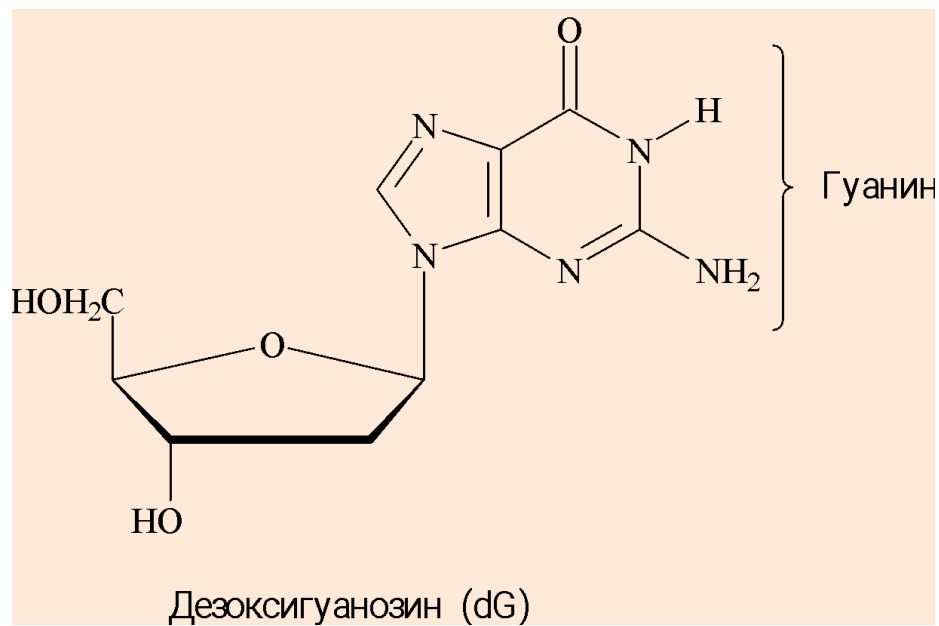
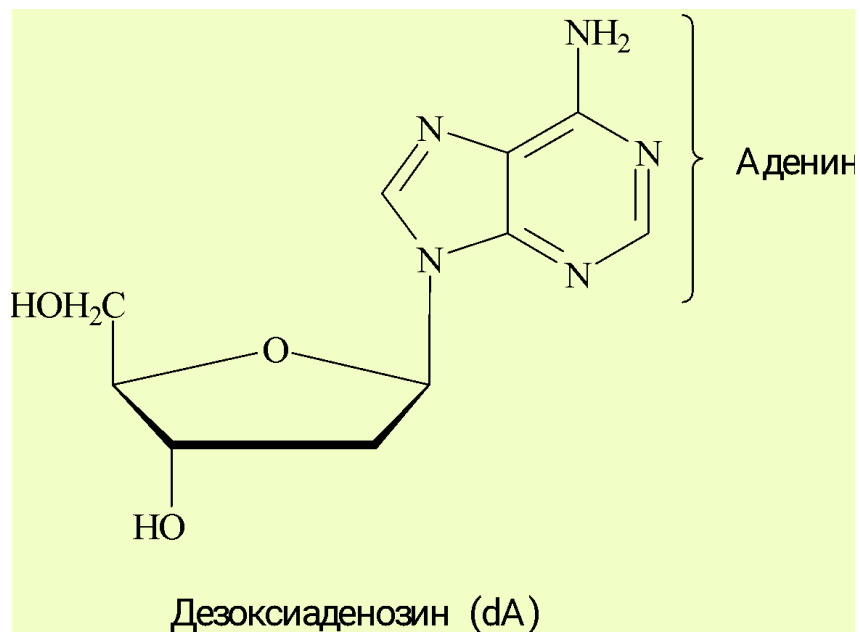
## Нуклеозиды РНК



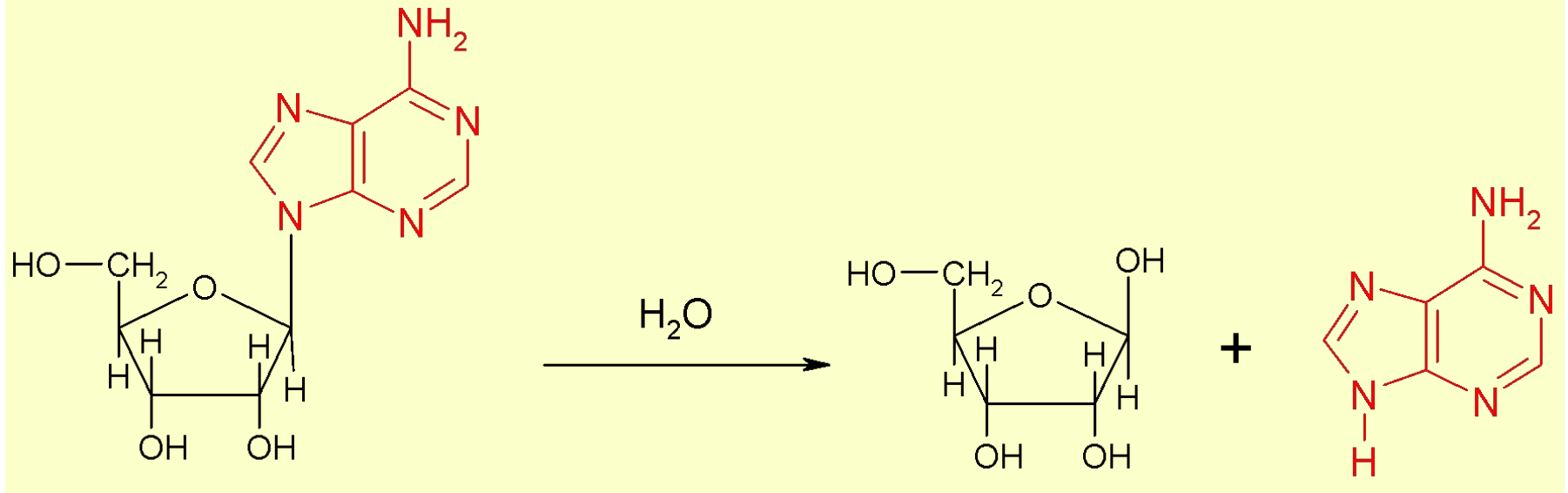
# Нуклеозиды ДНК



## Нуклеозиды ДНК



# Гидролиз нуклеозидов



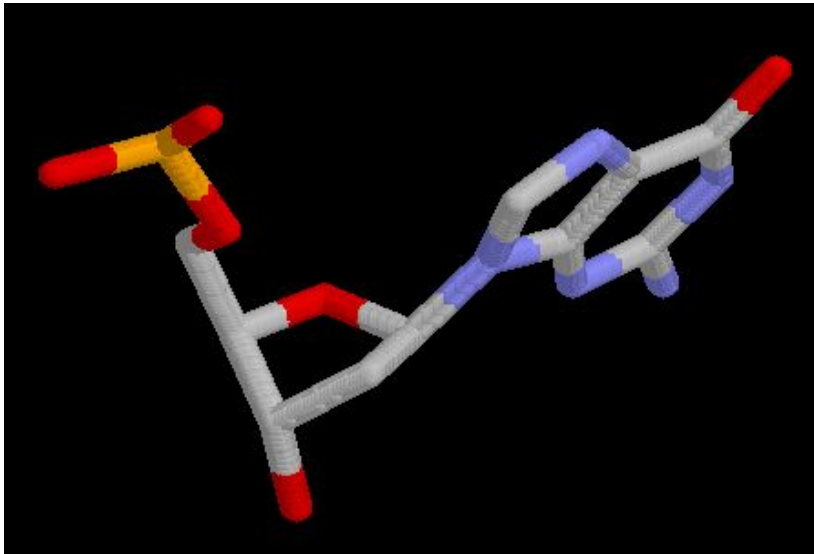
аденозин

рибоза

аденин

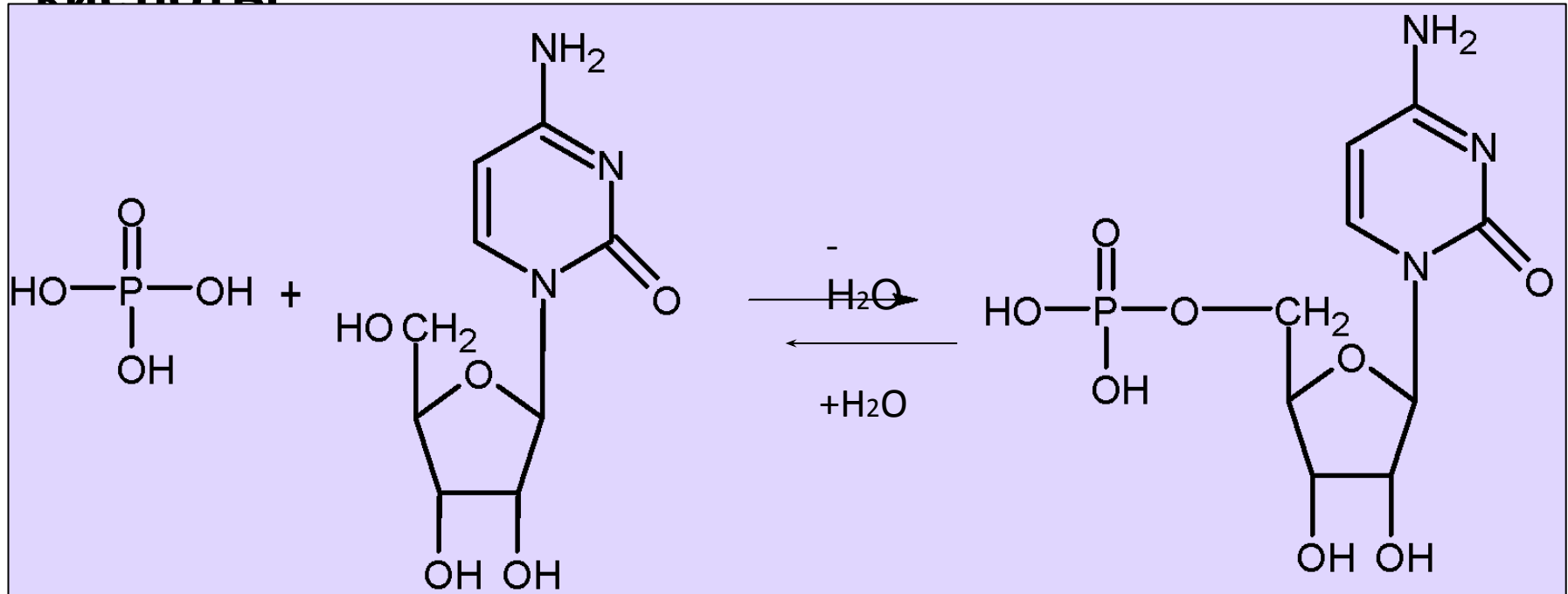
# Строение моноклеотидов

Нуклеотиды – это фосфаты нуклеозидов.



**Фосфорная кислота присоединяется к 5'-атому углерода пентозы, образуя сложноэфирную связь.**

# Нуклеотид из нуклеозида цитидина и фосфорной кислоты



ЦИТИДИН

Цитидин-5`-фосфат

**Нуклеотиды являются достаточно сильными кислотами, при физиологических значениях pH фосфатная группа ионизирована.**



## Химические свойства нуклеотидов

Нуклеотиды способны гидролизоваться. Гидролизу подвергаются как N-гликозидная, так и сложноэфирная связи. В зависимости от этого могут образовываться или нуклеозиды или компоненты нуклеотида.



# Номенклатура нуклеотидов

**Мононуклеотид имеет 2 названия:**

- как монофосфат нуклеозида:  
цитидин-5'-фосфат (CMP)**
- как кислота: 5'-цитидиловая кислота**

## Номенклатура нуклеотидов

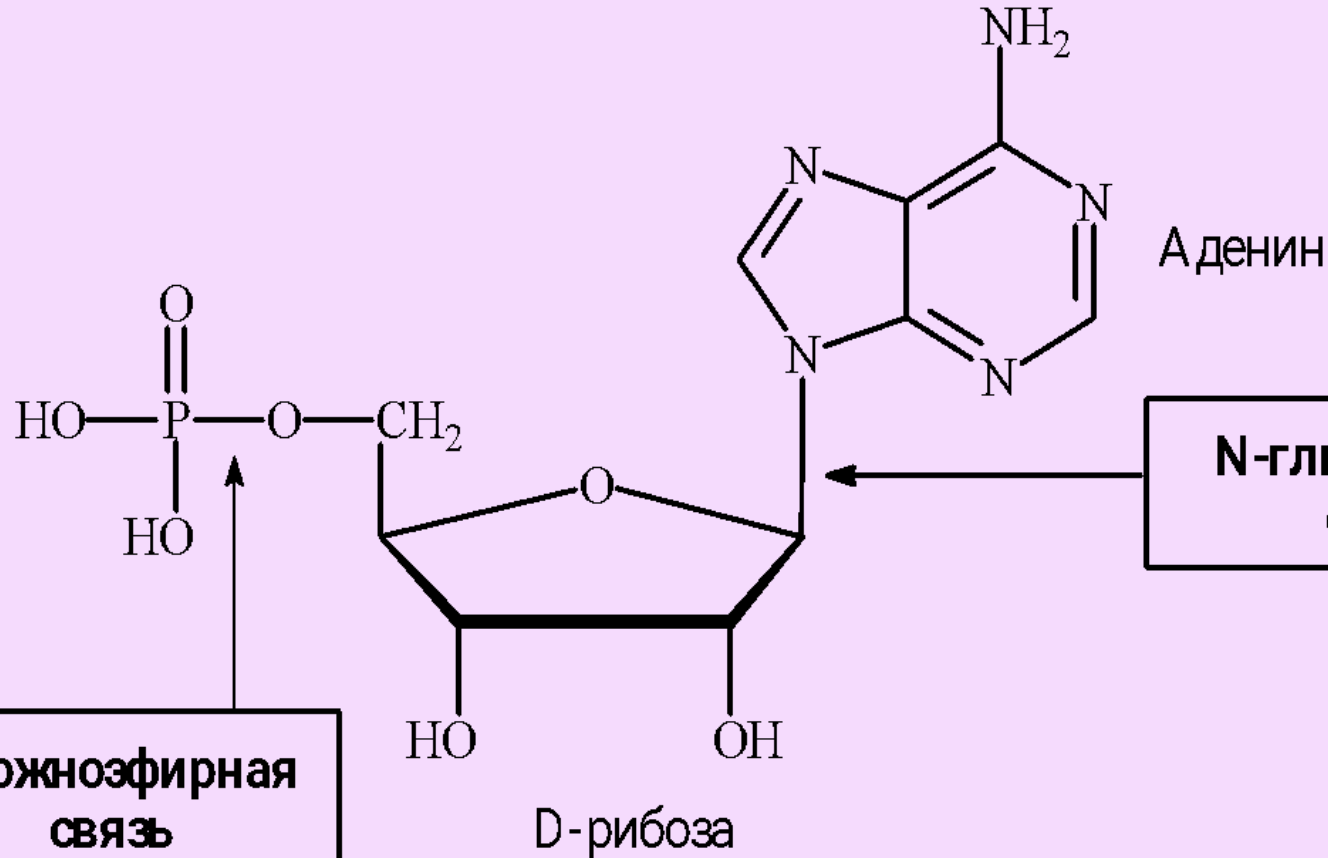
**Табл.2. Названия важнейших нуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот**

№№ п/п	Название нуклеотидов		Сокращенное
	Как фосфатов	Как кислот	
<b>РНК</b>			
1	Аденозин-5'-фосфат	5'-Адениловая	AMP
2	Гуанозин-5'-фосфат	5'-Гуаниловая	GMP
3	Цитидин-5'-фосфат	5'-Цитидиловая	CMP
4	Уридин-5'-фосфат	5'-Уридиловая	UMP

## ДНК

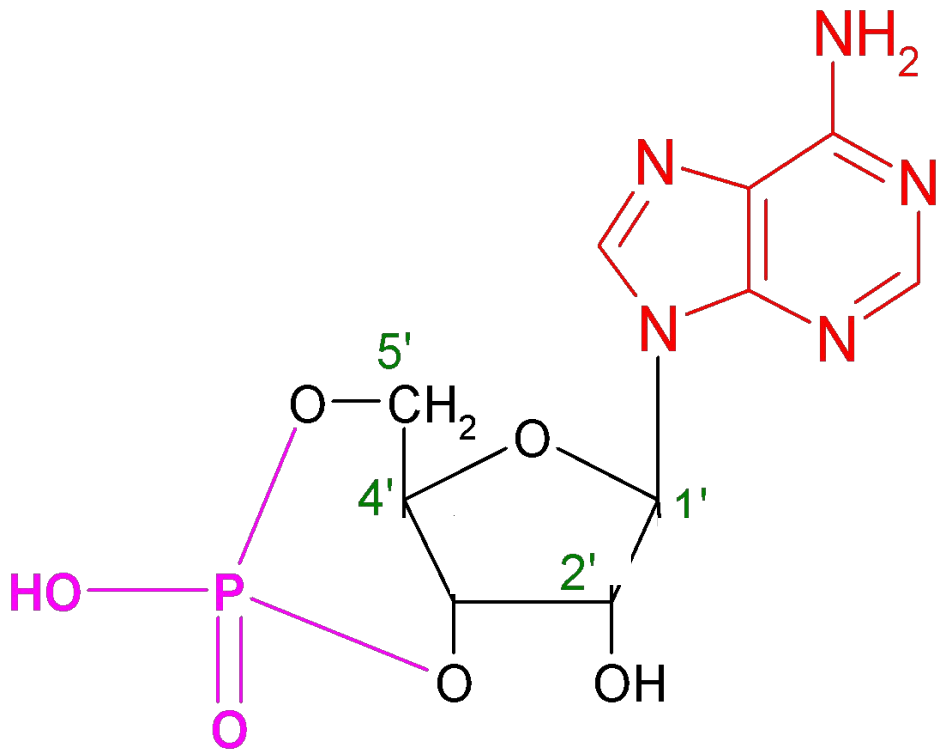
<b>1</b>	<b>Дезоксиаденозин-5'-фосфат</b>	<b>5'-Дезоксиадениловая</b>	<b>dAMP</b>
<b>2</b>	<b>Дезоксигуанозин-5'-фосфат</b>	<b>5'-Дезоксигуаниловая</b>	<b>dGMP</b>
<b>3</b>	<b>Дезоксицитидин-5'-фосфат</b>	<b>5'-Дезоксицитидиловая</b>	<b>dCMP</b>
<b>4</b>	<b>Тимидин-5'-фосфат</b>	<b>5'-Тимидиловая</b>	<b>TMP</b>

# Нуклеотиды

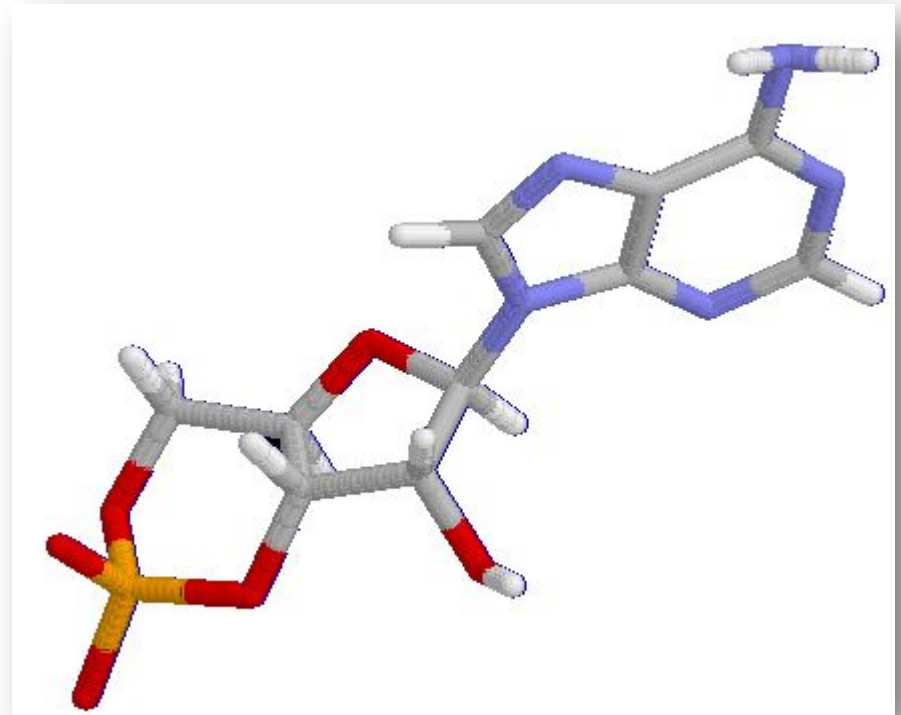


Аденозин-5'-фосфат,  
5'-адениловая кислота

# Циклофосфаты

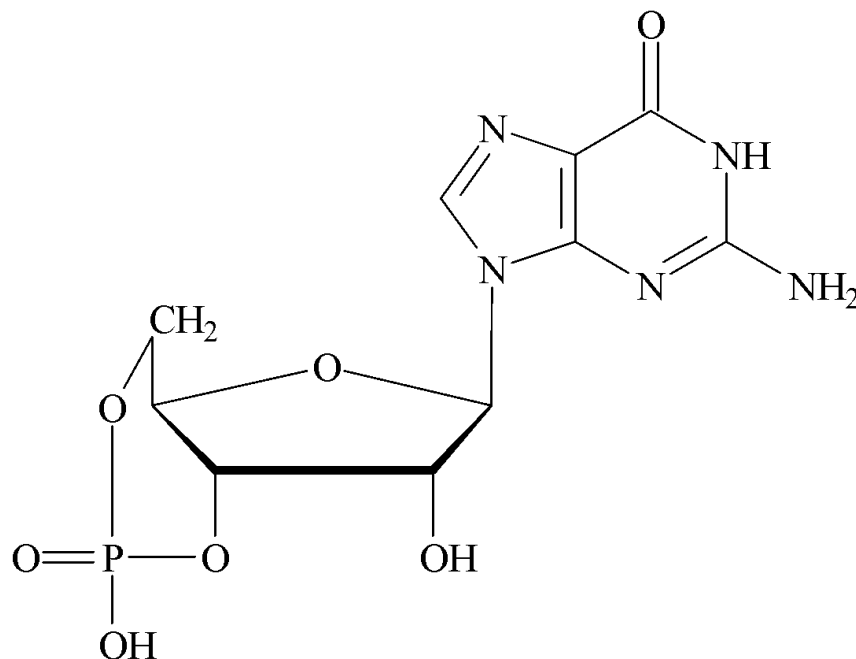


ЦАМ  
Ф



## Циклофосфаты

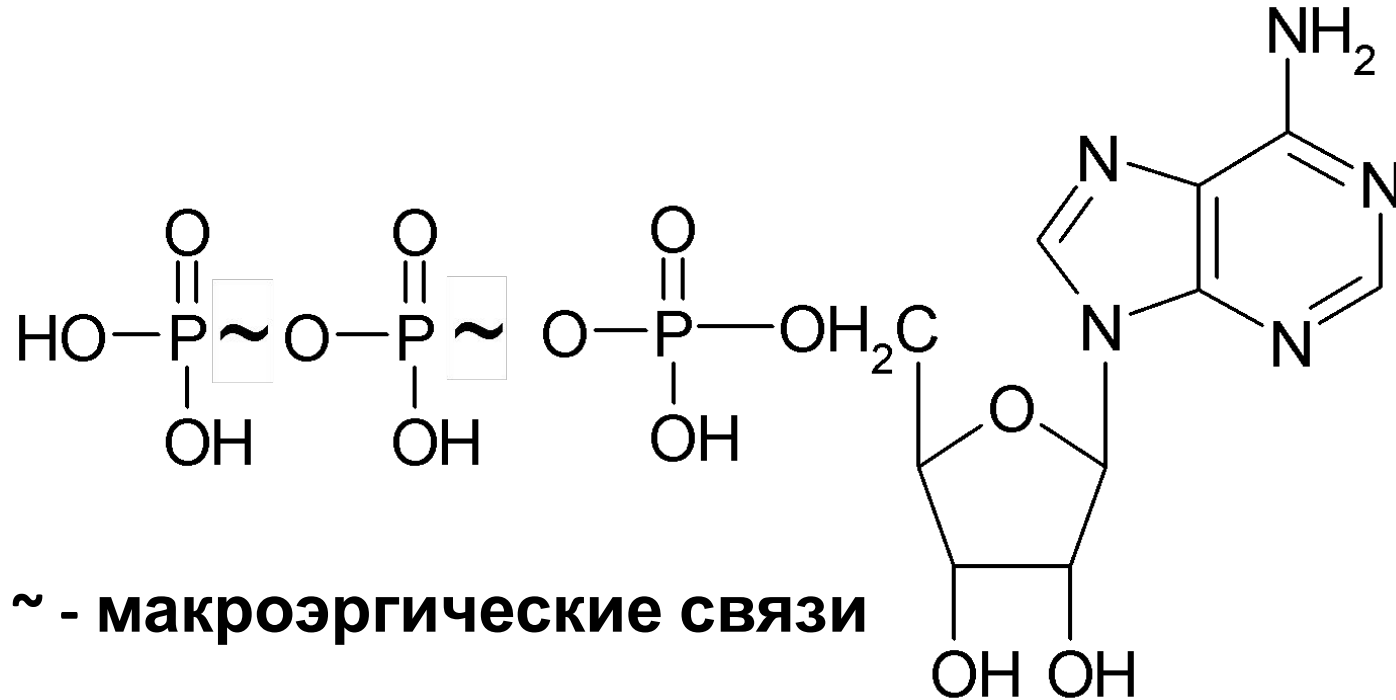
Циклофосфаты играют роль **вторичного посредника** некоторых гормонов (глюкагона или адреналина), которые не могут проходить через клеточную мембрану.



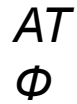
Гуанозин-3',5'-циклофосфат

цГМ  
Ф

# Строение аденозинтрифосфата (АТФ)







**АТФ – источник энергии для многих биологических процессов: биосинтеза белка, ионного транспорта, сокращения мышц, электрической активности нервных клеток и др.**

**Энергия, необходимая для этих процессов, обеспечивается гидролизом АТФ:**

- 1)  $\text{АТФ} + \text{H}_2\text{O} = \text{АДФ} + \text{Фн}, \Delta G = - 25 - 40 \text{ кДж/моль}$**
- 2)  $\text{АДФ} + \text{H}_2\text{O} = \text{АМФ} + \text{Фн}, \Delta G = - 30 \text{ кДж/моль}$**
- 3)  $\text{АМФ} + \text{H}_2\text{O} = \text{Аденозин} + \text{Фн}, \Delta G = - 14 \text{ кДж/моль}$**

## *АТФ*

**Вместе с тем в организме идут процессы синтеза АТФ. Эти процессы сопровождаются поглощением энергии, выделяющейся при биохимическом окислении белков, жиров и углеводов. Эта энергия запасается в макроэргических связях АТФ.**

# АТФ

АТФ выпускается в виде  
фарм. препаратов.



# Структура нуклеиновых кислот

## Структура ДНК

ДНК имеет несколько уровней структурной организации.

*1) Первичная структура – последовательность нуклеотидных звеньев, соединенных с помощью 3'-5'-фосфодиэфирных связей.*

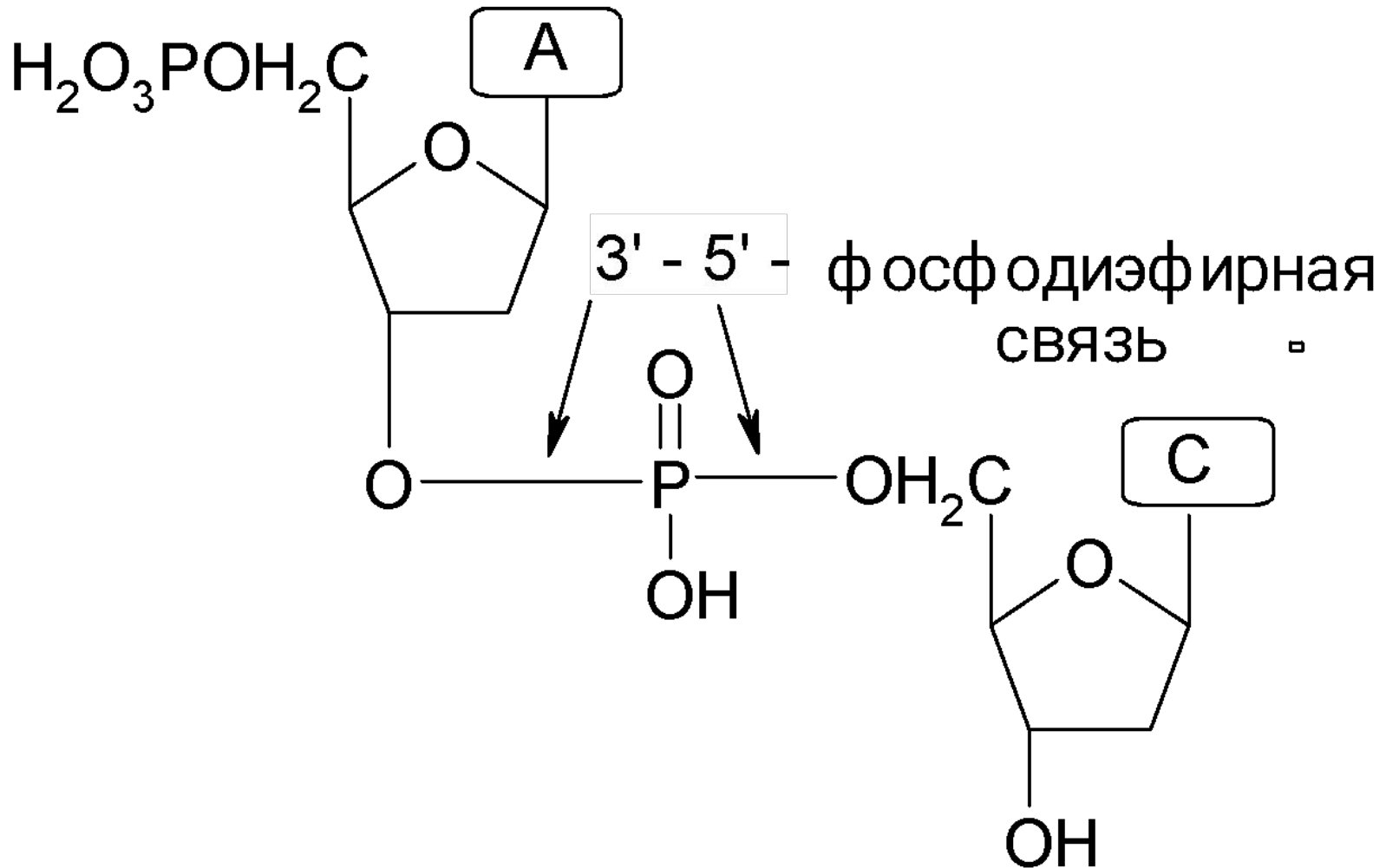
5'- конец ТГАЦТААГТАЦЦ 3'-

конец

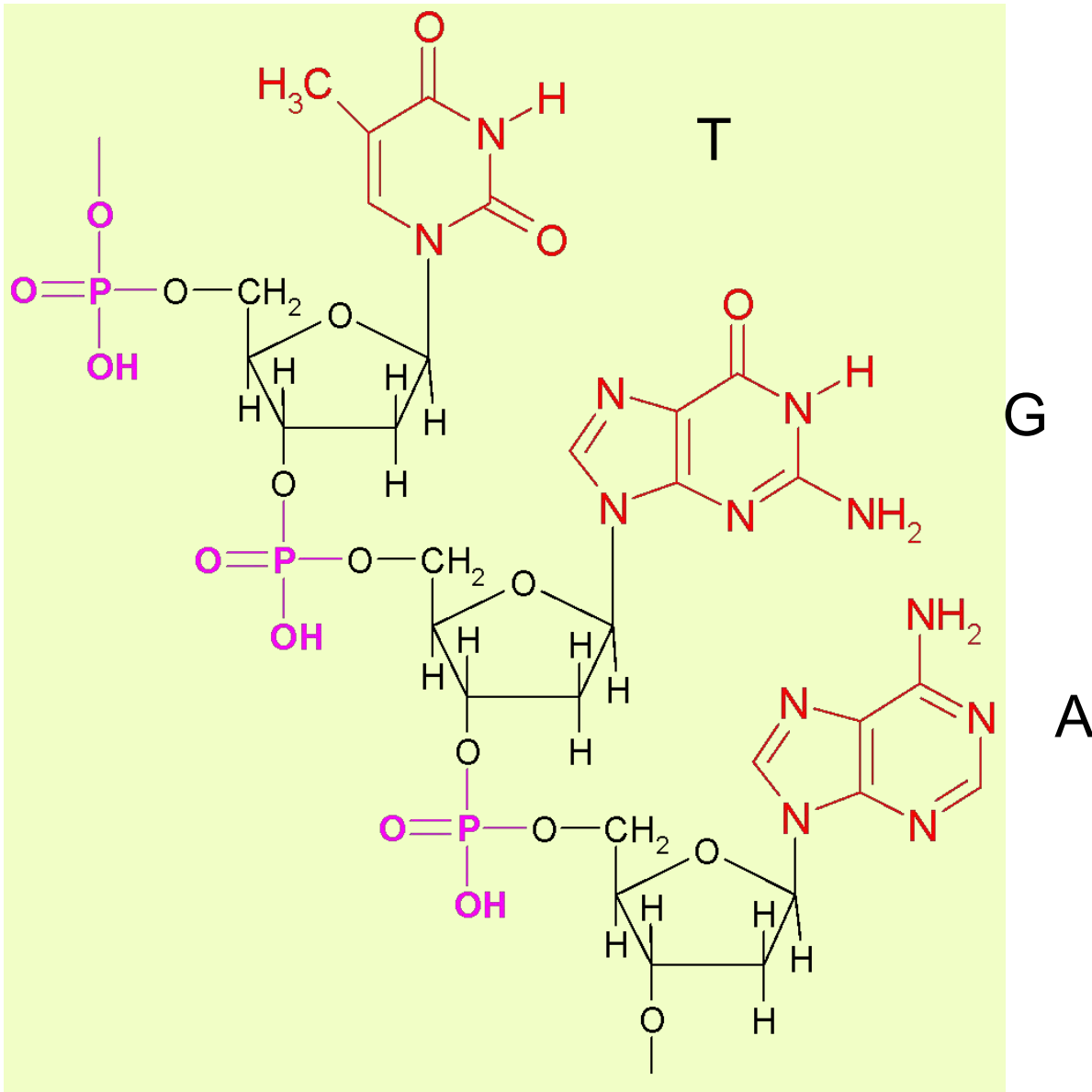
(ф-конец)

(ОН-конец)

# Динуклеотид из дезоксиадениловой и дезоксицитидиловой кислот



# Первичная структура ДНК



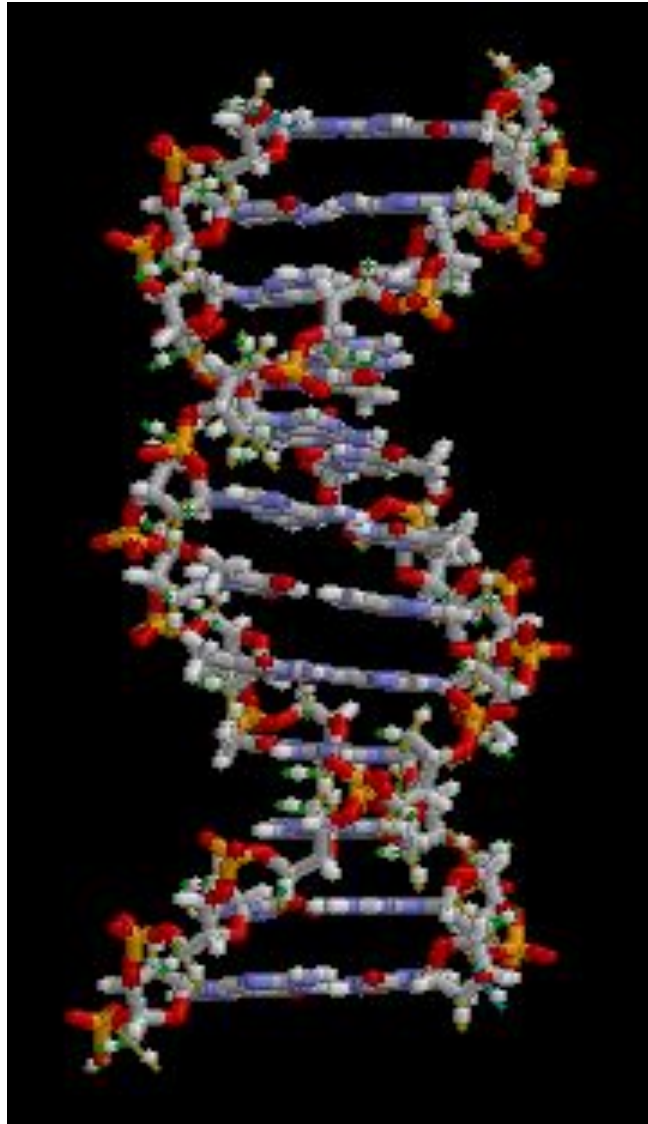
**2) Вторичная структура ДНК – это пространственное расположение полинуклеотидных цепей в молекуле.**

**Молекула ДНК состоит из двух антипараллельных правозакрученных полинуклеотидных цепей.**

**Пуриновые и пиримидиновые основания направлены внутрь спирали.**

**Двойная спираль стабилизируется за счет водородных связей, образующихся между парами комплементарных азотистых оснований.**

## *Вторичная структура ДНК*

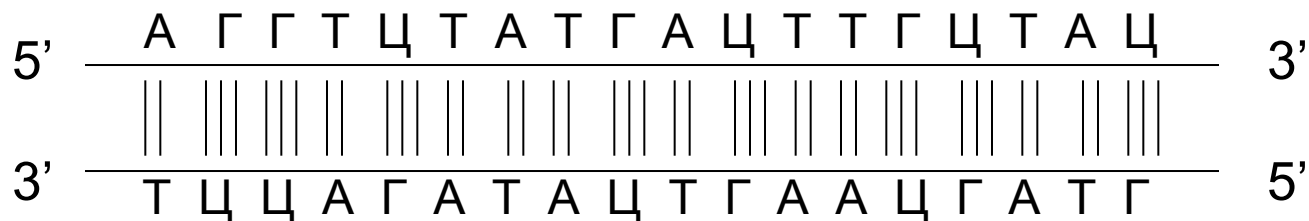




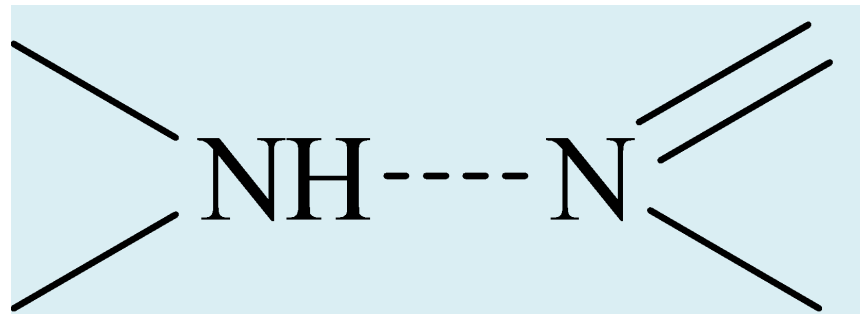
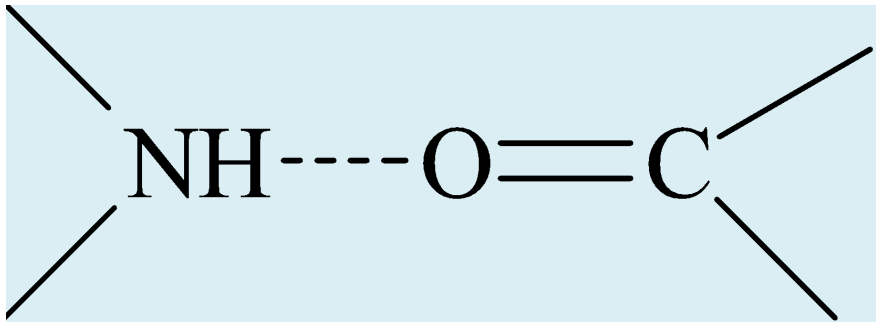
# Комплементарность

Комплементарность - пространственная  
взаимодополняемость молекул или их  
частей, приводящая к образованию  
водородных связей.

Комплементарные структуры подходят друг к другу  
как «ключ с замком».

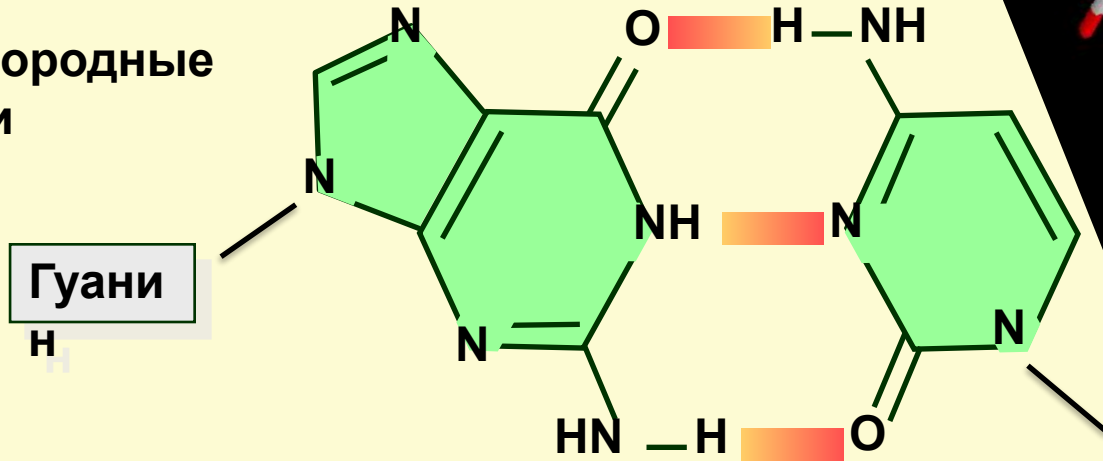


# Комплементарно СТЬ

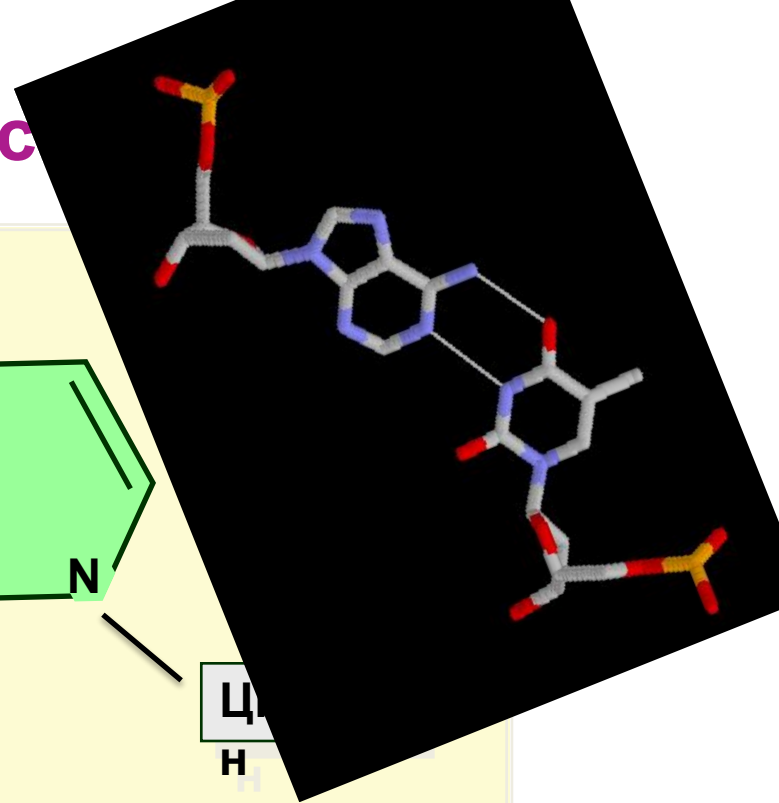
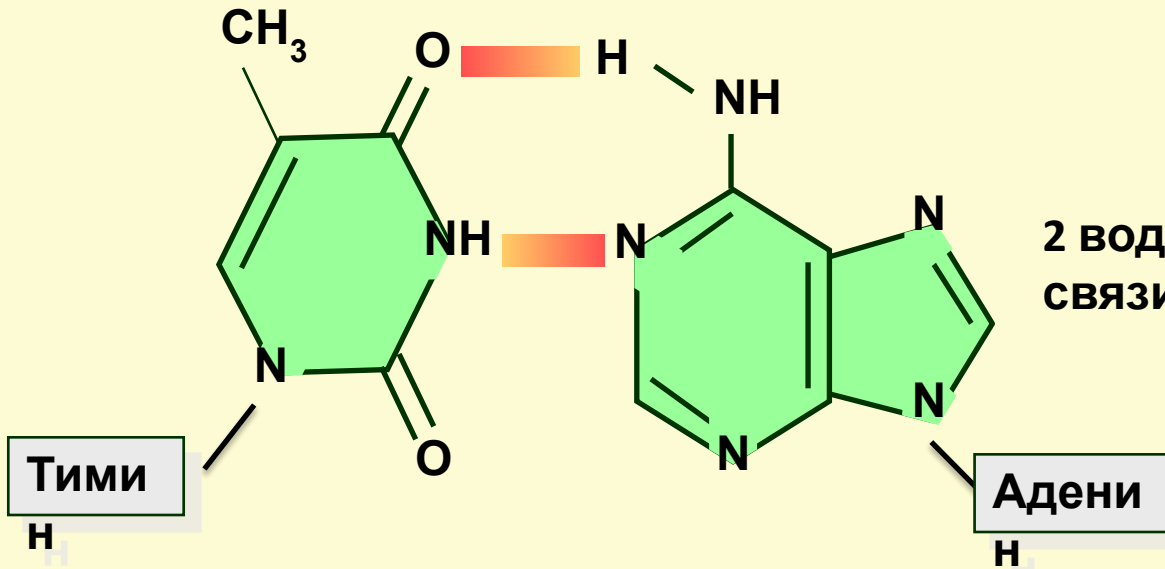


# Комплементарность

3 водородные связи



2 водородные связи



# *Вторичная структура нуклеиновых кислот*

## **Правила Чаргаффа**

1) количество пуриновых оснований равно количеству пиримидиновых оснований;

2) количество аденина равно количеству тимина;  
количество гуанина равно количеству цитозина;

3) количество оснований, содержащих аминогруппу в положениях 4 пиримидинового и 6 пуринового ядер, равно количеству оснований, содержащих в этих же положениях оксогруппу. Это означает, что сумма аденина и цитозина равна сумме гуанина и тимина.

$$(A+T)+(G+C)=100\%$$

# Структура ДНК

3) Третичная структура ДНК представляет собой многократную спирализацию вторичной структуры, обеспечивая плотную упаковку ДНК в ядре клетки.

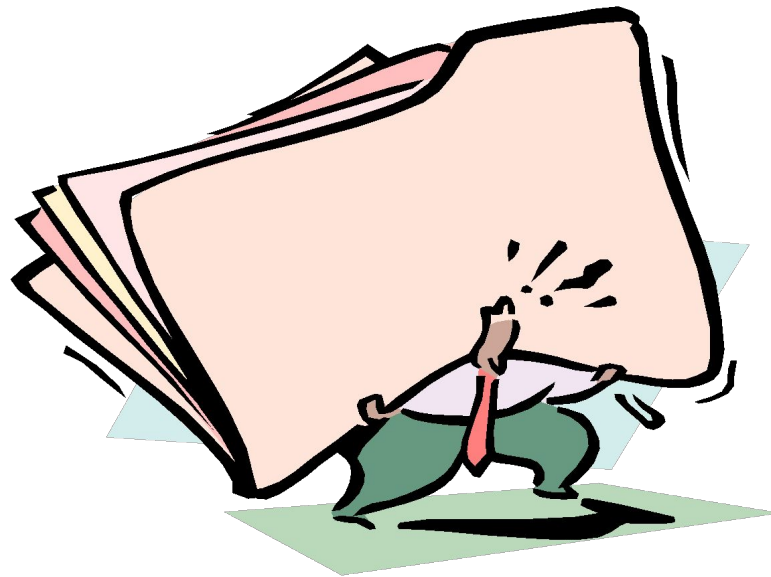
Модель нити ДНК толщиной 30 миллионных частей миллиметра. Изображение *Nature*



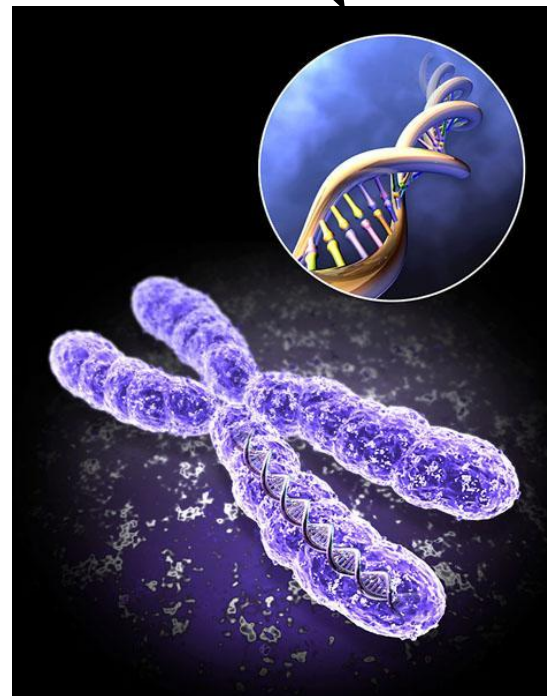
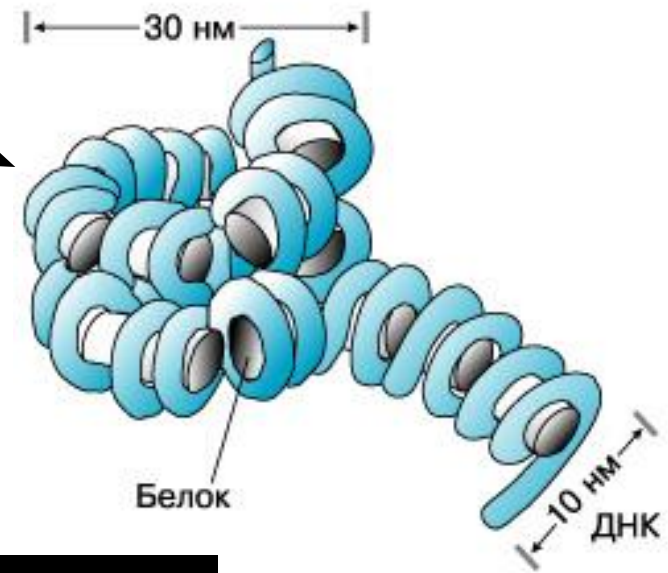
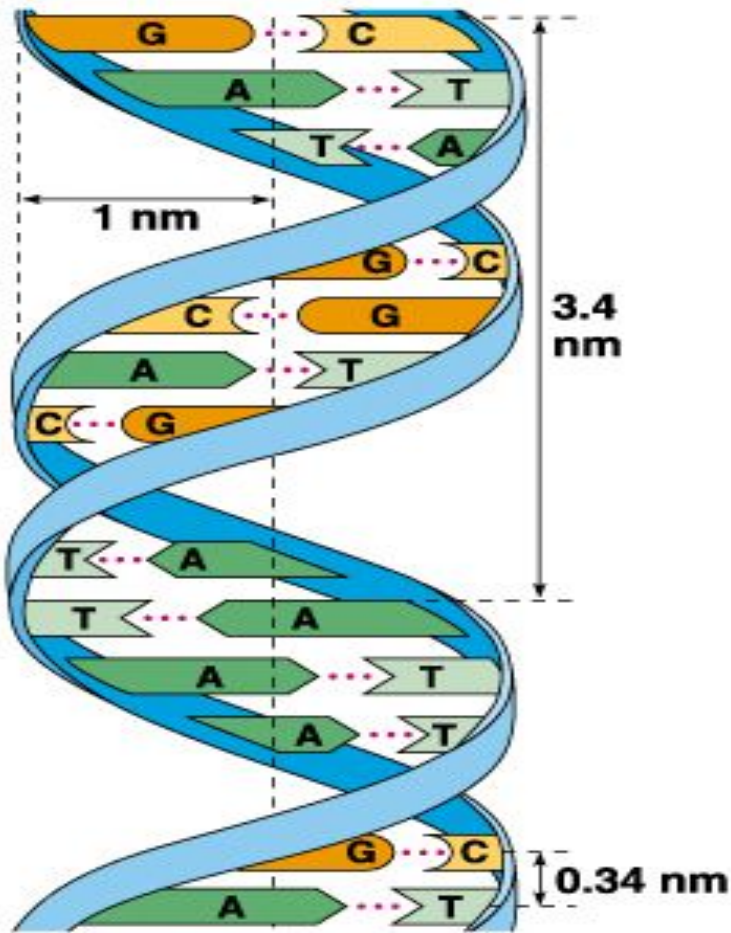
# Хромосомы

Хромосо́мы (др.-греч. χρῶμα — цвет и σῶμα — тело) — нуклеопротеиновые структуры в ядре эукариотической клетки.

Белок + ДНК = хромосома



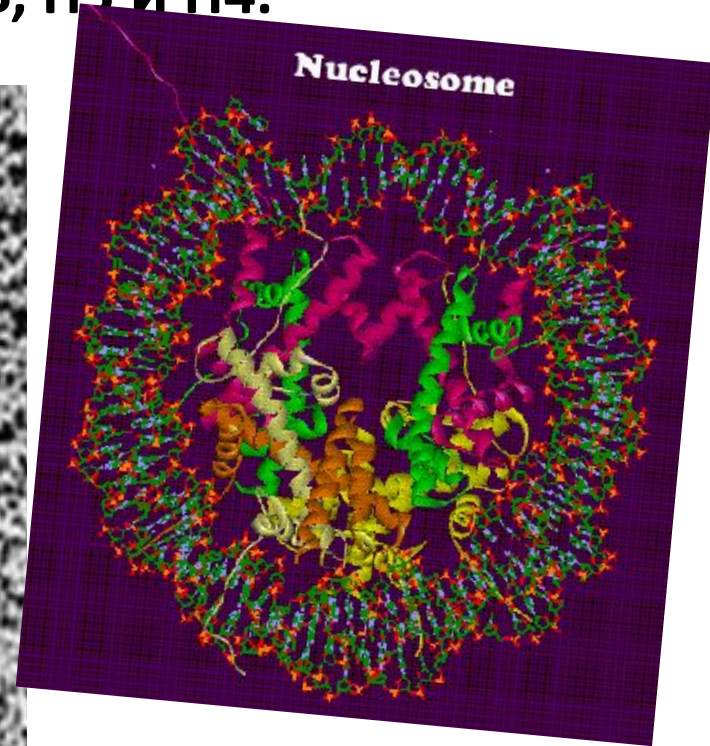
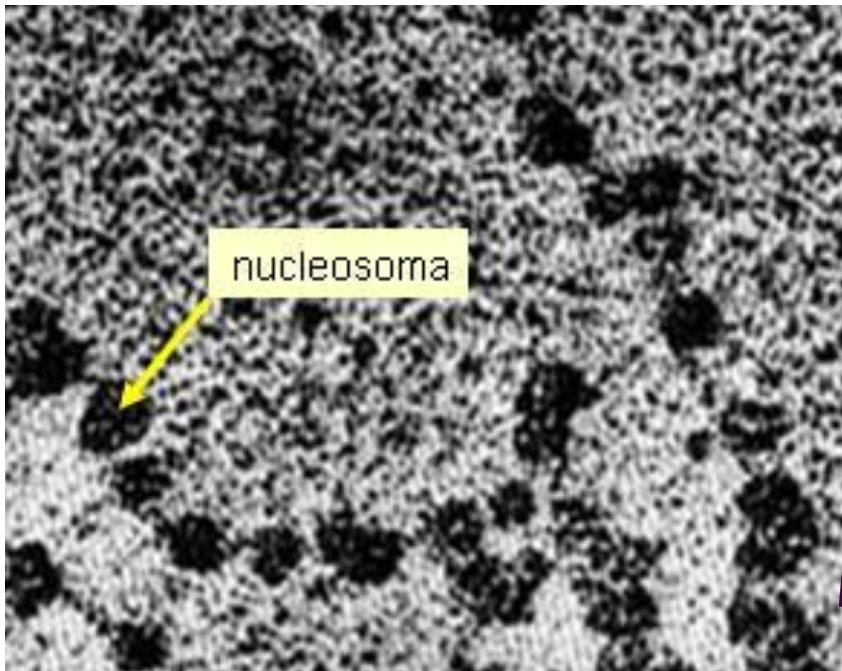
# ДНК В СОСТАВЕ ХРОМОСОМ





# Нуклеосома

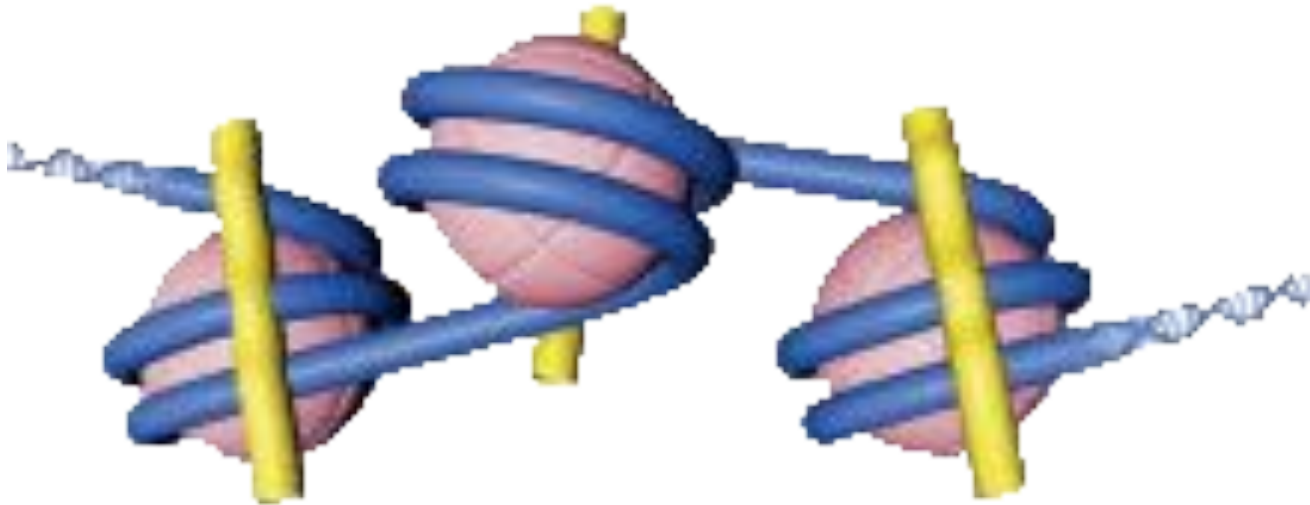
Нуклеосома — это структурная часть хромосомы, образованная совместной упаковкой нити ДНК с гистоновыми белками H2A, H2B, H3 и H4.



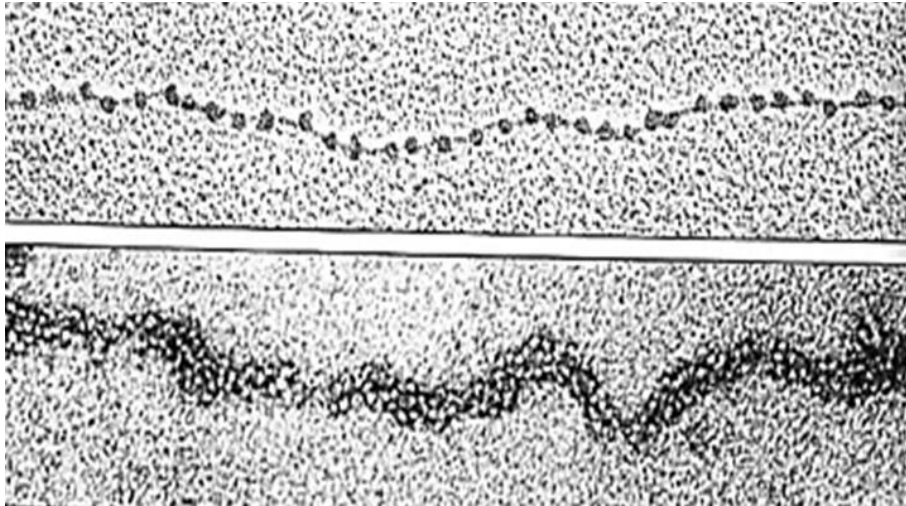


## Нуклеосома, первый уровень упаковки

Двойная спираль ДНК дважды огибает комплекс гистонных протеинов. Точное положение уплотнительного протеина H1 требует еще уточнения.

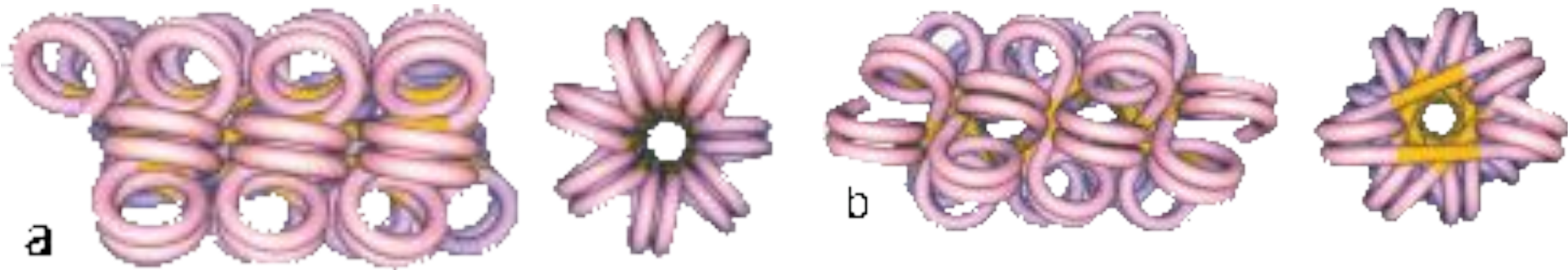


*Нуклеосома, первый уровень упаковки*



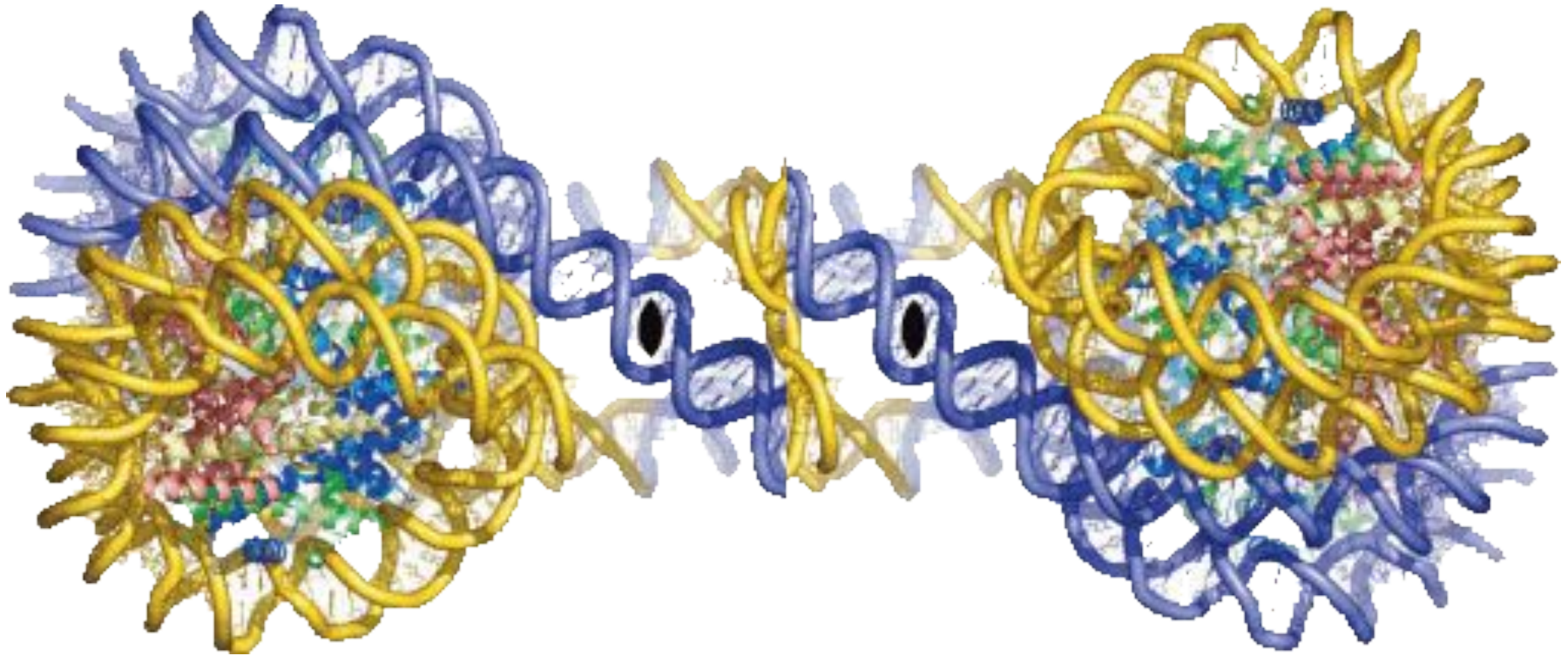
**Последовательность нуклеосом, соединенная гистоновым белком H1, формирует нуклеофиламент (nucleofilament), или иначе нуклеосомную нить.**

## *Нуклеосома, второй уровень упаковки*



**Вопреки тому, что полагали до сих пор, структура «жемчужного ожерелья» ДНК закручивается не в форме спиралевидной структуры (а), а в форме зигзага (b).**

## *Нуклеосомы*



**Структура тетрануклеосомы показывает, что две нуклеосомы, сложенные одна в другую, соединены с двумя другими нуклеосомами, расположенными напротив, посредством прямой нити ДНК. Эти две кипы соответственно сложены в противоположном направлении.**

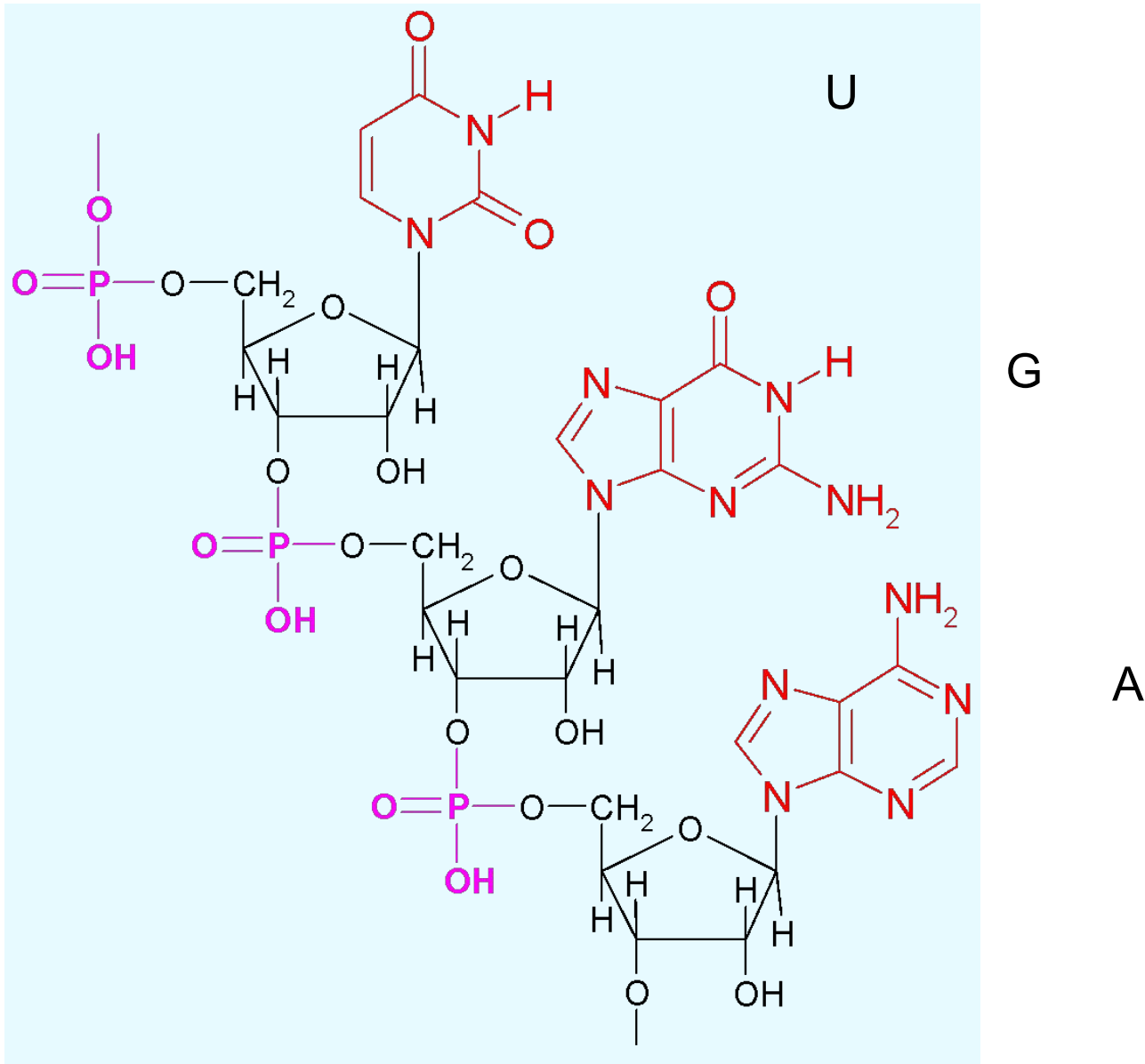
# РНК

**РНК локализованы в цитоплазме и рибосомах.**

**В зависимости от функций, местонахождения и состава РНК делятся на три основных вида:**

- 1. Информационная или матричная мРНК**
- 2. Рибосомальная рРНК**
- 3. Транспортная тРНК**

# Первичная структура РНК



# Информационная РНК

**Информационная РНК несет точную копию генетической информации, закодированной в определенном участке ДНК.**

**Каждой АК соответствует в мРНК триплет нуклеотидов, т.н. *кодон*.**

***Например, аланин – ГЦУ, лизин – ЦУУ.***

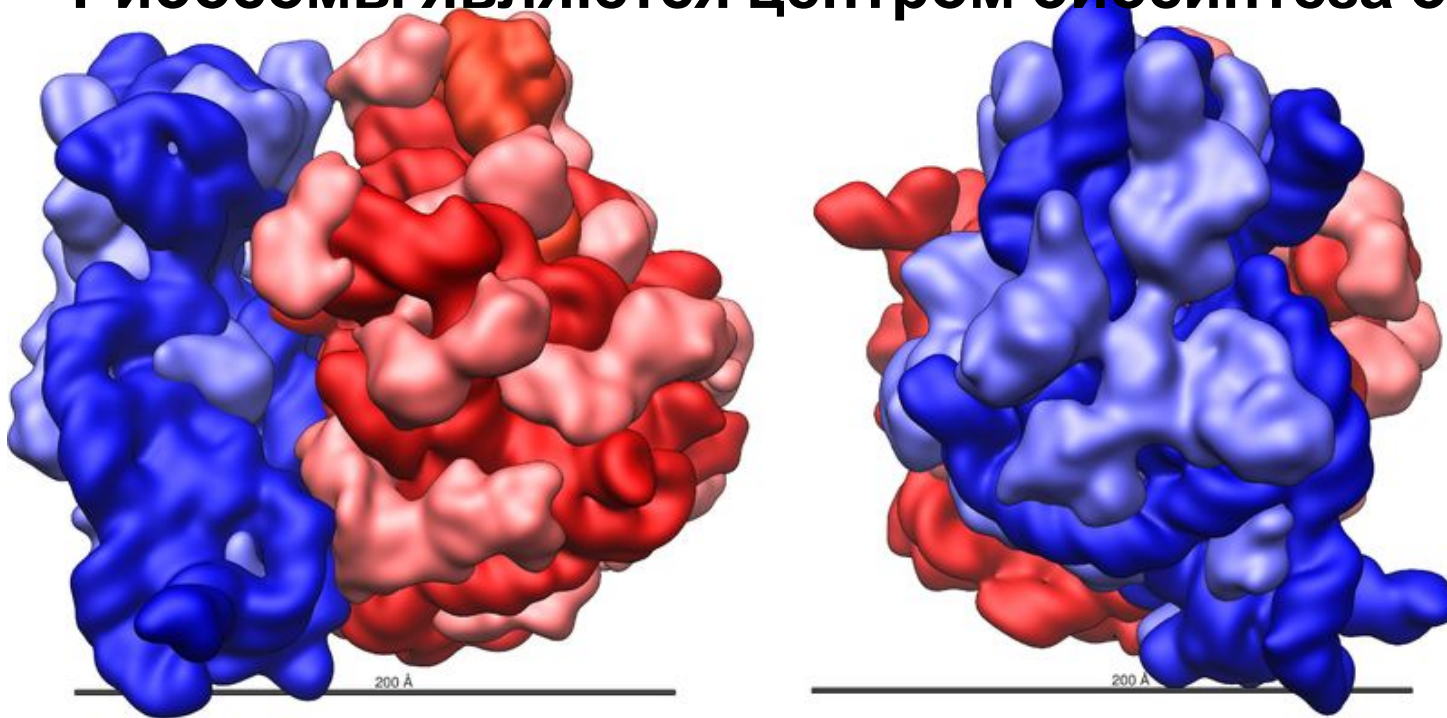
**Последовательность кодонов в цепи мРНК определяет последовательность АК в белках.**



# Рибосо

**Рибосомы — это сложные надмолекулярные структуры, состоящие из четырех рРНК и нескольких десятков белков.**

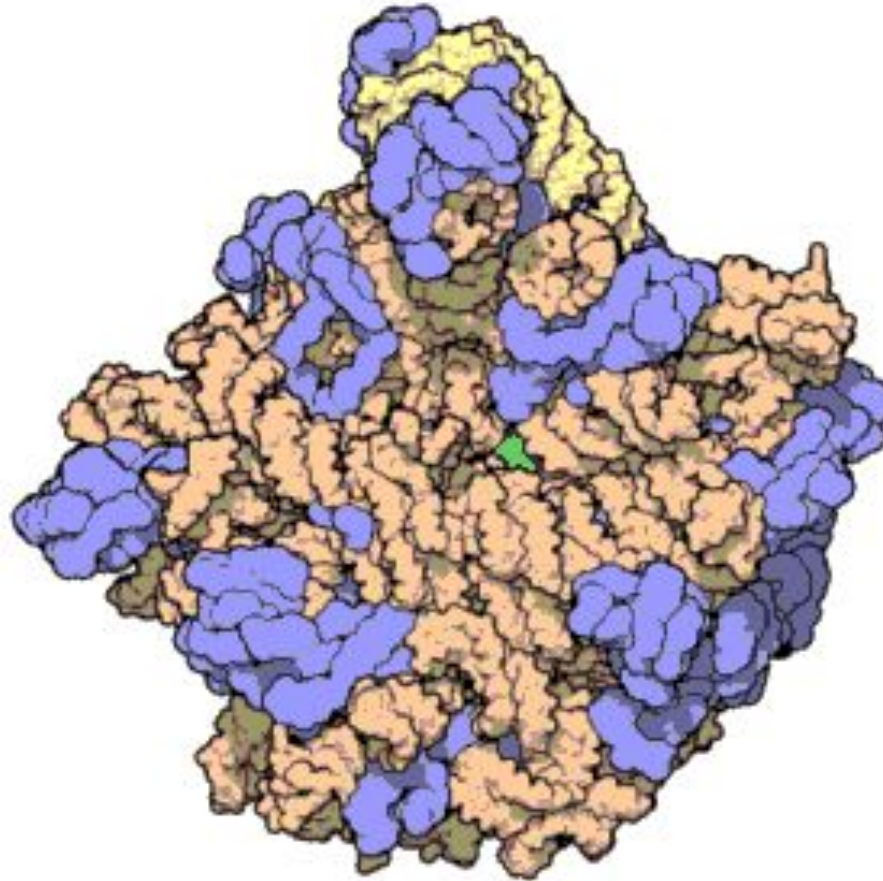
**Рибосомы являются центром биосинтеза белков.**



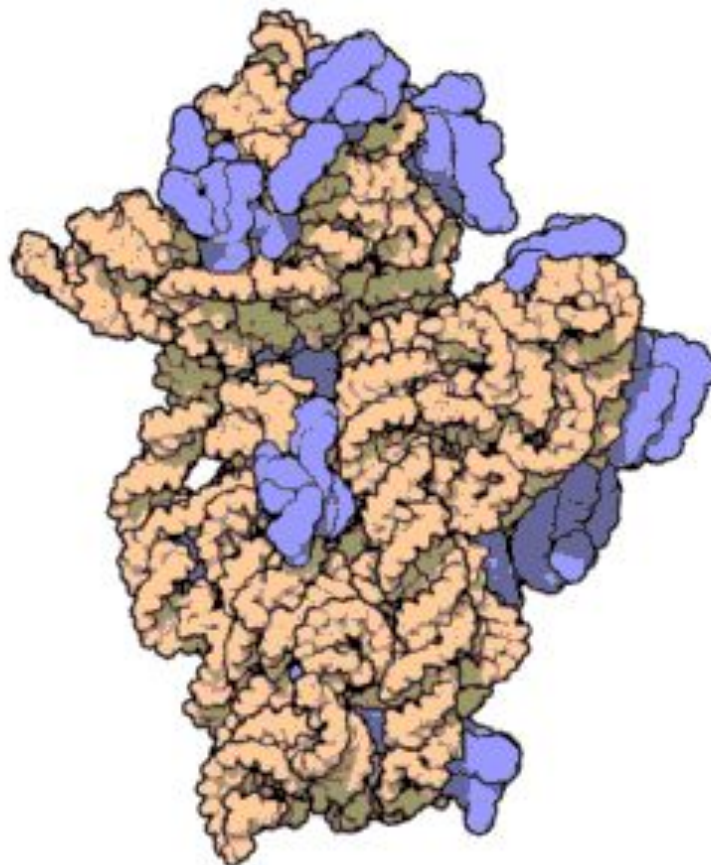
**Большая (красная) и малая (синяя) субъединицы**



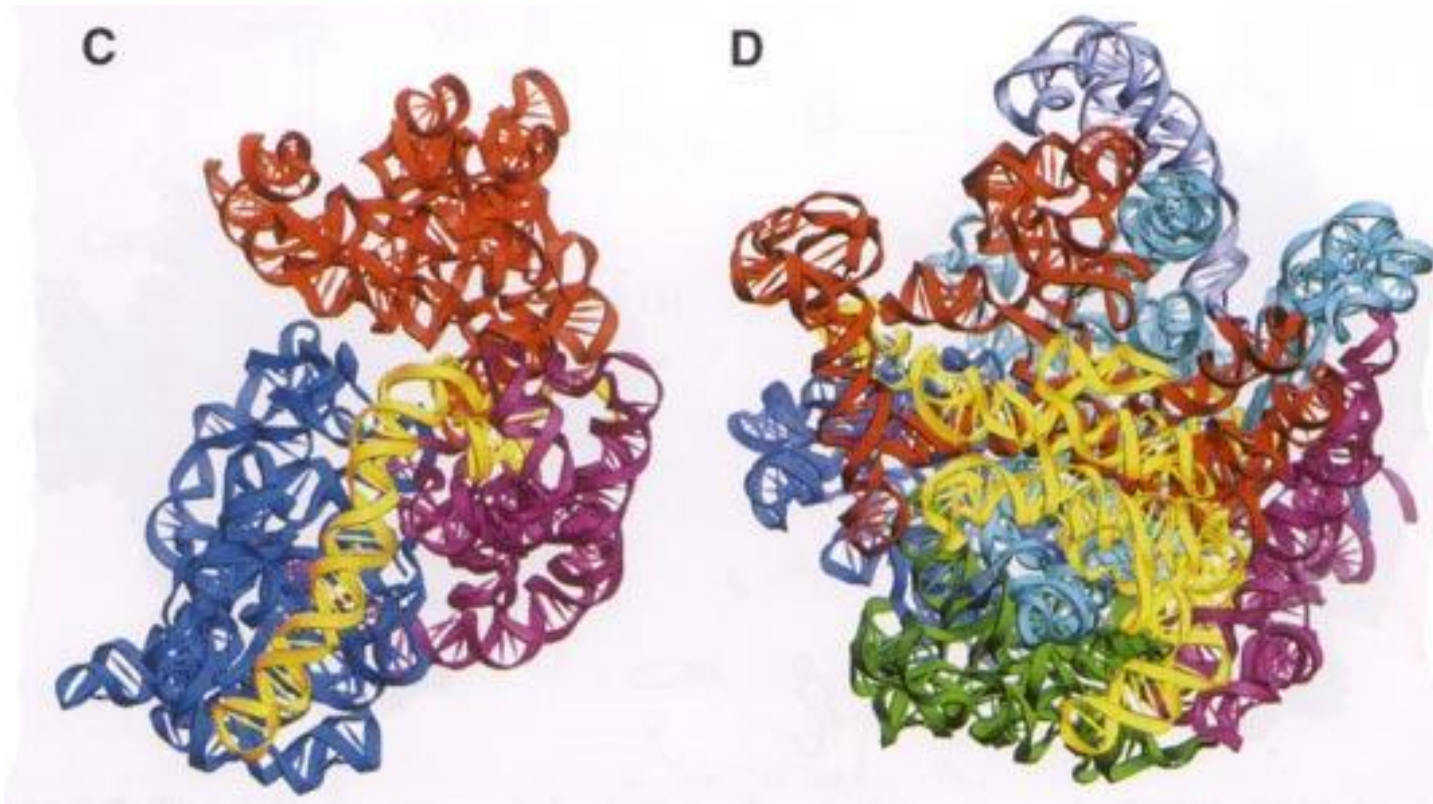
# Рибосома (большая субъединица)



# Рибосома (малая субъединица)



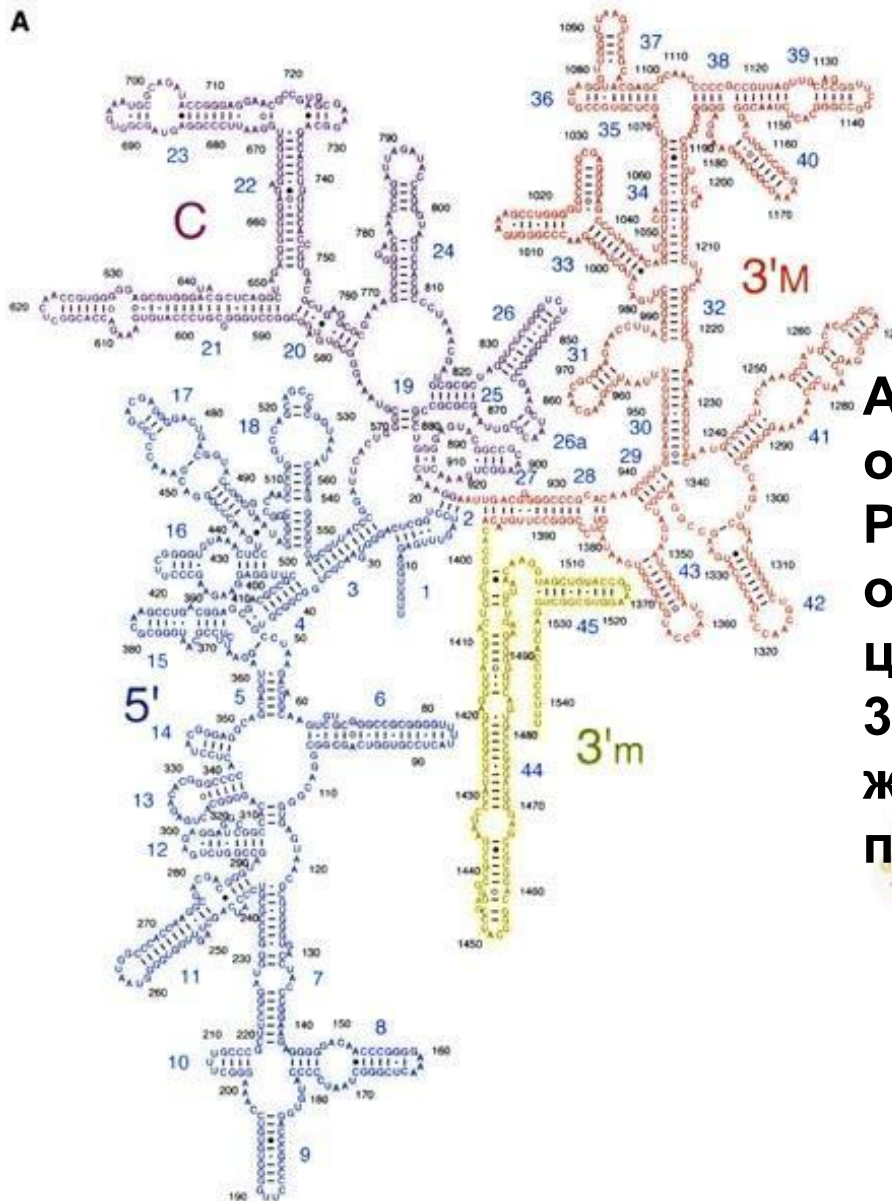
## СТРУКТУРА РИБОСОМАЛЬНОЙ РНК



**С. Трехмерная структура рРНК малой субъединицы. Цвет доменов соответствует рис. А. Домены образуют отдельные блоки укладки.**

**Д. Трехмерная структура рРНК большой субъединицы. Цвет доменов соответствует рис.В. В процессе укладки (фолдинга) домены сильно переплетаются друг с другом.**

# СТРУКТУРА РИБОСОМАЛЬНОЙ РНК

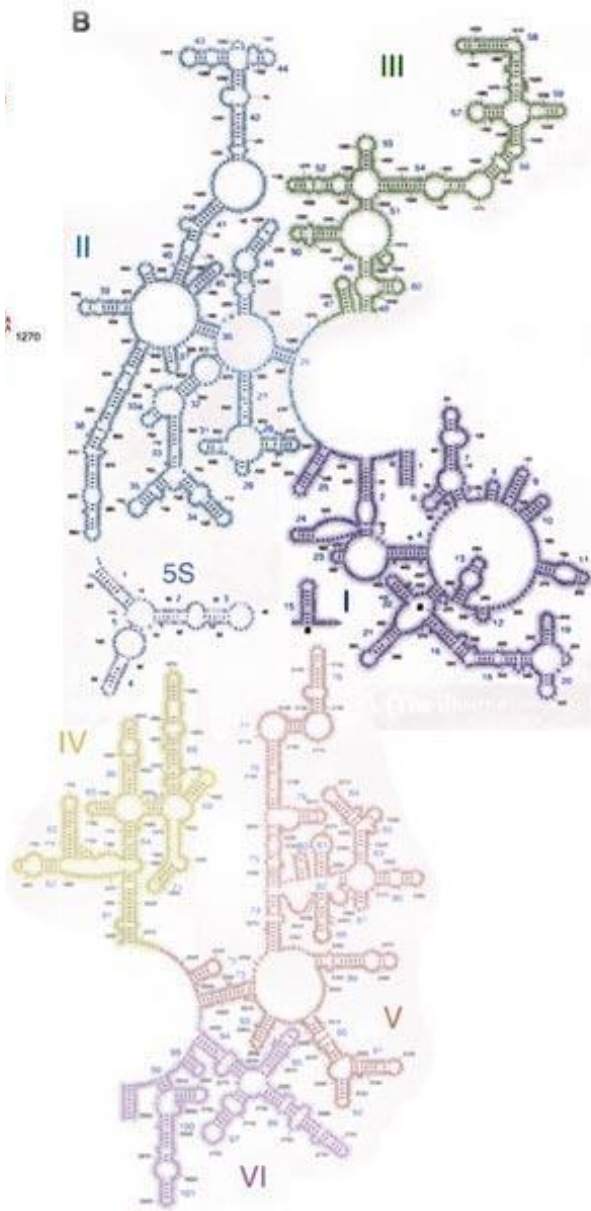


**Рибосомальная РНК составляет большую часть клеточных РНК.**

**A. Вторичная структура и доменная организация рибосомальной 16S РНК *T. Thermophilus*. 5'-домен обозначен синим цветом, центральный — фиолетовым, 3'-major — красным и 3'-minor — желтым. Спиральные участки пронумерованы от 1 до 45.**



## СТРУКТУРА РИБСОМАЛЬНОЙ РНК



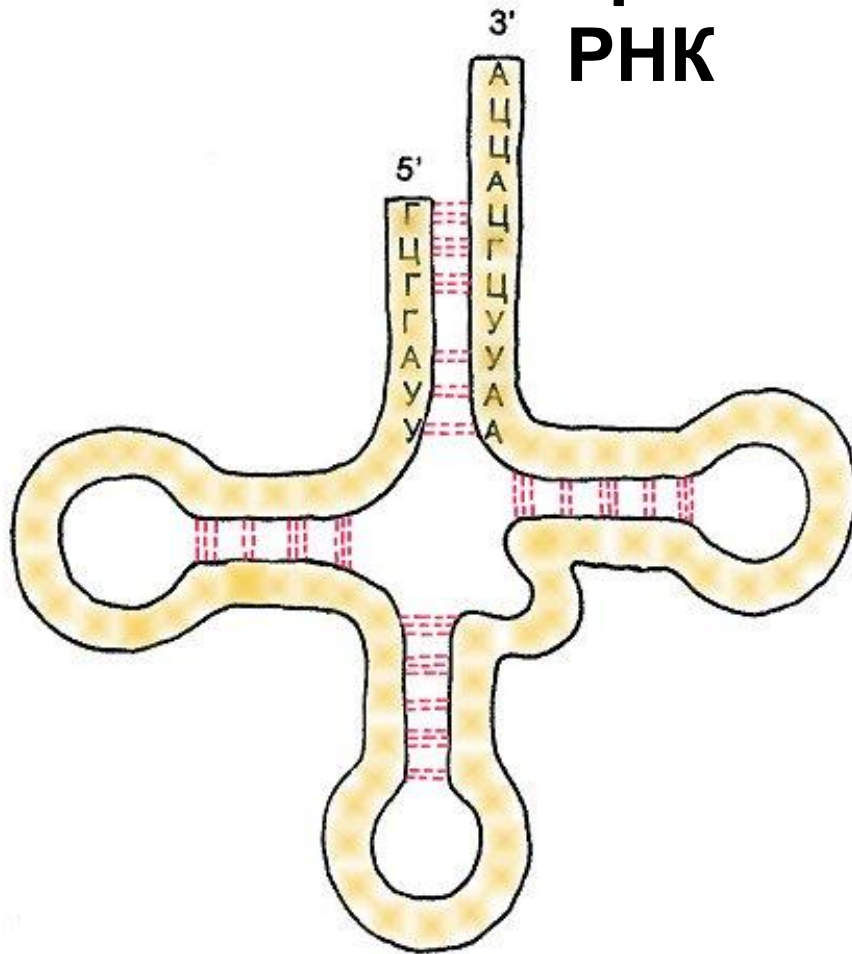
**В. Вторичная структура и доменная организация 16S и 5S РНК *T. thermophilus*. Шесть доменов обозначены разными цветами. спиральные участки пронумерованы от 1 до 101.**

## Транспортная РНК

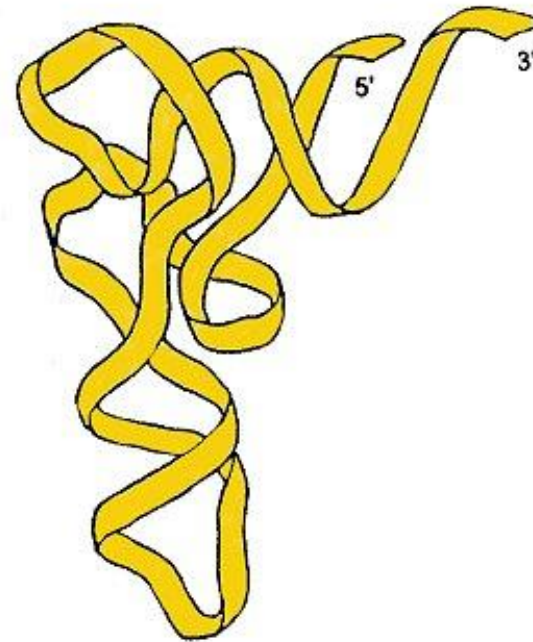
**Транспортные РНК доставляют аминокислоты к месту синтеза белка.**

**Транспортные РНК обладают вторичной структурой, напоминающей лист клевера. Это частично спирализованная одинарная полинуклеотидная цепь.**

# Транспортная РНК



Структура молекулы тРНК с водородными связями, похожая на клеверный лист. Первичная последовательность указана только для части молекулы



Третичная структура

## *Транспортная РНК*

**Участки спирализации “шпильки” удерживаются за счет водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями:**

**гуанин-цитозин                      аденин-урацил.**

**Участки, не вовлекаемые в образование водородных связей, образуют петли.**

**Антикодоновая петля содержит триплет нуклеотидов – антикодон, который соответствует кодону матричной РНК.**

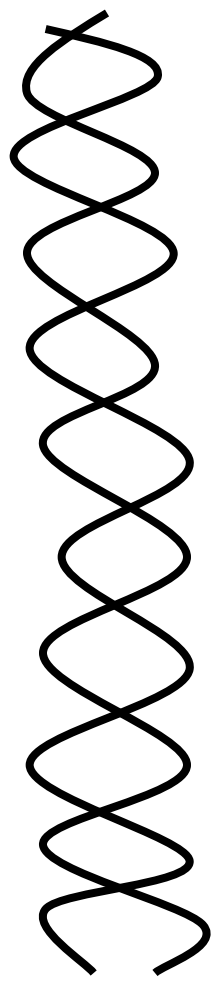


# Транскрипция

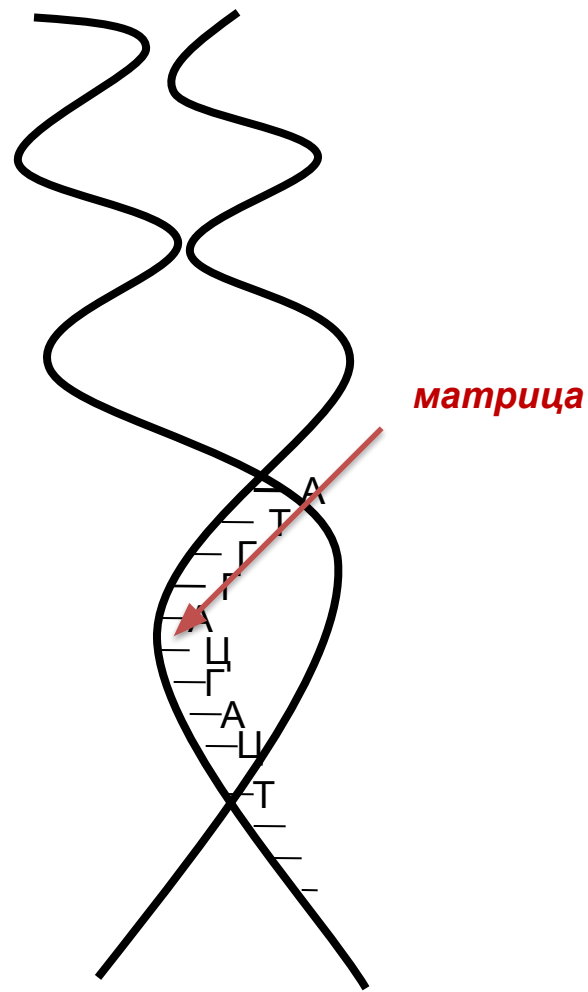
Первый этап биосинтеза белка - транскрипция.

**Транскрипция** — это переписывание информации с последовательности нуклеотидов ДНК в последовательность нуклеотидов РНК.

В определенном участке ДНК под действием ферментов белки-гистоны отделяются, водородные связи рвутся, и двойная спираль ДНК раскручивается. Одна из цепочек становится **матрицей** для построения мРНК.

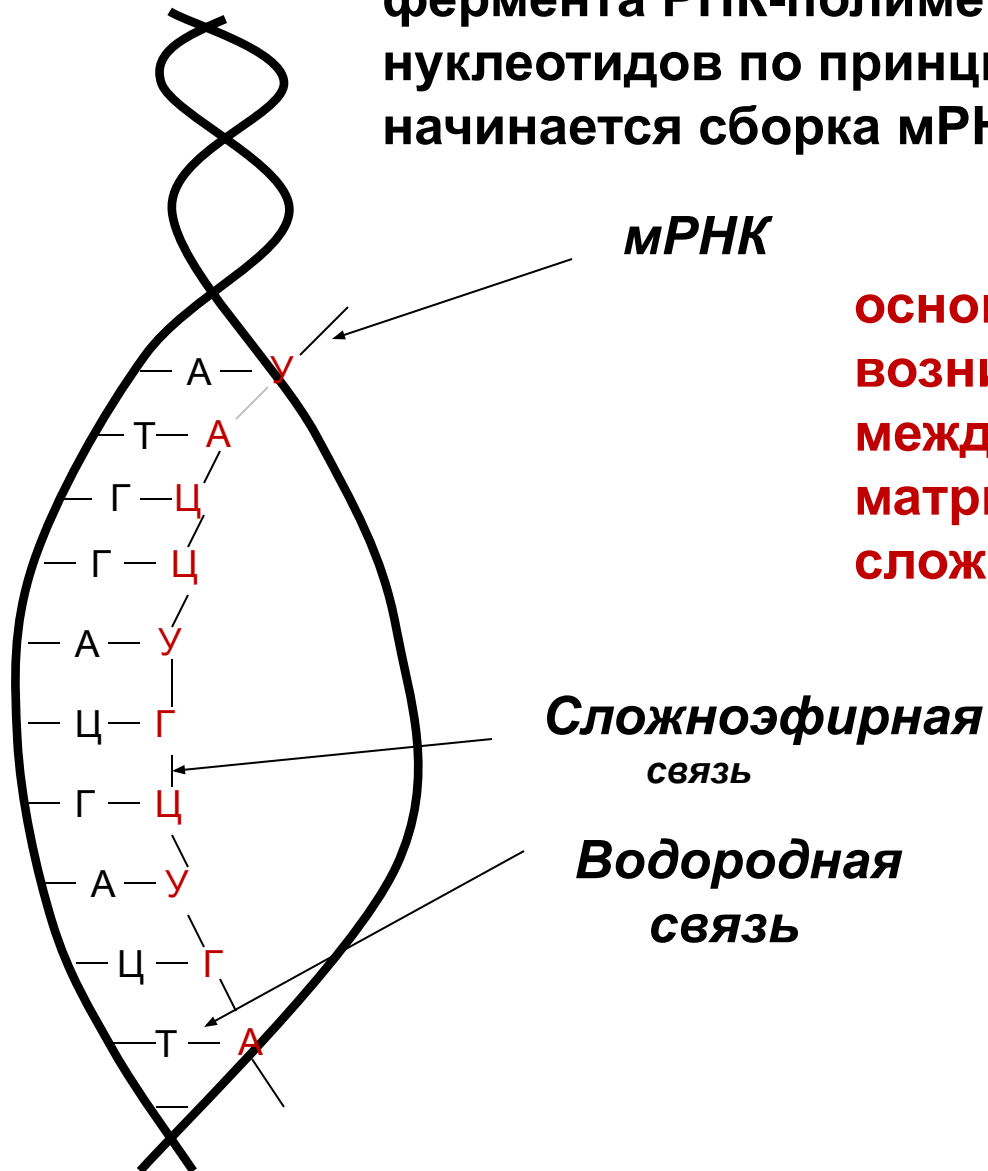


ДНК



## Транскрипция

Затем на основе матрицы под действием фермента РНК-полимеразы из свободных нуклеотидов по принципу комплементарности начинается сборка мРНК.



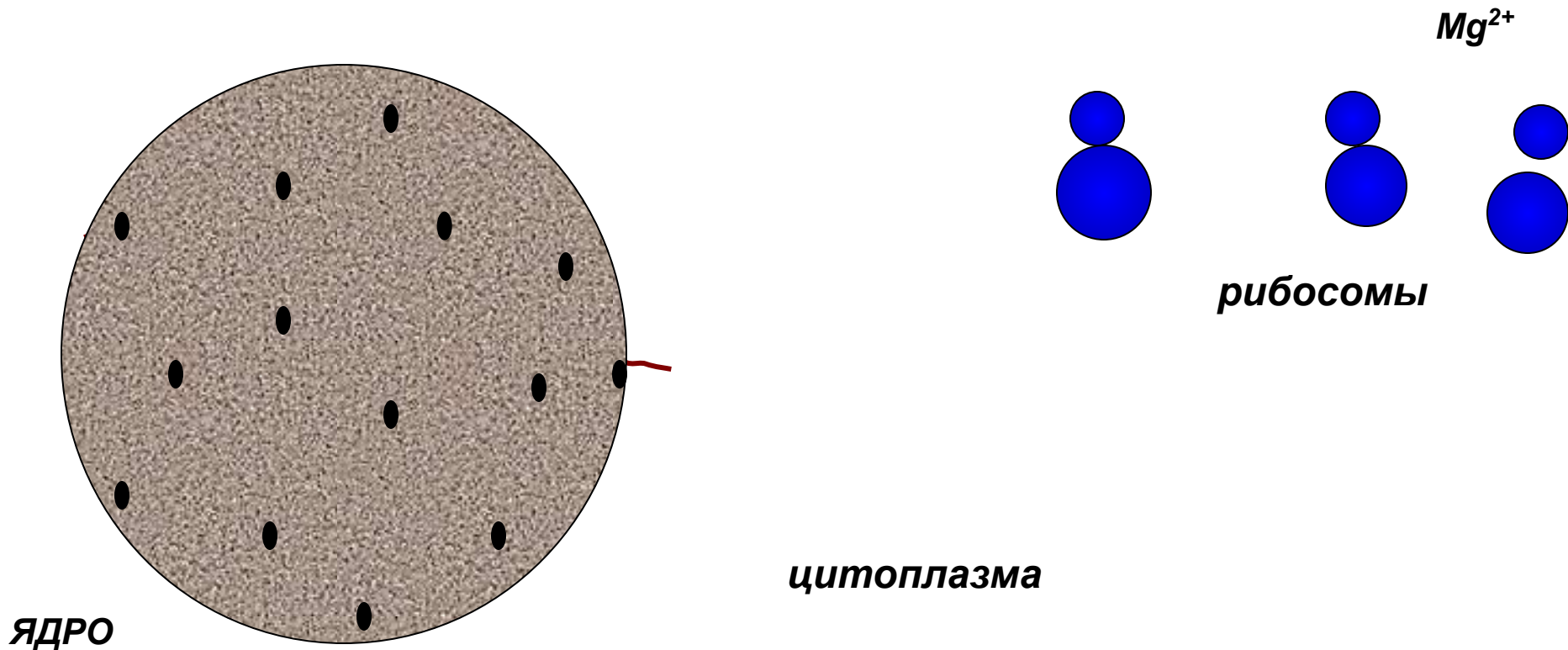
Между азотистыми основаниями ДНК и РНК возникают водородные связи, а между нуклеотидами самой матричной РНК образуются сложноэфирные связи.

Сложноэфирная  
связь

Водородная  
связь

## Транскрипция

После сборки мРНК водородные связи между азотистыми основаниями ДНК и мРНК рвутся, и новообразованная мРНК через поры в ядре уходит в цитоплазму, где прикрепляется к рибосомам. А две цепочки ДНК вновь соединяются, восстанавливая двойную спираль, и опять связываются с белками-гистонами.

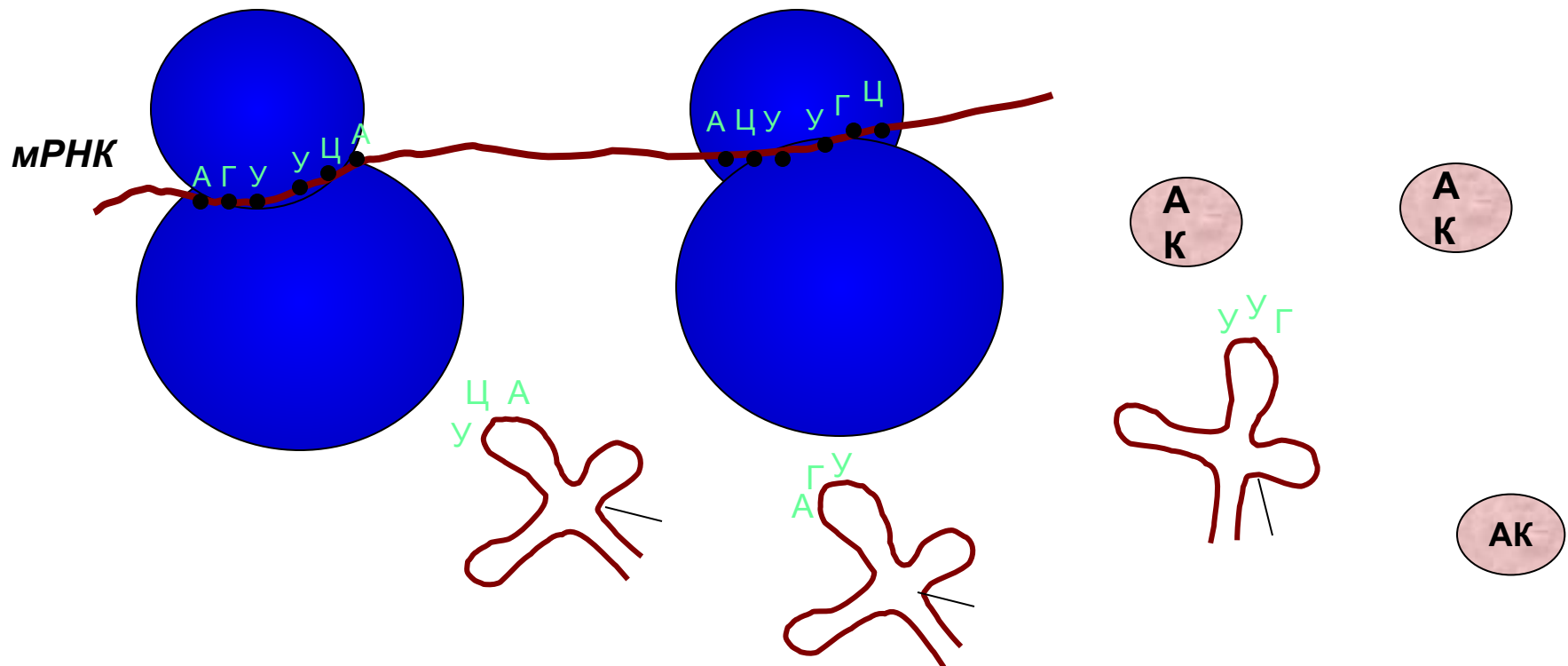


# Трансляция

Второй этап биосинтеза – трансляция.

*Трансляция – перевод последовательности нуклеотидов в последовательность аминокислот белка.*

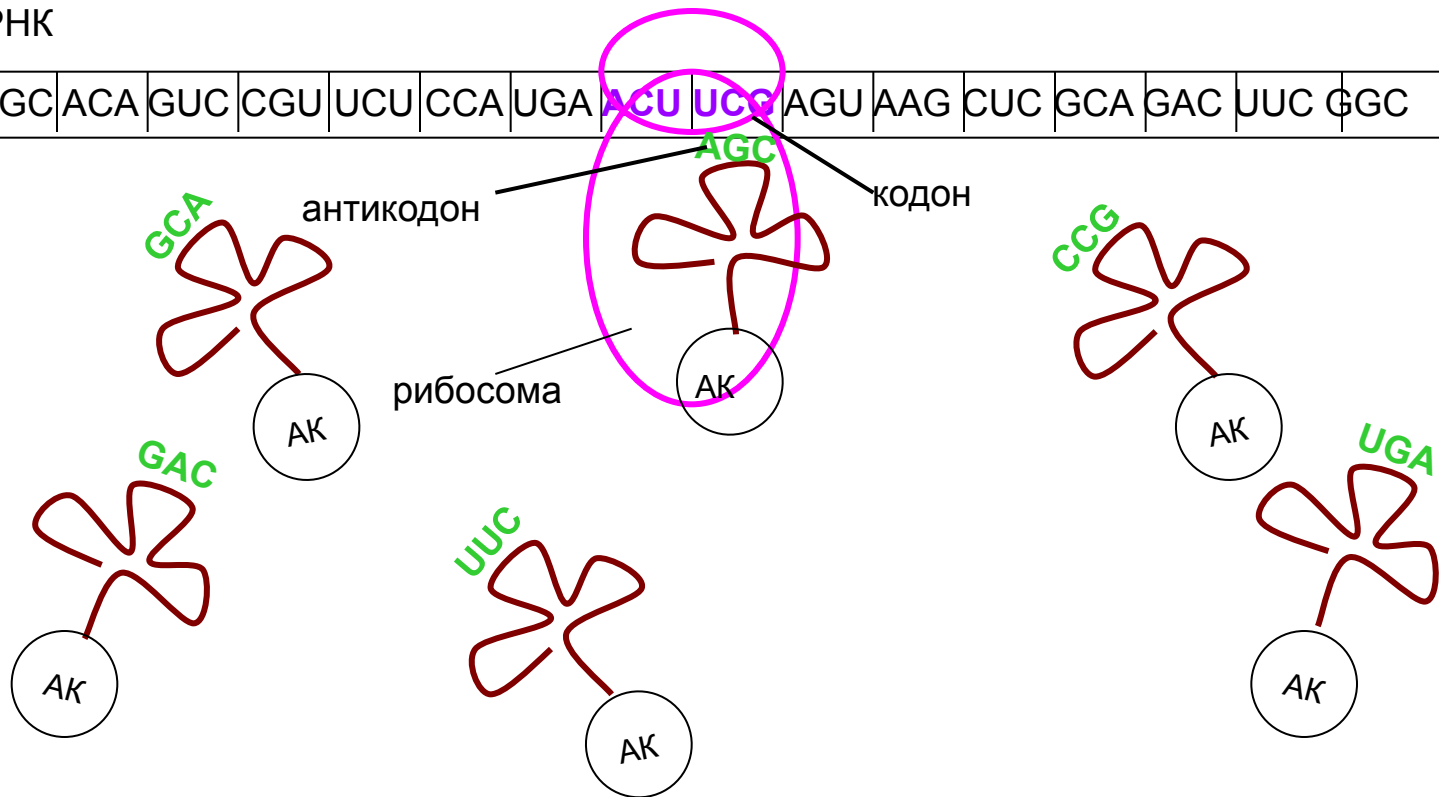
В цитоплазме аминокислоты под строгим контролем ферментов аминоацил-тРНК-синтетаз соединяются с тРНК, образуя аминоацил-тРНК.



# Трансляция

Это очень видоспецифичные реакции: определенный фермент способен узнавать и связываться с соответствующей тРНК только свою аминокислоту.

мРНК

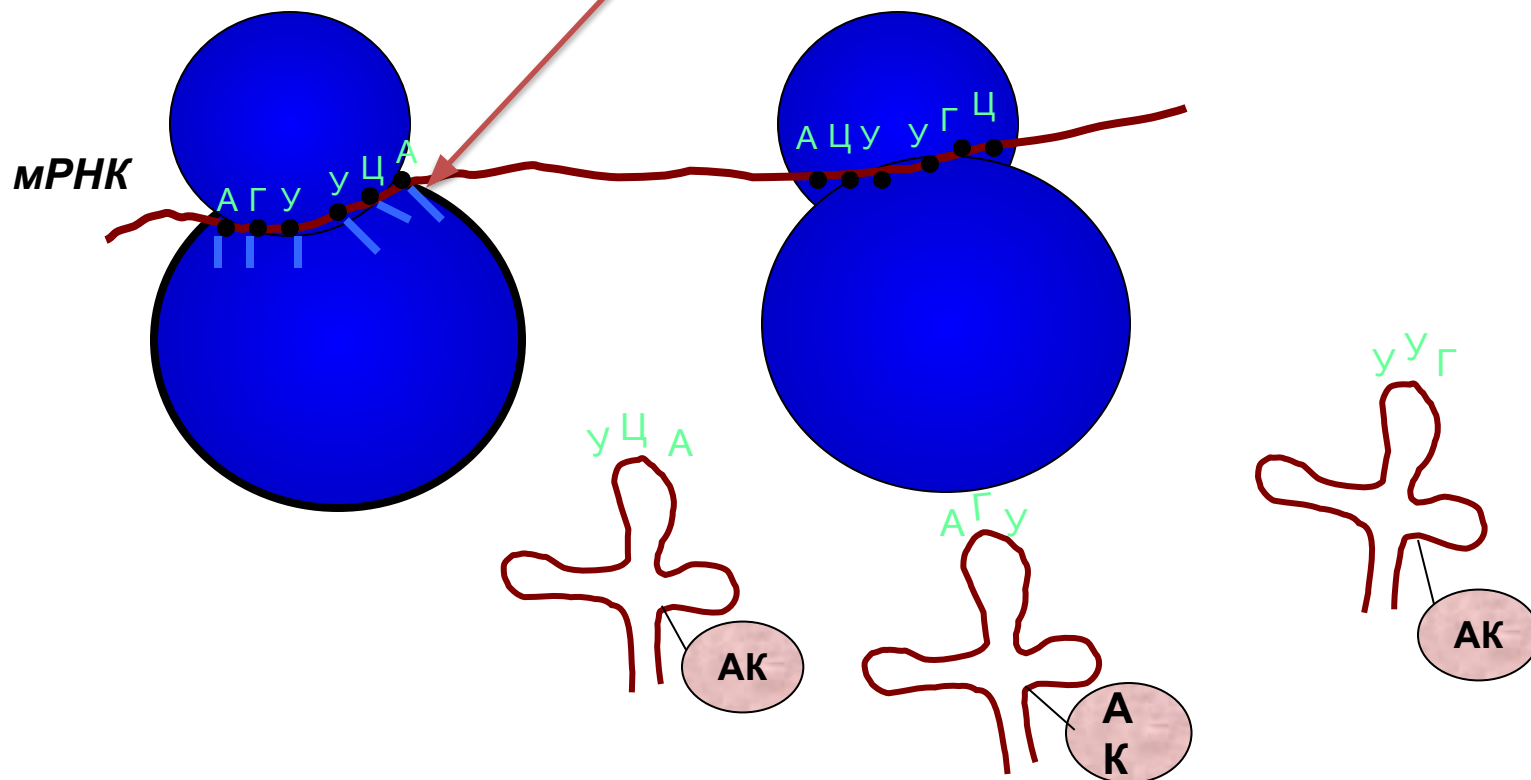


Далее тРНК движется к мРНК и связывается комплементарно своим антикодоном с кодоном мРНК. Затем второй кодон соединяется с комплексом второй аминоксил-тРНК, содержащей свой специфический антикодон.

*Антикодон* – триплет нуклеотидов на вершुшке тРНК.

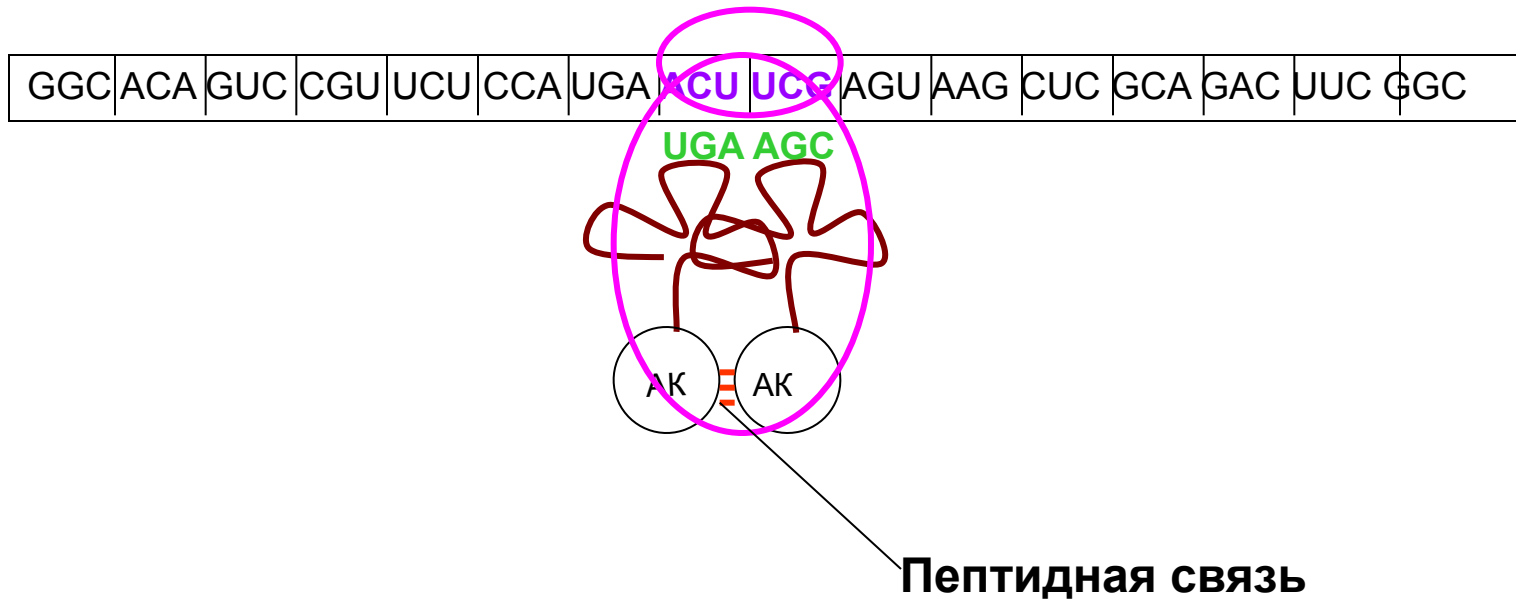
*Кодон* – триплет нуклеотидов на мРНК.

*Водородные связи между комплементарными нуклеотидами*



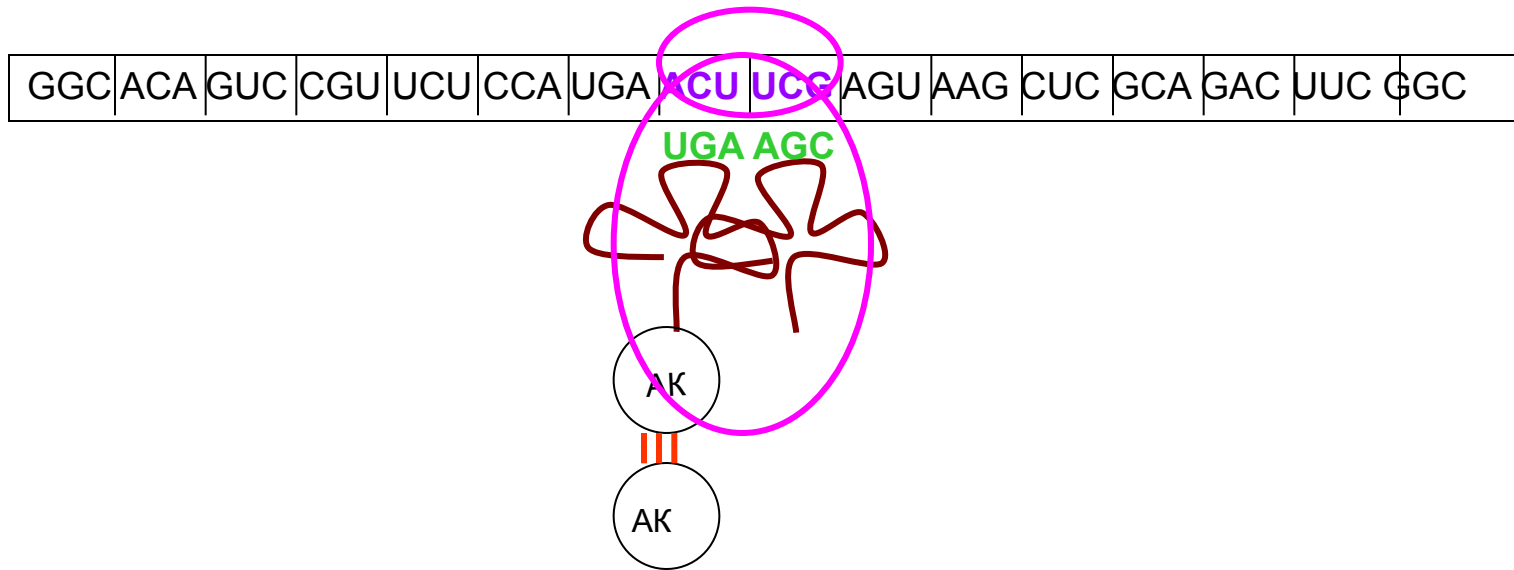
## Трансляция

После присоединения к мРНК двух тРНК под действием фермента происходит образование пептидной связи между аминокислотами.



# Трансляция

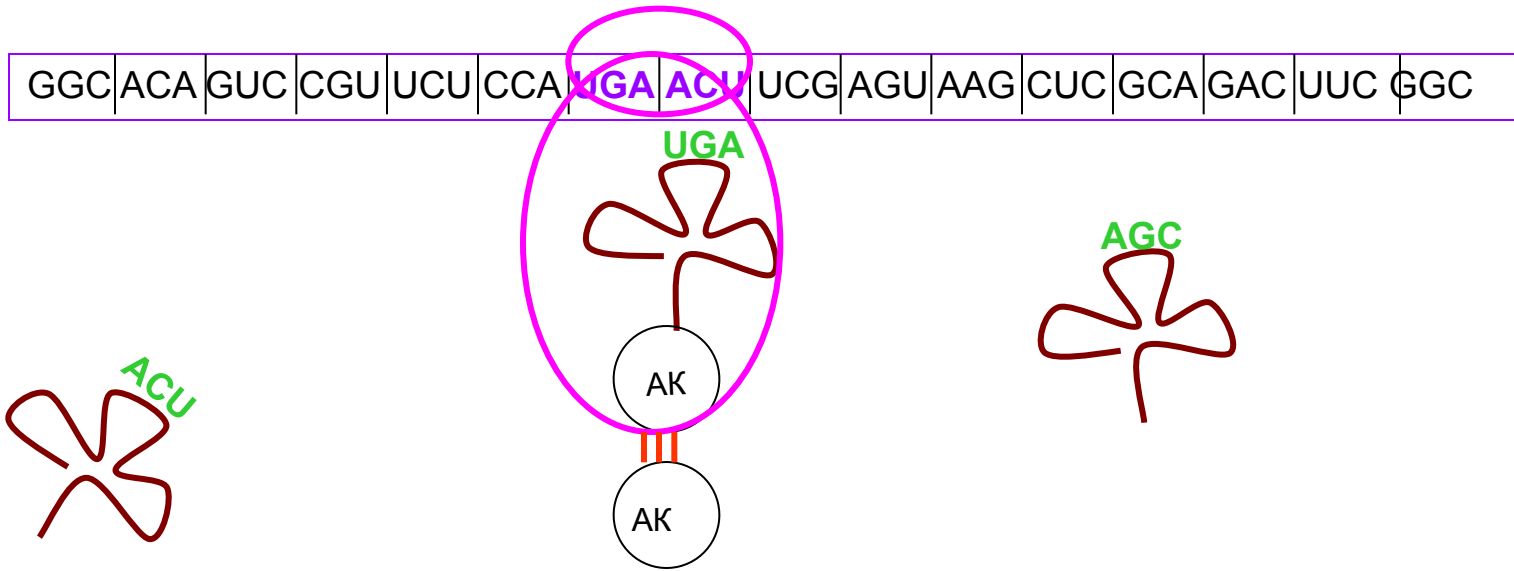
Первая аминокислота перемещается на вторую тРНК.





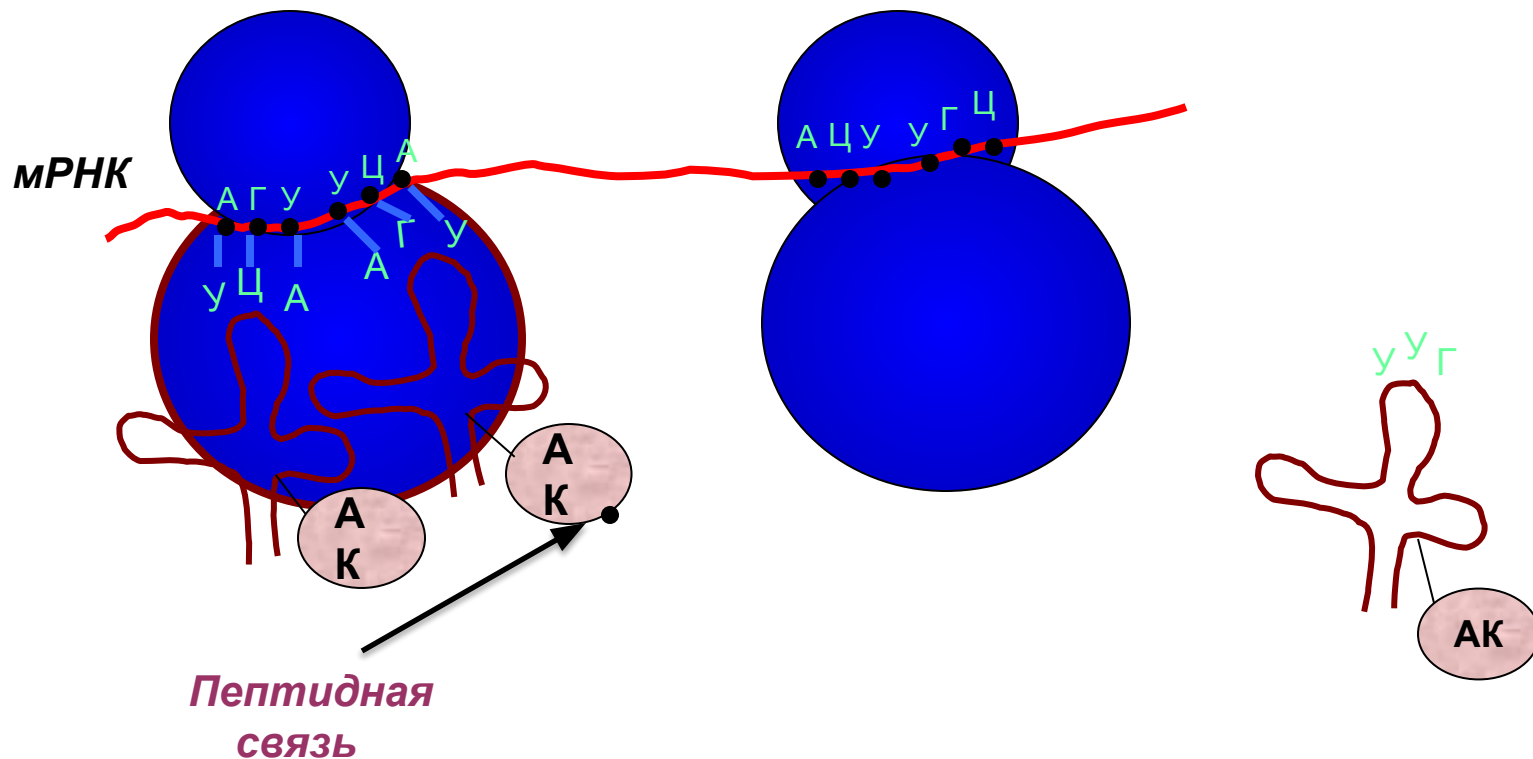
# Трансляция

**А освободившаяся первая тРНК уходит.**



## Трансляция

После этого рибосома передвигается по нити для того, чтобы поставить на рабочее место следующий кодон.



## Трансляция

Такое последовательное считывание рибосомой заключенного в мРНК «текста» продолжается до тех пор, пока процесс не доходит до одного из стоп-кодонов (*терминальных кодонов*). Такими триплетами являются триплеты УАА, УАГ, УГА.



# Трансляция

*Функция рибосом заключается в узнавании трехнуклеотидных кодонов мРНК, сопоставлении им соответствующих антикодонов тРНК, несущих аминокислоты, и присоединении этих аминокислот к растущей белковой цепи. Двигаясь вдоль молекулы мРНК, рибосома синтезирует белок в соответствии с информацией, заложенной в молекуле мРНК.*

# Генетический код

	U	C	A	G	
U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG } Trp	U C A G
C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met*	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

# Свойства генетического кода

1) **Триплетность:** одна аминокислота кодируется тремя нуклеотидами. Эти 3 нуклеотида в ДНК называются триплет, в мРНК – кодон, в тРНК – антикодон.

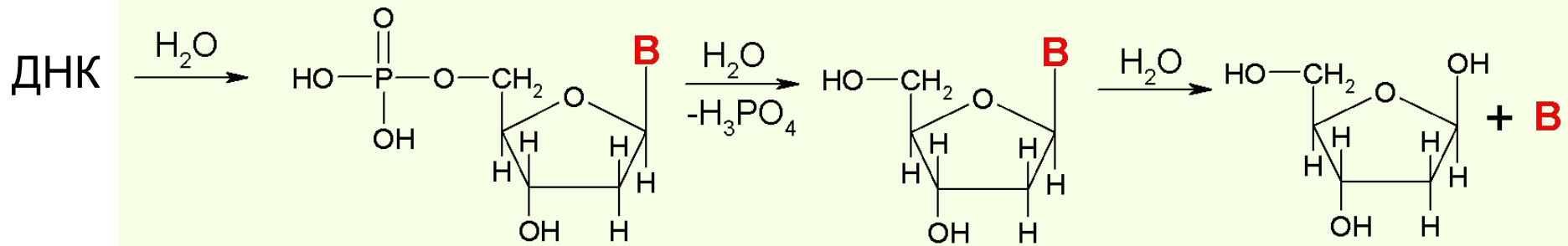
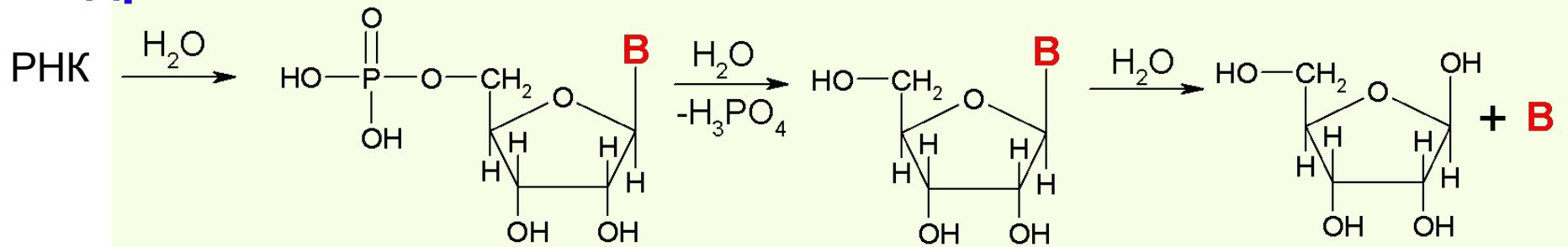
2) **Избыточность:** аминокислот всего 20, а триплетов, кодирующих аминокислоты – 61, поэтому каждая аминокислота кодируется несколькими триплетами.

3) **Однозначность:** каждый триплет (кодон) кодирует только одну аминокислоту.

4) **Универсальность:** генетический код одинаков для всех живых организмов на Земле.

# Химические свойства нуклеиновых кислот

## Гидролиз



нуклеотиды

нуклеозиды

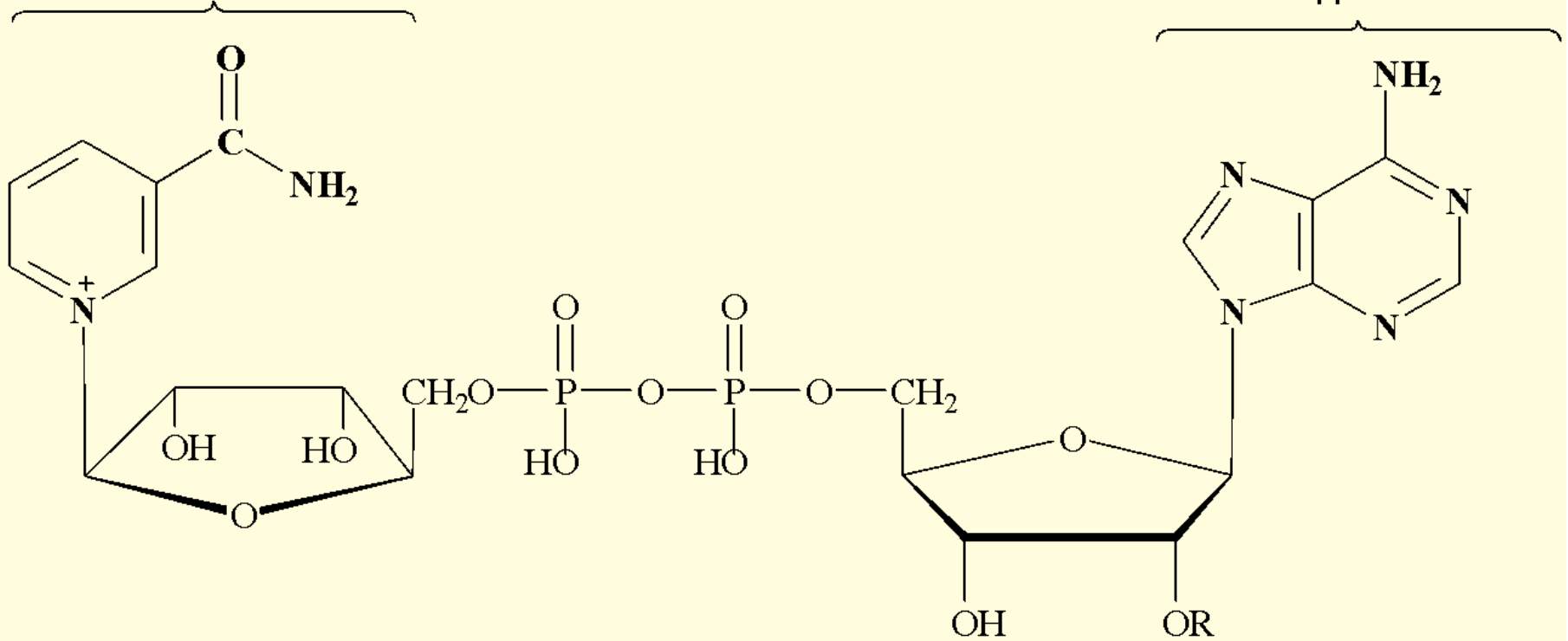
пентоза

нукл.  
осн.

# Никотинамидадениндинуклеотид

Никотинамид

Аденин

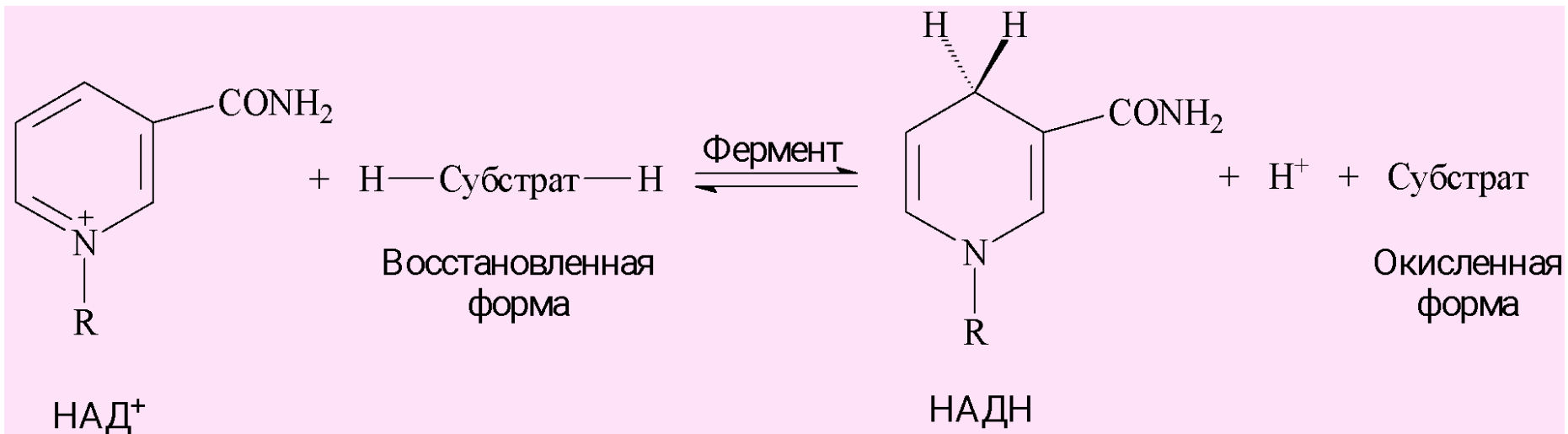


$R=H$       Никотинамидадениндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>)

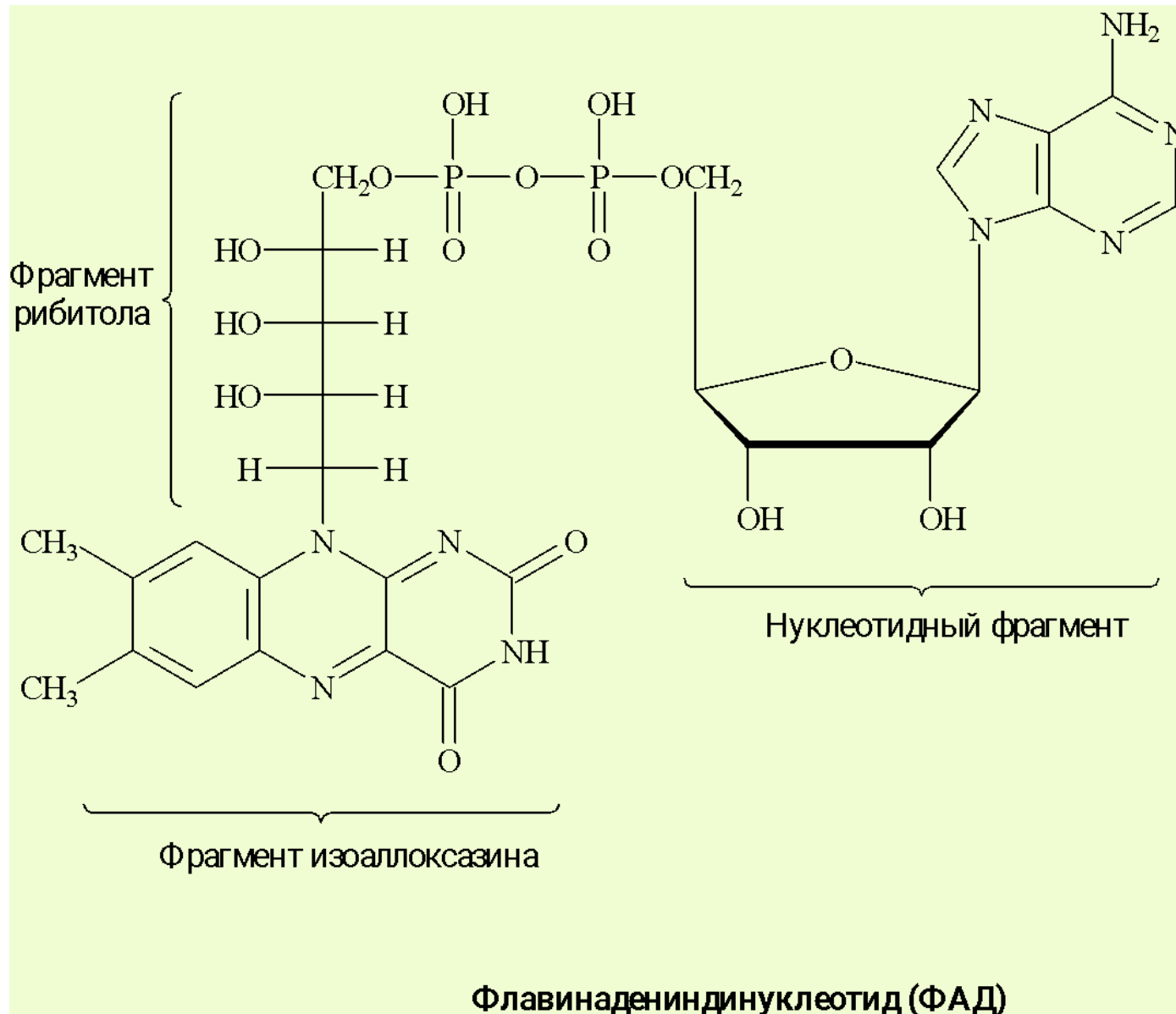
$R=PO_3H_2$       Никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ<sup>+</sup>)



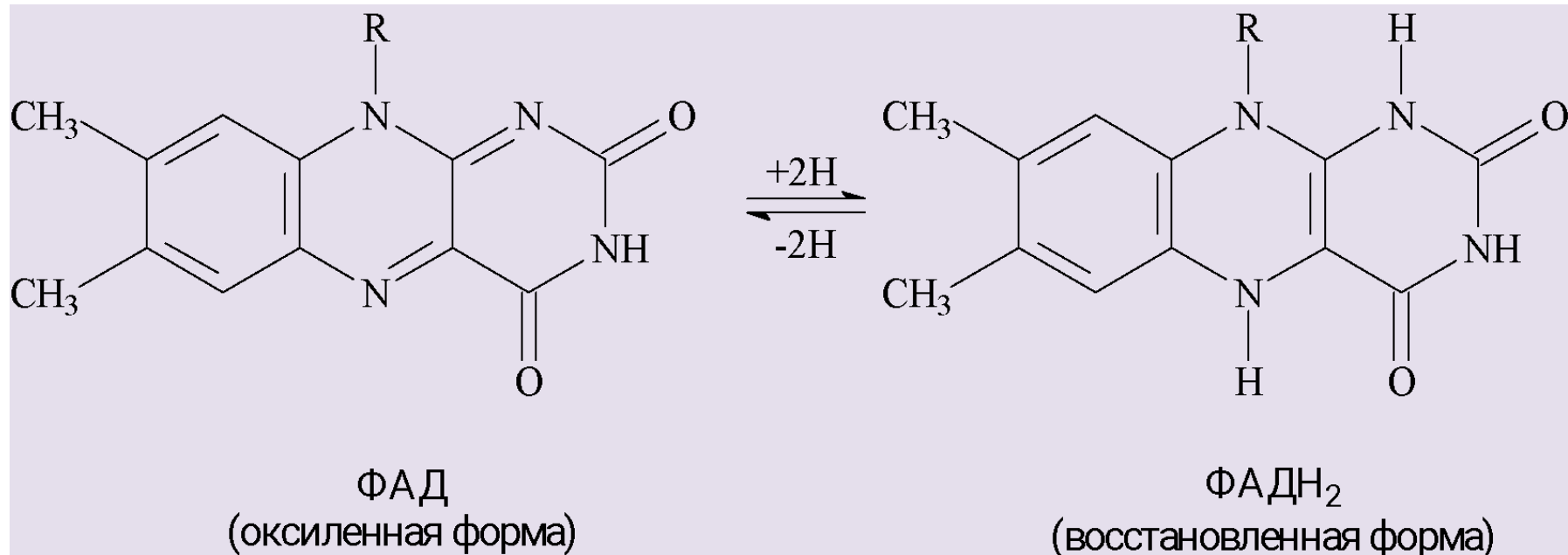
# Никотинамидадениндинуклеотид



# Флавинадениндинуклеотид



## Флавинадениндинуклеотид



**Благодарю  
за Ваше внимание!**