

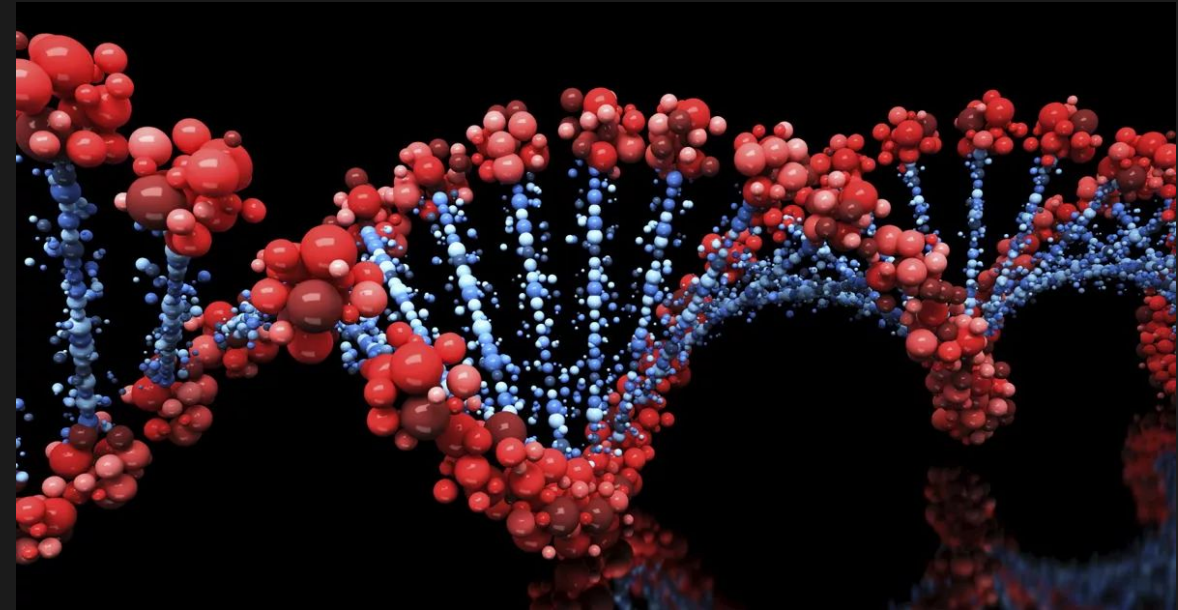


# ДНК. Формы ДНК.

Студентка 1 курса магистратуры ВБФ Грачева Анастасия

# ДНК

(дезоксирибонуклеиновая кислота)  
Линейный нерегулярный  
гетерополимер  
дезоксирибонуклеозидов,  
соединенных фосфодиэфирной  
связью. Двойная спираль, цепи  
которой соединены водородными  
связями между  
комплементарными азотистыми  
основаниями.\*



Использованные материалы: Материалы лекции №1  
по молекулярной биологии. Лектор к.б.н. Карпов Д.С.\*

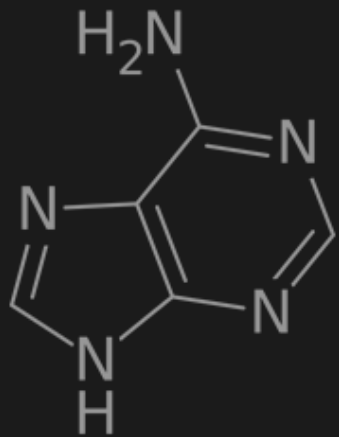
# Свойства ДНК

1. Двойная спираль
2. Цепи полярны
3. Цепи антипараллельны
4. Цепи комплементарны
5. Большая и малая бороздки двойной спирали

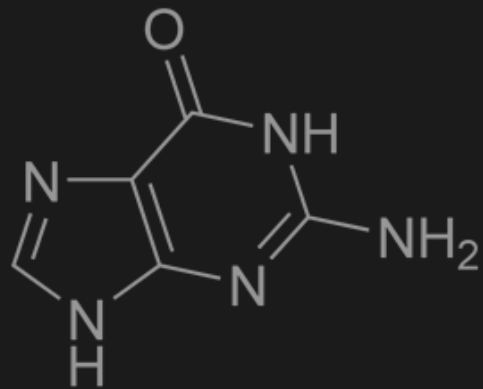


# Азотистые основания ДНК

## Пуриновые

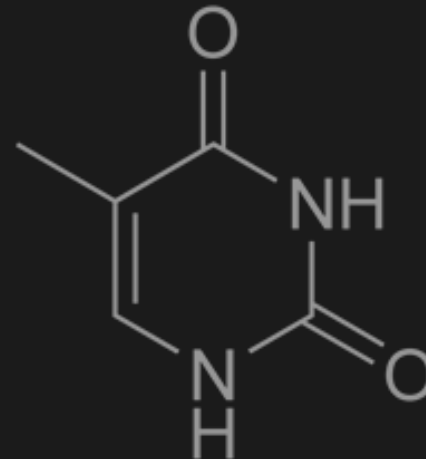


Аденин

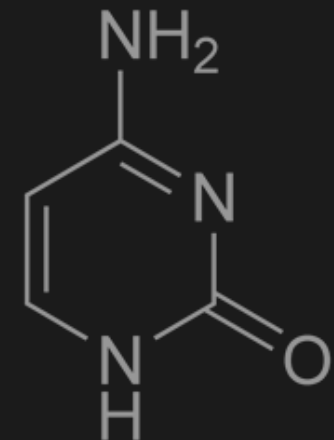


Гуанин

## Пиримидиновые



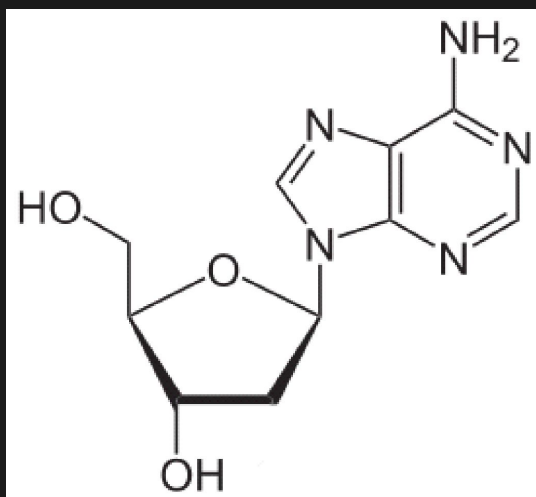
Тимин



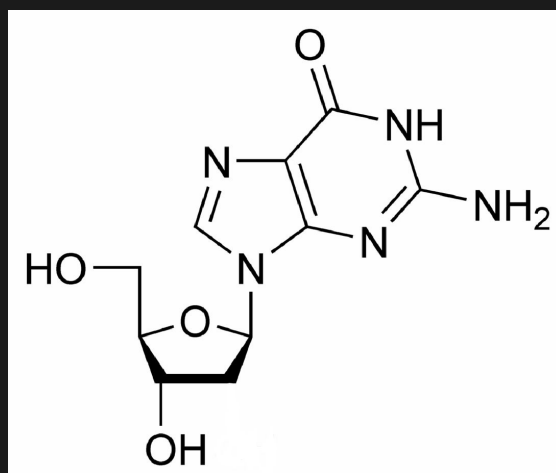
Цитозин



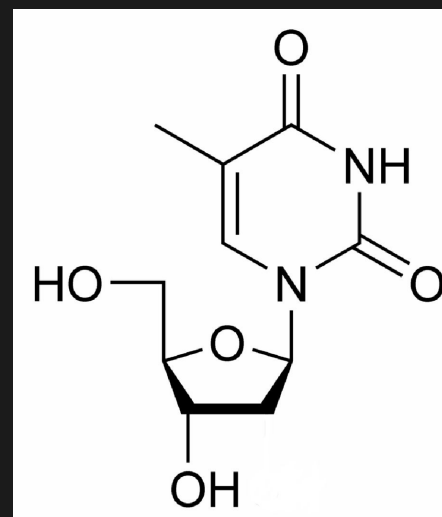
# Дезоксирибонуклеозиды



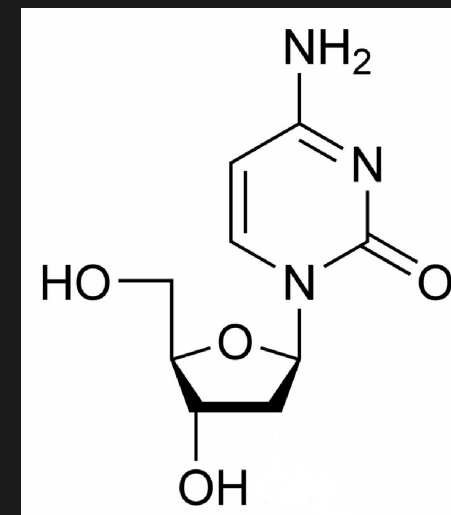
Дезоксирибоаденозин



Дезоксирибогуанозин

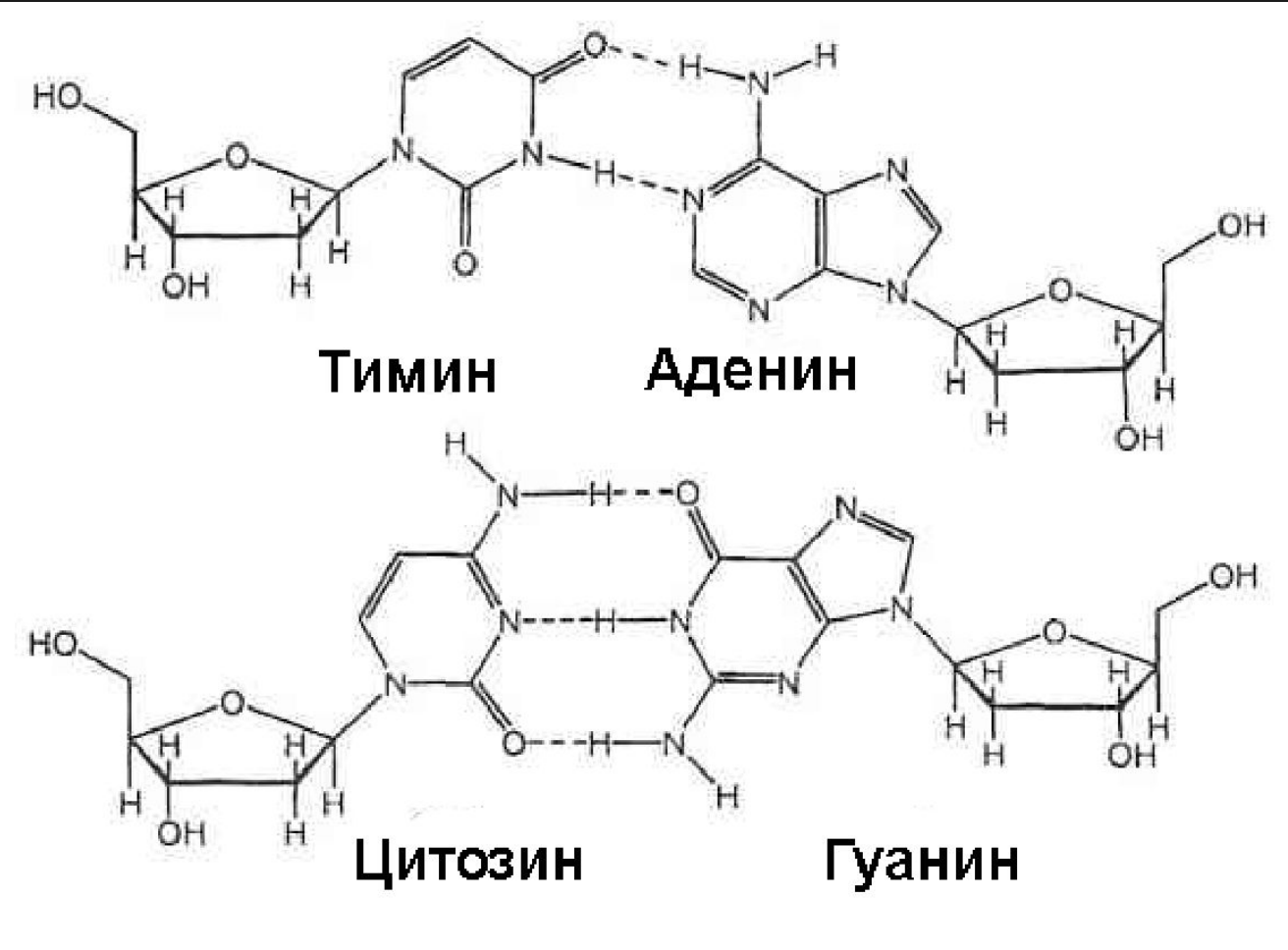


Дезоксириботимидин



Дезоксирибоцитидин

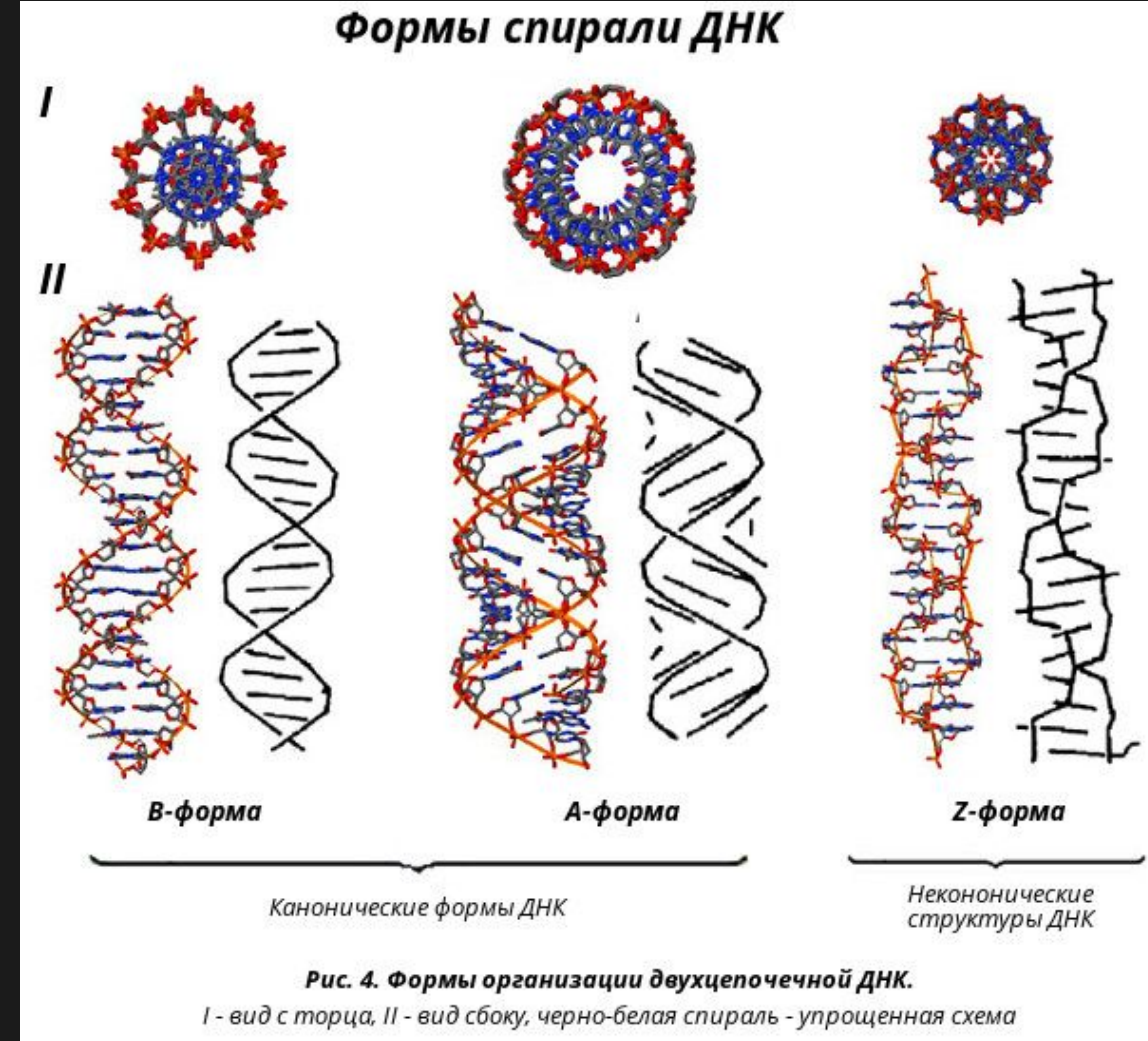
# Комплементарные основания:



# Формы ДНК

Использованные материалы: материалы лекции №2 «Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот».  
Лектор: к.б.н. Скоблов М.Ю.\*

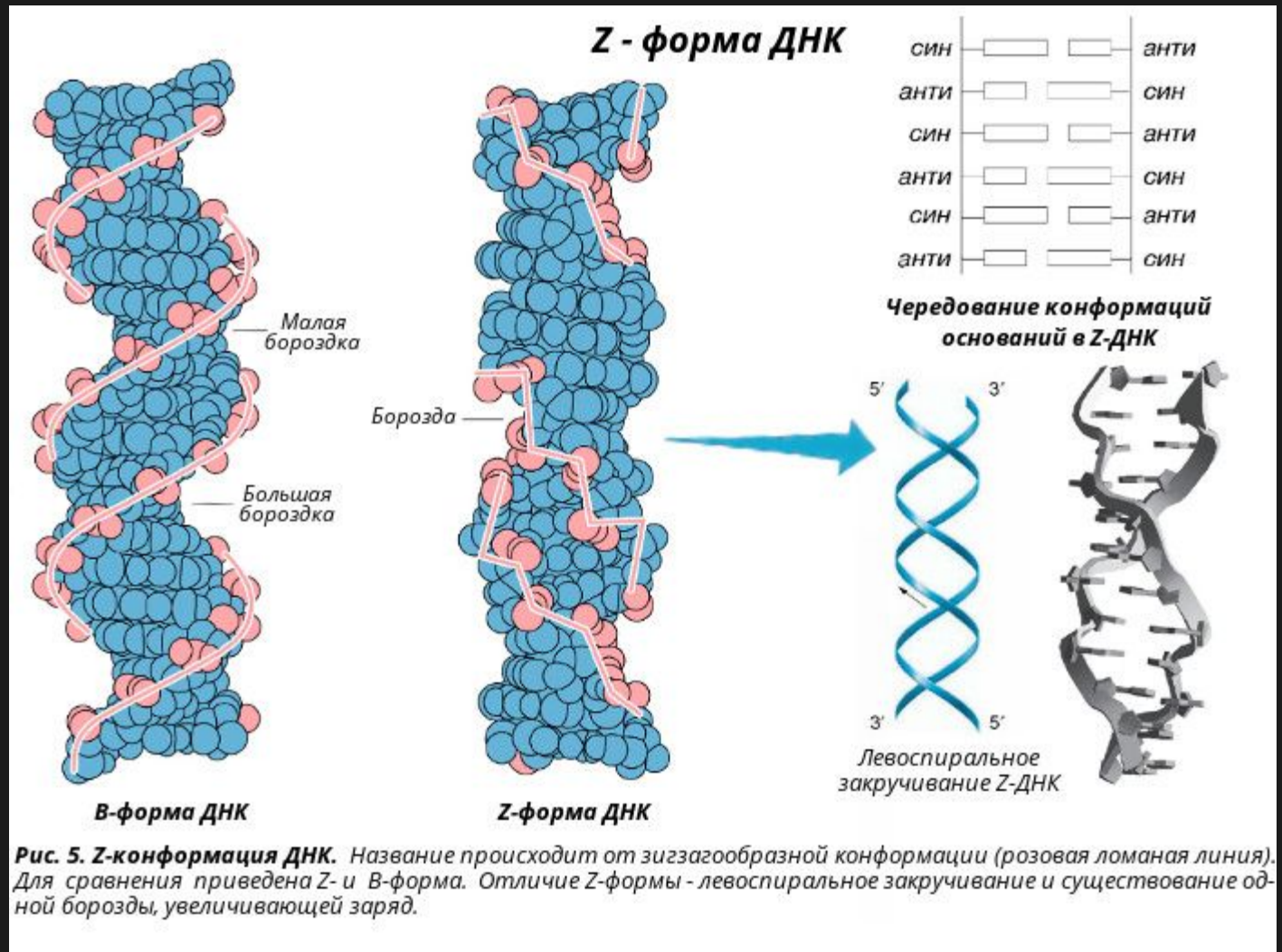
Параметры	В-форма	А-форма	С-форма	Z-форма
спираль	правозакручена	правозакручена	правозакручена	левозакручена
ед. повтора	1 пн	1пн	1пн	2пн
пн в обороте	10,4	10,7	9,3	12
диаметр	23,7А	25,5А		18,4А
вращение/пн	35,9	33,6	38,7	60/2
наклон пн к оси	-1,2	+19		-9
раст. м-у пн вдоль оси	0.332 нм	0.23 нм		0.38 нм
длина оборота	34А	28А	31А	34,4А



В-ДНК - основное состояние ДНК показанное на кристаллах и в водных растворах.  
С-ДНК - форма существующая при пониженной концентрации Na и влажности 44-66%, если GC=31-72%.  
А-ДНК - форма ДНК-РНК гибридов.  
Z-ДНК - левозакрученная форма. Переходу В->Z способствует наличие GC-5' последовательности являющейся местом метилирования у организмов. Z-ДНК обнаружена в междисках политенных хромосом *D. melanogaster* (дрозофила фруктовая).

# Z-форма ДНК

Z-форма ДНК - это левозакрученная двойная спираль, в которой фосфодиэфирный остов расположен зигзагообразно вдоль оси молекулы. Отсюда и название молекулы (zigzag)-ДНК. Z-ДНК - наименее скрученная (12 пар оснований на виток) и наиболее тонкая из известных в природе. Расстояние между соседними нуклеотидами составляет 0,38 нм, длина витка – 4,56 нм, диаметр Z-ДНК – 1,8 нм. Кроме того, внешний вид этой молекулы ДНК отличается наличием одной бороздки.





# Палиндромы

Палиндромы (перевертыши) - наиболее известные и часто встречающиеся в ДНК последовательности оснований. Палиндромом называют слово или фразу, которое читается слева направо и наоборот одинаково. Примерами таких слов или фраз являются: ШАЛАШ, КАЗАК, ПОТОП, А РОЗА УПАЛА НА ЛАПУ АЗОРА. В применении к участкам ДНК данный термин (палиндром) означает одинаковое чередование нуклеотидов вдоль цепи справа налево и слева направо (подобно буквам в слове "шалаш" и пр.).

**Палиндромы** - специфические последовательности в двухцепочечной ДНК, которые обладают симметрией второго порядка. Симметрия второго порядка означает, что при повороте двухцепочечной последовательности на  $180^\circ$  относительно оси перпендикулярной к плоскости, в которой расположены основания, их положения в двух цепях ДНК не изменятся. Для наложения одного повтора на другой его необходимо вначале повернуть на  $180^\circ$  относительно горизонтальной оси, а затем на  $180^\circ$  относительно вертикальной оси (как это показано цветными стрелками).

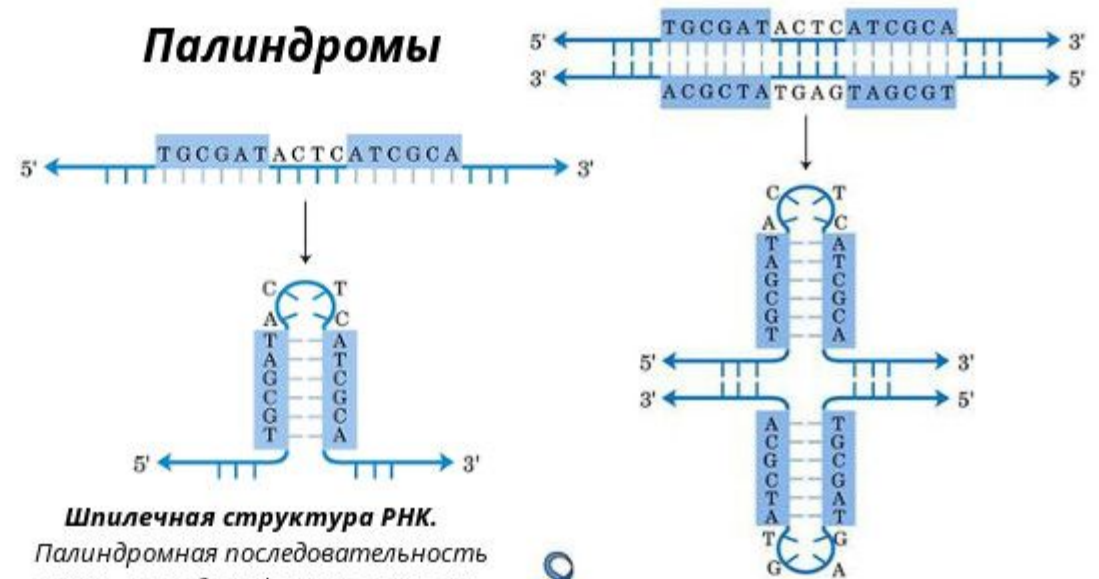


**Зеркальные повторы** - специфические последовательности, отличающиеся симметрией в каждой цепи ДНК.



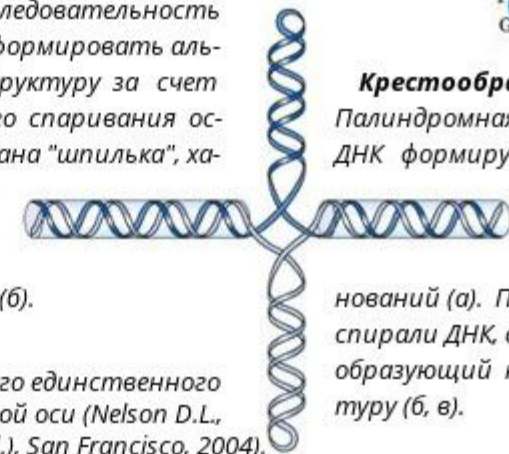
Для наложения одного повтора на другой достаточно одного единственного поворота последовательности на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси (Nelson D.L., Cox M.M., Lehninger Principles of Biochemistry, W.H. Freeman (ed.), San Francisco, 2004).

## Палиндромы



### Шпильчатая структура РНК.

Палиндромная последовательность в РНК, способная формировать альтернативную структуру за счет внутрицепочечного спаривания оснований (а). Показана "шпилька", характерная для одноцепочечной нуклеиновой кислоты, т.е. для РНК (б).



### Крестообразная структура ДНК.

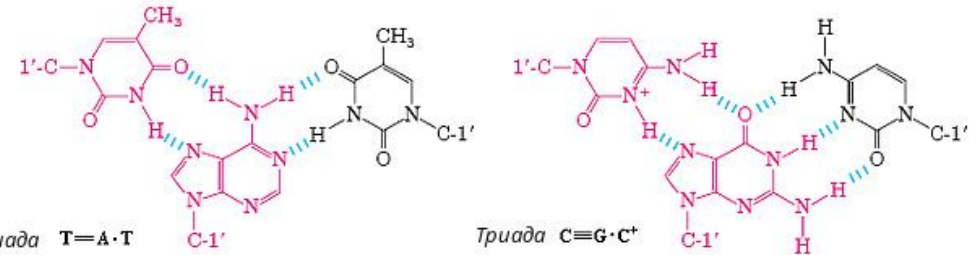
Палиндромная последовательность в ДНК формирующая альтернативную структуру за счет внутрицепочечного спаривания оснований (а). Показан участок двойной спирали ДНК, содержащий палиндром, образующий крестообразную структуру (б, в).

# H-форма ДНК

H-форма ДНК - это спираль, которую образуют три цепи ДНК - тройная спираль ДНК. Представляет собой комплекс уотсон-криковской двойной спирали с третьей одноцепочечной нитью ДНК, которая укладывается в ее большой желобок, с образованием так называемой хугстиновской пары.

Образование подобного триплекса происходит в результате сложения двойной спирали ДНК таким образом, что половина ее участка остается в виде двойной спирали, а вторая половина разъединяется. При этом одна из разъединенных спиралей образует новую структуру с первой половиной двойной спирали - тройную спираль, а вторая оказывается неструктурированной, в виде однонитевого участка.

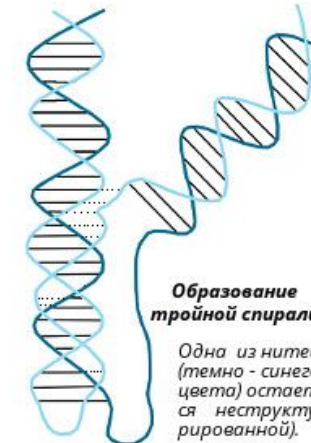
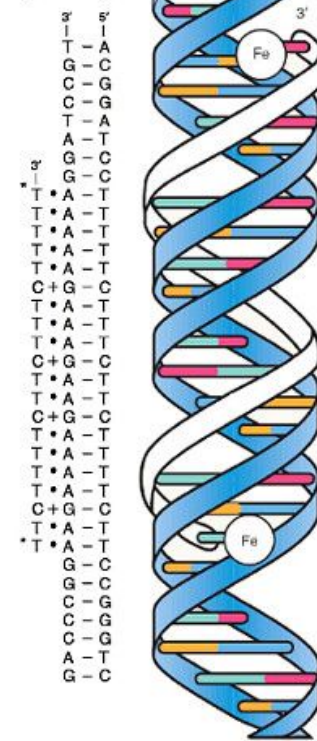
## Тройная спираль ДНК (H-форма)



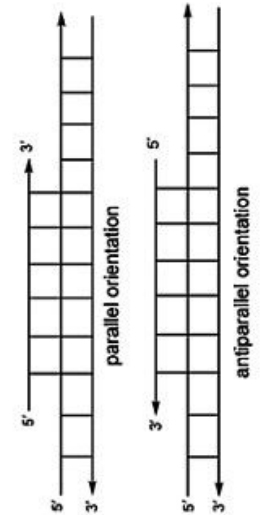
Составляющие блоки Пу-Пу-Пу триплекса - каноническая изоформная TAT и CGC триады.

Хугстиновское спаривание показано между основаниями красного цвета, Уотсон-криковское спаривание между основанием красного и черного цвета.

Пу - Пу - Пу



Сплошной черной линией показаны уотсон - криковские пары, прерывистой - хугстиновское взаимодействие в большой бороздке дуплексной ДНК при образовании триплекса.



**Ориентации спирали ДНК**  
Схематическое изображение тройной спирали ДНК, антипараллельной и параллельной ориентации.

**Тройная спираль ДНК - Пу-Пу-Пу**

Пуриновая цепь образует с пиримидиновой каноническую двойную спираль. Третья пуриновая цепь лежит в большой бороздке этой двойной спирали (отмечена белым). В подписи к рисунку уотсон-криковское взаимодействие отмечено линией, хугстиновское взаимодействие отмечено звездочкой, плюсом отмечены места протонирования для стабилизации триплекса.

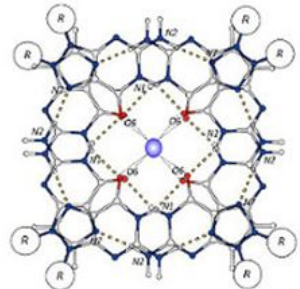


# G4-квадруплексы

G-квадруплекс - 4-х спиральная ДНК. Такая структура образуется в случае, если имеются четыре гуанина, которые образуют так называемый G-квадруплекс — хоровод из четырех гуанинов. Первые намеки на возможность образования таких структур были получены задолго до прорывной работы Уотсона и Крика — еще в 1910 году. Тогда немецкий химик Ивар Банг обнаружил, что один из компонентов ДНК — гуанозиновая кислота — при высоких концентрациях образует гели, в то время как другие составные части ДНК таким свойством не обладают.

Использованные материалы: Материалы лекции №2 «Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот». Лектор: к.б.н. Скоблов М.Ю.\*


## Guanine Quadruplexes



*Октаэдральная координация квадруплекса ионом металла, расположенным между двумя планарными плоскостями G-квартетов. Пунктирные линии указывают на ионную интеркаляцию с атомами кислорода гуанина.*

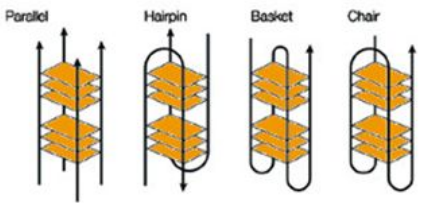
**Общее схематическое изображение G-квартета с последующим формированием G-квадруплекса из трех и шести квартетов. Координирующий ион металла между планарными плоскостями не показан.**

*к пентозе ДНК* *к пентозе ДНК*



*шпилька* *мономолекулярная* *бимолекулярная*

**Примеры организации структуры G-4 квадруплекса**

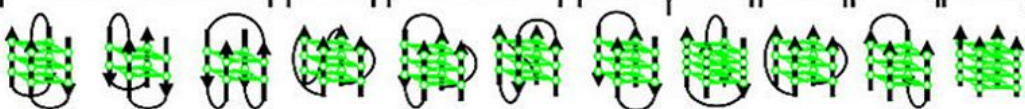


**Примеры организации структуры G-4 квадруплекса.**  
Стрелки показывают ход цепи ДНК.

**Организация G-квартета.**  
Четыре остатка гуанина образуют квадратную компланарную структуру. Каждое гетероциклическое основание является донором и акцептором водородной связи. На квартет образуется 8 водородных связей. На рисунке показана часть сахаро-фосфатного остова - дезоксирибоза (пентоза ДНК) - в трех положениях схематически. В центре рисунка ион металла (Na, K), располагающийся между двумя G-квартетными плоскостями и координирующий G-квадруплекс.

**G-Quadruplex**

Monomer			Dimer			Tetramer	
Antiparallel	Parallel	Mixed	Antiparallel	Parallel	Mixed	Parallel	Parallel



# Источники:

1. Материалы лекции №1 по молекулярной биологии.  
Лектор к.б.н. Карпов Д.С.
2. Материалы лекции №2 «Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот».  
Лектор: к.б.н. Скоблов М.Ю
3. Решетников Р. В., Копылов А. М., Головин А. В.  
Классификация G-квадруплексных ДНК по углу вращения квадруплекса и планарности G-квартетов.  
Журнал Acta Naturae (русскаяязычная версия), № 4, том 2, 2010
4. Иванов В.И. A-ДНК. Биология. Соросовский образовательный журнал, N1, 1998
5. Молекулярная биология клетки в 3х томах, Альбертс.  
Электронный ресурс
6. <http://bono-esse.ru>