

Нуклеиновые кислоты
ДНК

Характеристика ДНК

К нуклеиновым кислотам относят высокополимерные соединения, распадающиеся при гидролизе на пуриновые и пиримидиновые азотистые основания, пентозу и фосфорную кислоту. Нуклеиновые кислоты содержат С, Н, О, Р и N.

Нуклеиновые кислоты содержат углерод, водород, фосфор, кислород и азот. Различают два класса нуклеиновых кислот: рибонуклеиновые кислоты (РНК) и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК).

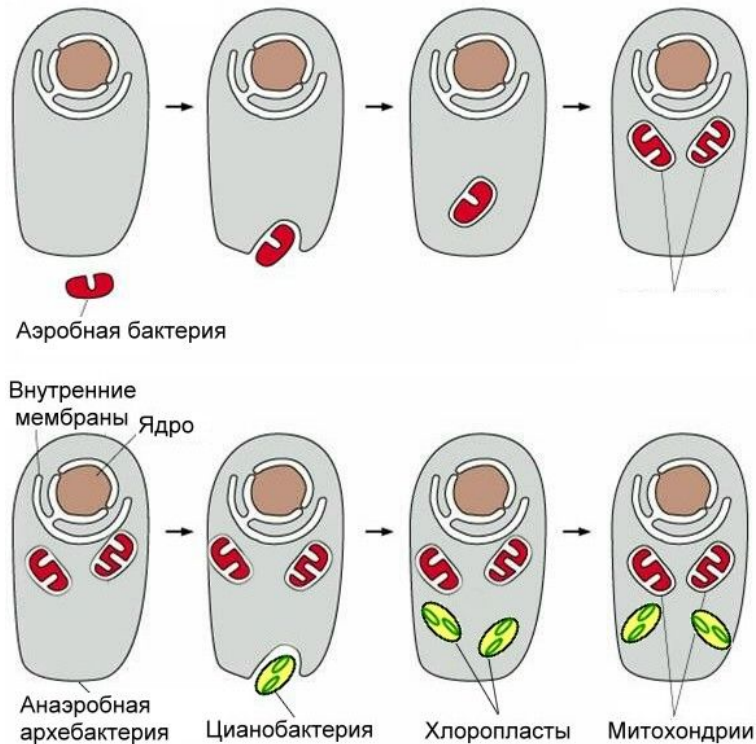
<i>Содержание в клетках химических соединений</i> <i>(в % от сырой массы)</i>			
Неорганические соединения		Органические соединения	
Вода	75 - 85 %	Белки	10 - 15 %
Неорганические вещества	1,0 - 1,5 %	Жиры	1 - 5 %
		Углеводы	0,2 - 2,0 %
		Нуклеиновые кислоты	1 - 2 %
		Низкомолекулярные органические соединения	0,1 - 0,5 %

Характеристика ДНК



Характеристика ДНК

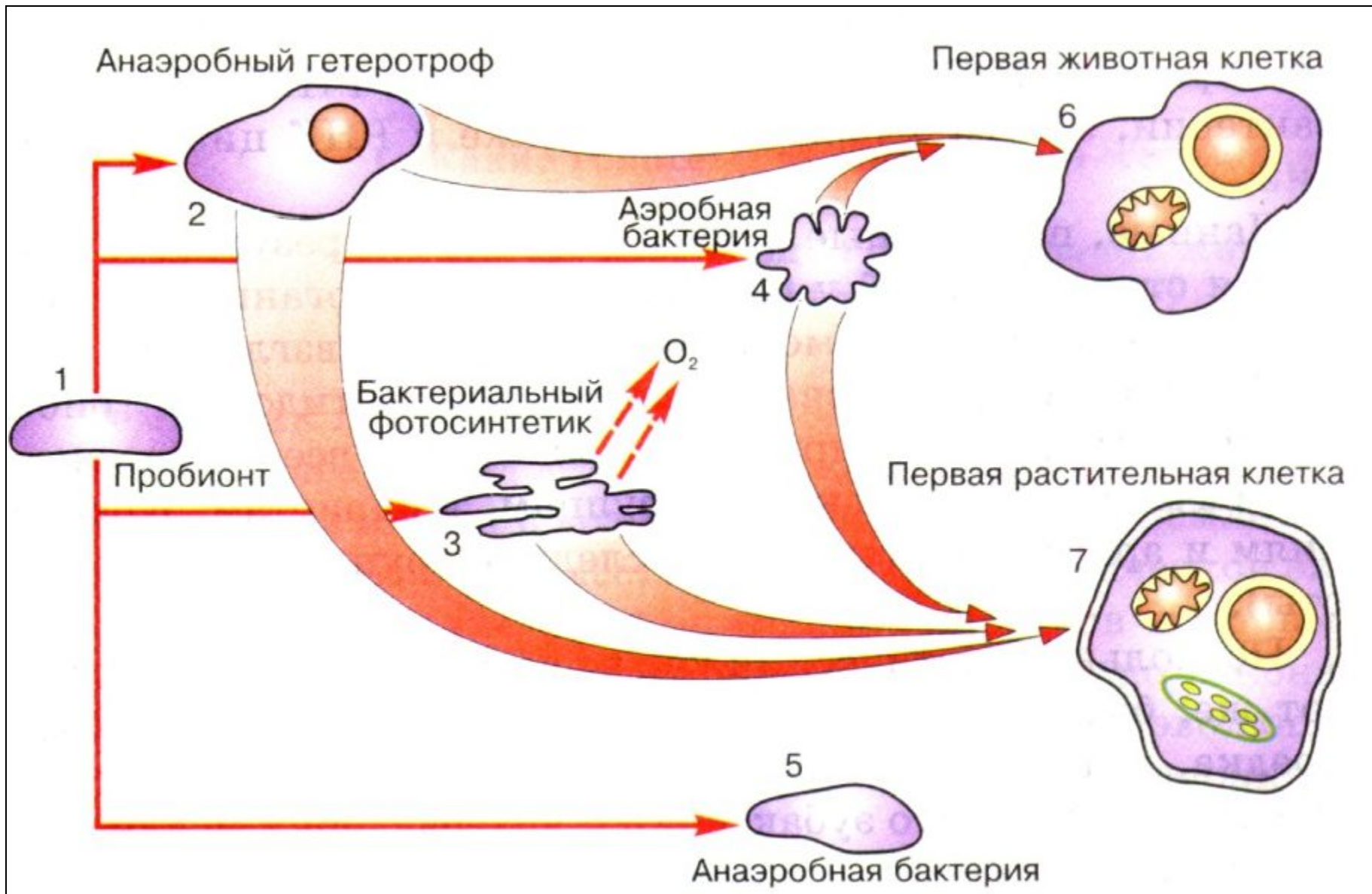
Нуклеиновые кислоты впервые были выделены Ф.Мишером в 1869 г. из ядер клеток гноя, а сам термин предложен А. Косселем в 1889 г.



Различают два класса нуклеиновых кислот: **рибонуклеиновые кислоты (РНК)**, содержащие сахар рибозу ($C_5H_{10}O_5$) и **дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК)**, содержащие сахар дезоксирибозу ($C_5H_{10}O_4$). Значение нуклеиновых кислот для живых организмов заключается в обеспечении хранения, реализации и передачи наследственной информации.

ДНК содержатся в ядре, митохондриях и хлоропластах – хранят генетическую информацию. РНК – содержится еще и в цитоплазме и отвечает за биосинтез белка.

Характеристика ДНК

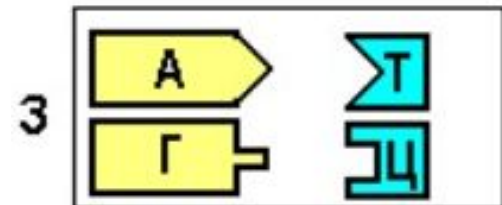
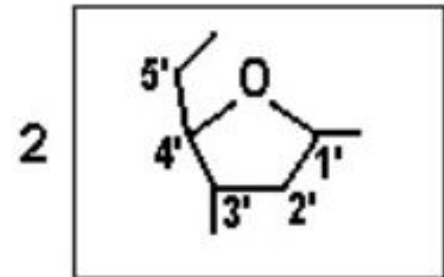
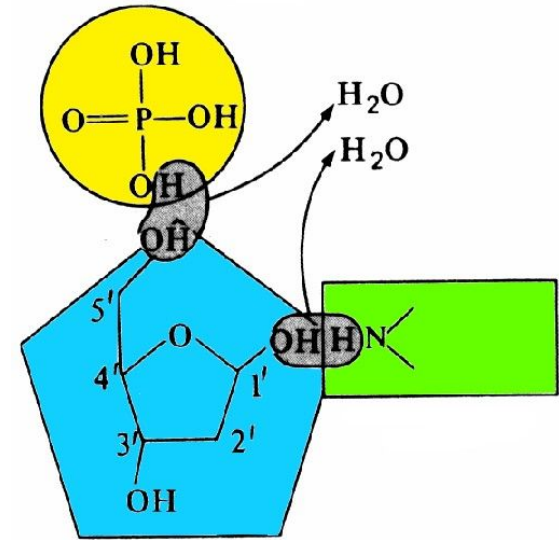


Характеристика ДНК

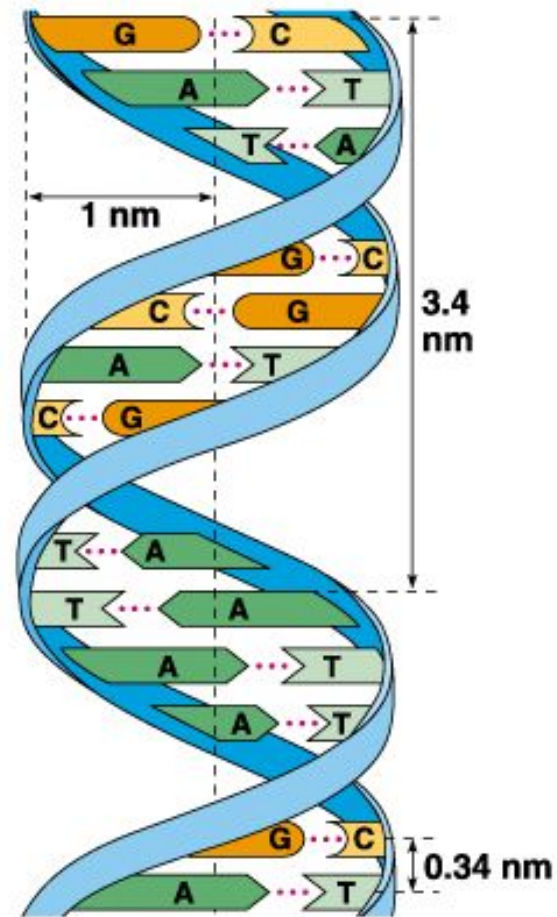
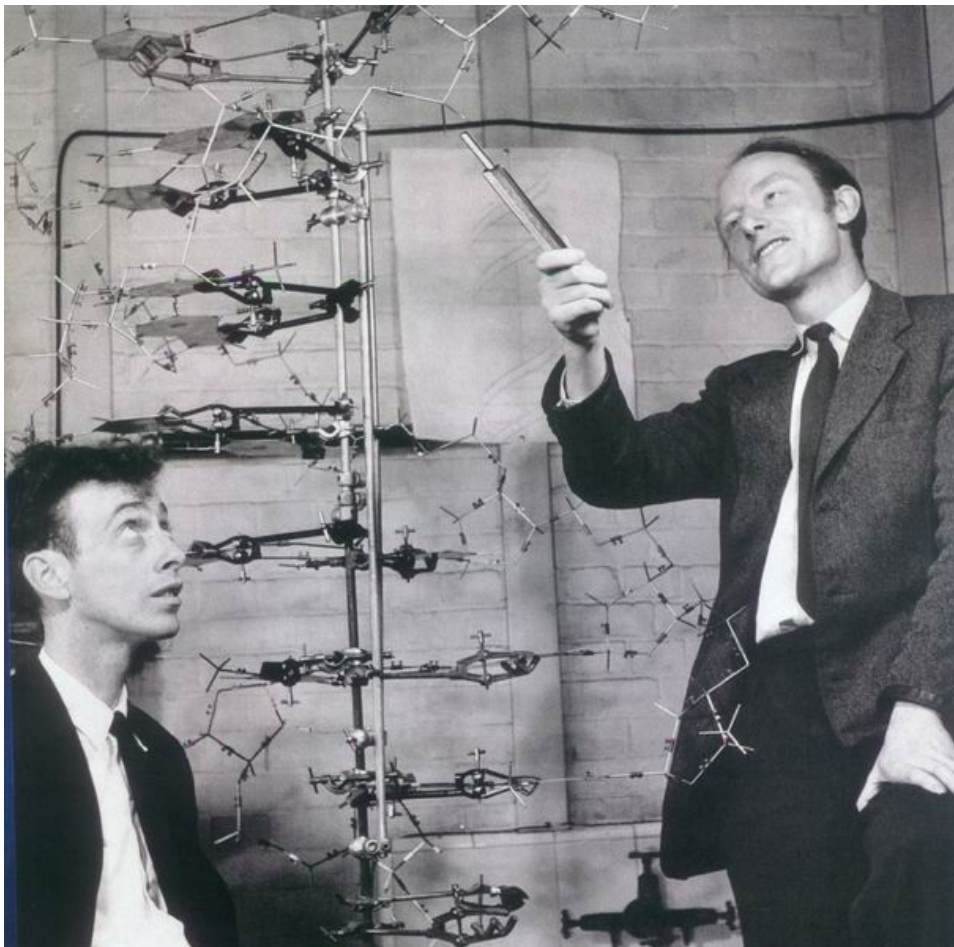
Молекулы ДНК являются *полимерами*, мономерами которых являются *дезоксирибонуклеотиды*, образованные остатками:

1. Фосфорной кислоты;
2. Дезоксирибозы;
3. Азотистого основания (пуринового — аденина, гуанина или пиримидинового — тимина, цитозина).

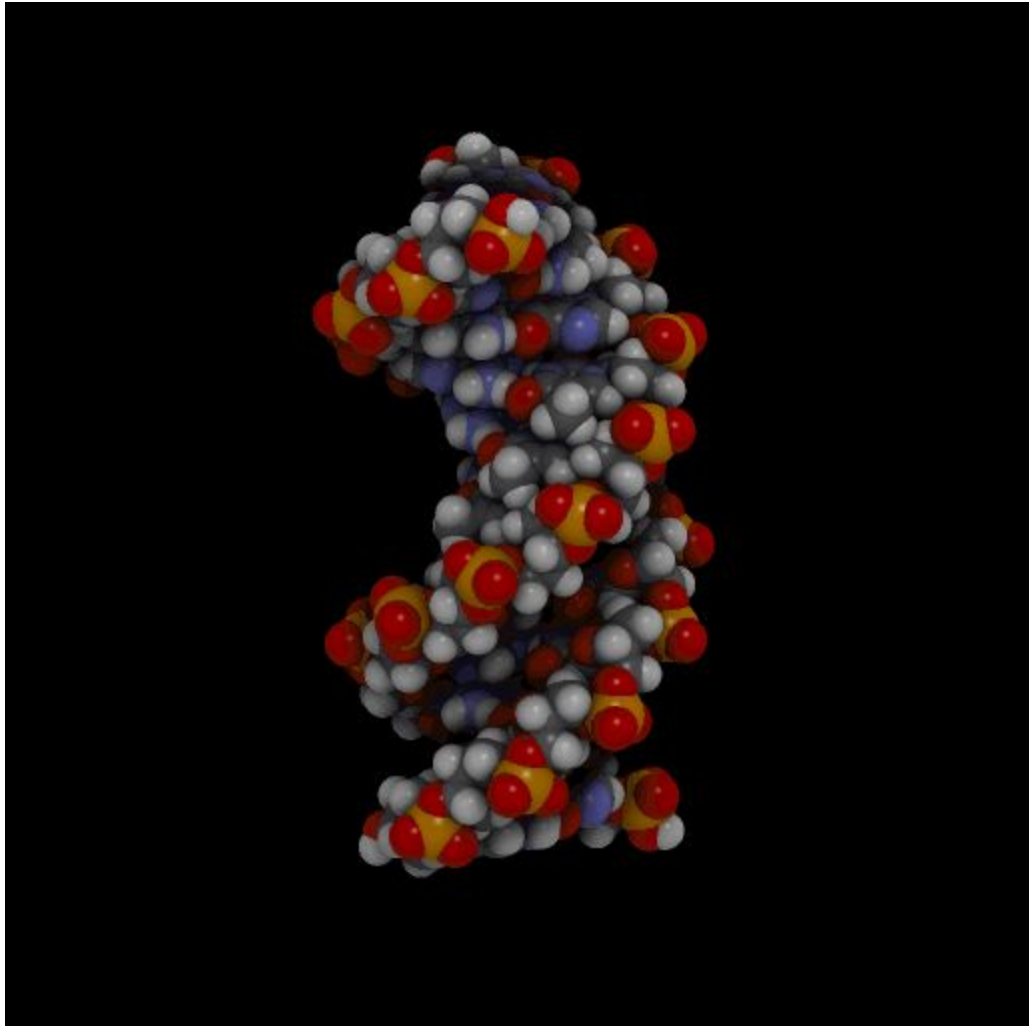
Трехмерная модель пространственного строения молекулы ДНК в виде двойной спирали была предложена в 1953 г. американским биологом *Дж. Уотсоном* и английским физиком *Ф. Криком*. За свои исследования они были удостоены Нобелевской премии.



Характеристика ДНК



Практически [Дж.Уотсон](#) и [Ф.Крик](#) раскрыли химическую структуру гена. ДНК обеспечивает хранение, реализацию и передачу наследственной информации.



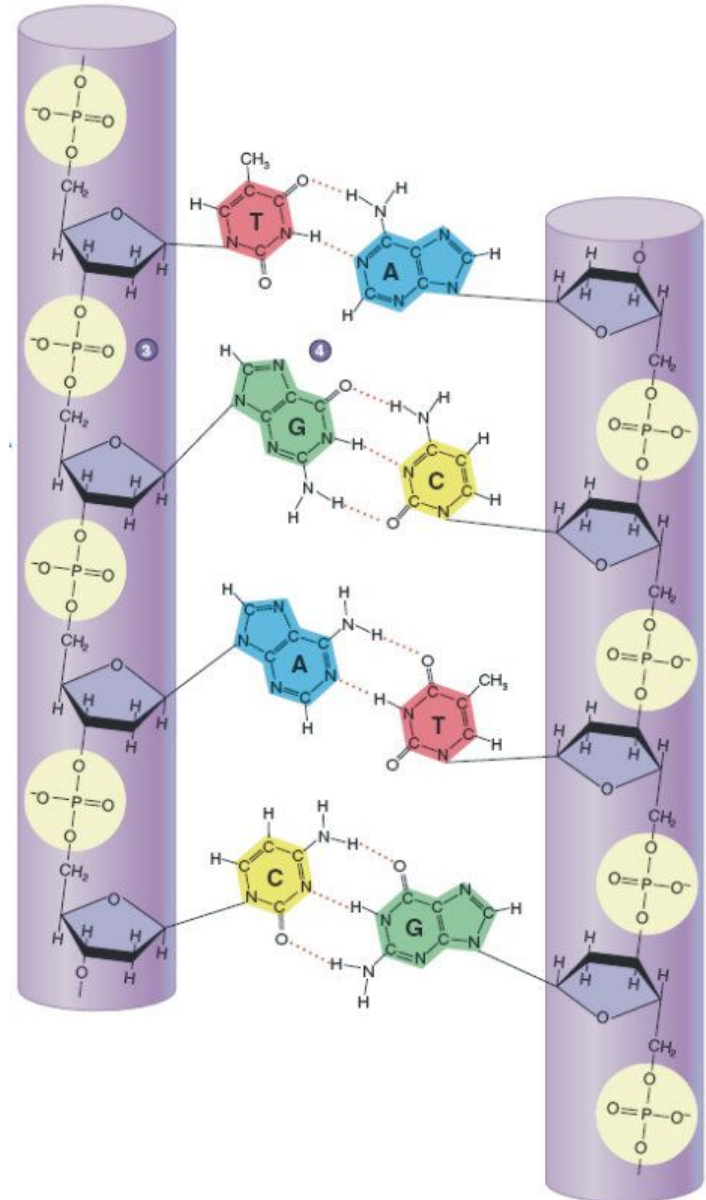
Характеристика ДНК

Э.Чаргафф, обследовав огромное количество образцов тканей и органов различных организмов, выявил следующую закономерность:

в любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина — тимину.

Это положение получило название "правила Чаргаффа":

$$A + G \\ A = T; G = Ц \quad \text{или} \quad \frac{A+G}{Ц+T} = 1$$



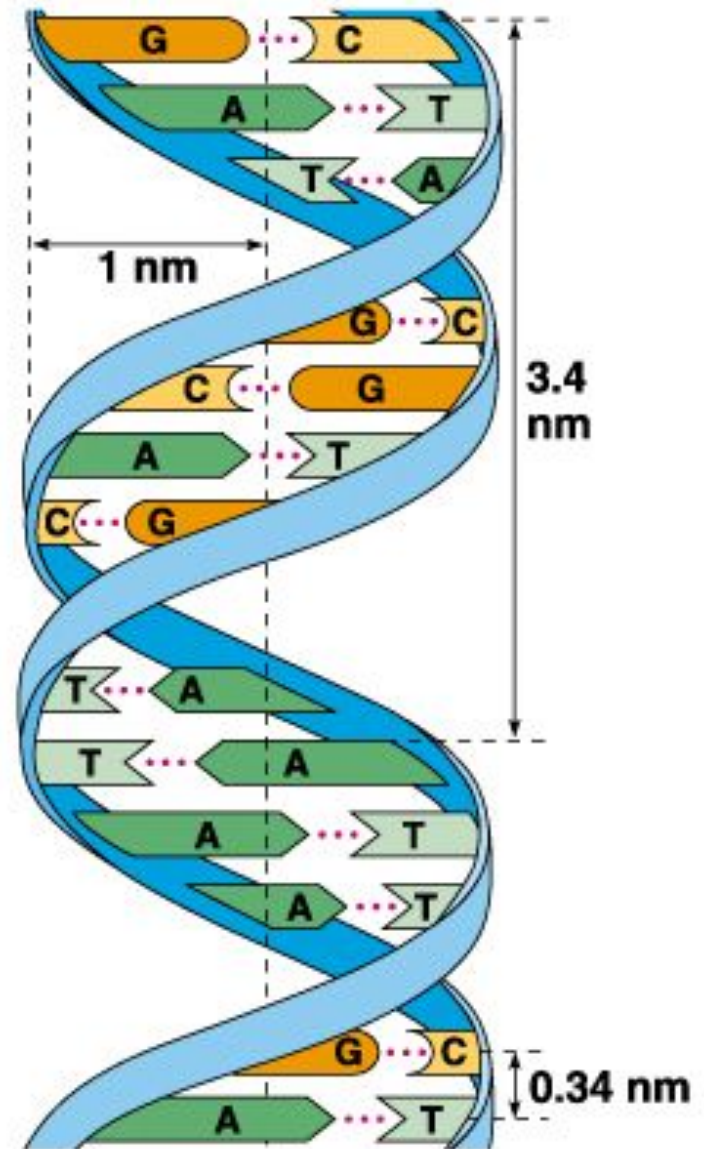
Характеристика ДНК

Дж. Уотсон и Ф. Крик воспользовались этим правилом при построении модели молекулы ДНК.

ДНК представляет собой двойную спираль. Ее молекула образована двумя полинуклеотидными цепями, спирально закрученными друг около друга, и вместе вокруг воображаемой оси.

Диаметр двойной спирали ДНК — 2 нм, шаг общей спирали, на который приходится 10 пар нуклеотидов — 3,4 нм. Длина молекулы — до нескольких сантиметров.

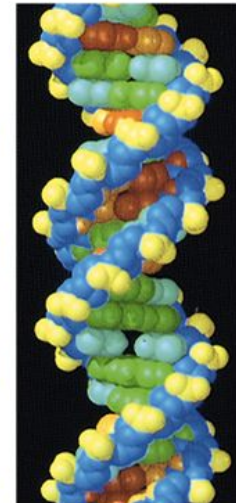
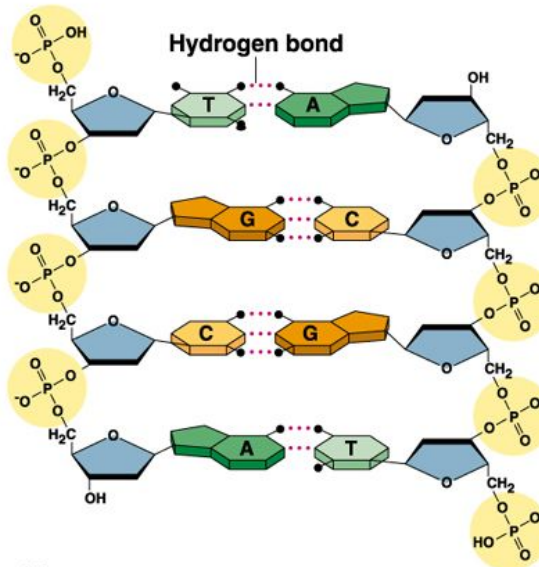
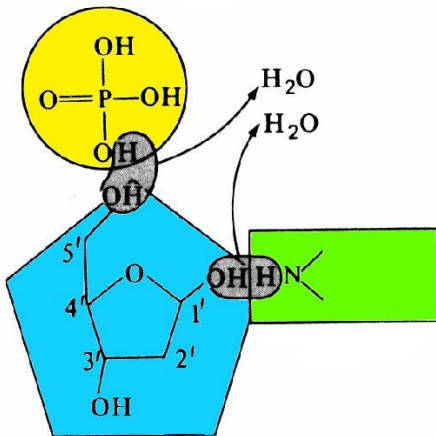
Молекулярная масса составляет десятки и сотни миллионов. В ядре клетки человека общая длина ДНК около 1-2 м.



Характеристика ДНК

Мономер нуклеиновых кислот – нуклеотид. Молекула нуклеотида состоит из остатков трех частей: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и фосфорной кислоты.

Азотистые основания имеют циклическую структуру, в состав которой наряду с атомами углерода входят атомы других элементов, в частности азота. За присутствие в этих соединениях атомов азота они и получили название азотистых, а поскольку они обладают щелочными свойствами — оснований. Азотистые основания нуклеиновых кислот относятся к классам **пиримидинов** и **пуринов**.



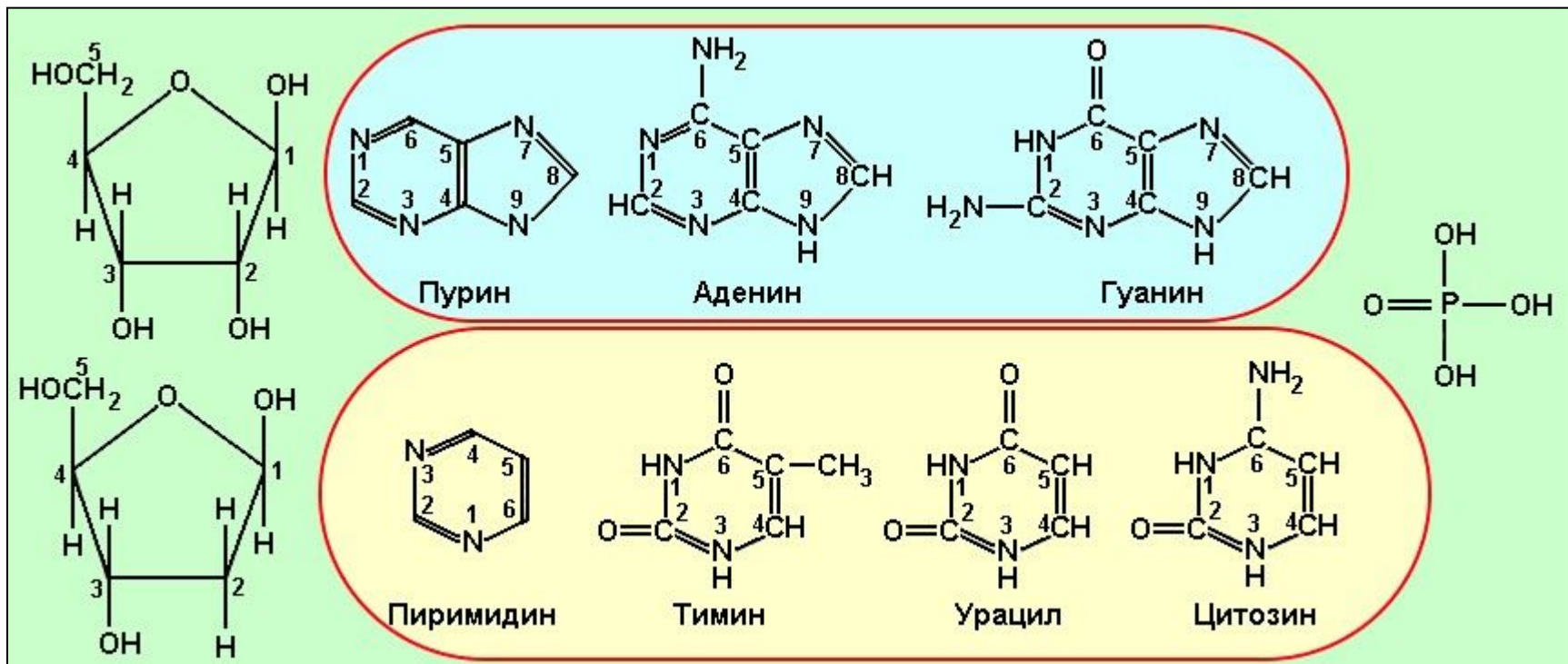
(b)

(c)

Характеристика ДНК

Пиримидиновые основания являются производными пиримидина, имеющего в составе своей молекулы одно кольцо. К наиболее распространенным пиримидиновым основаниям относятся *тимин*, *цитозин*.

Пуриновые основания являются производными пурина, имеющего два кольца. К пуриновым основаниям относятся *аденин* и *гуанин*.



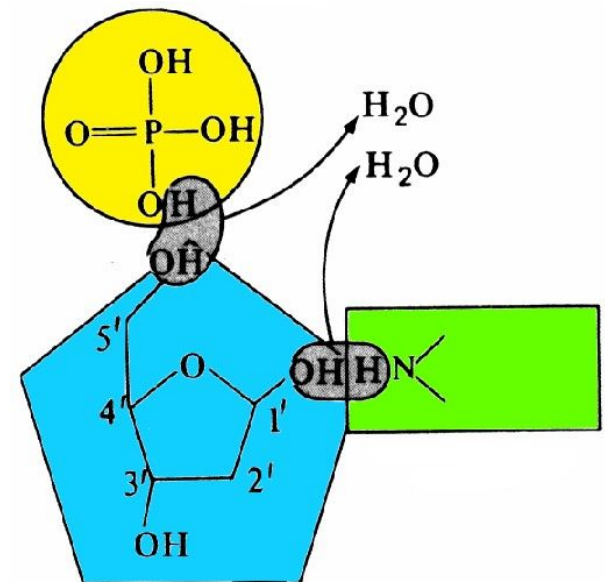
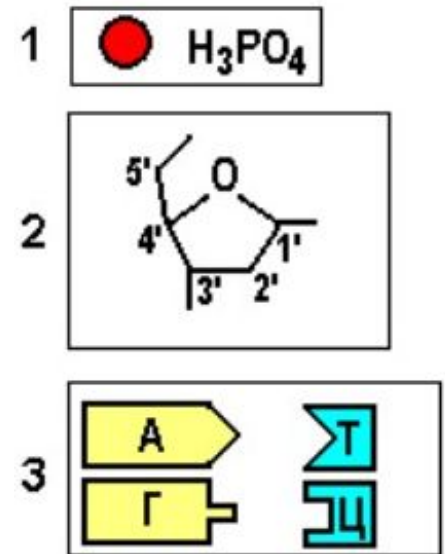
Характеристика ДНК

В результате реакции конденсации азотистого основания и дезоксирибозы образуется нуклеозид.

При реакции конденсации между нуклеозидом и фосфорной кислотой образуется нуклеотид.

Названия нуклеотидов отличаются от названий соответствующих оснований. И те, и другие принято обозначать заглавными буквами (А,Т,Г,Ц):

Аденин – адениловый; гуанин – гуаниловый; цитозин – цитидиловый; тимин – тимидиловый нуклеотиды.

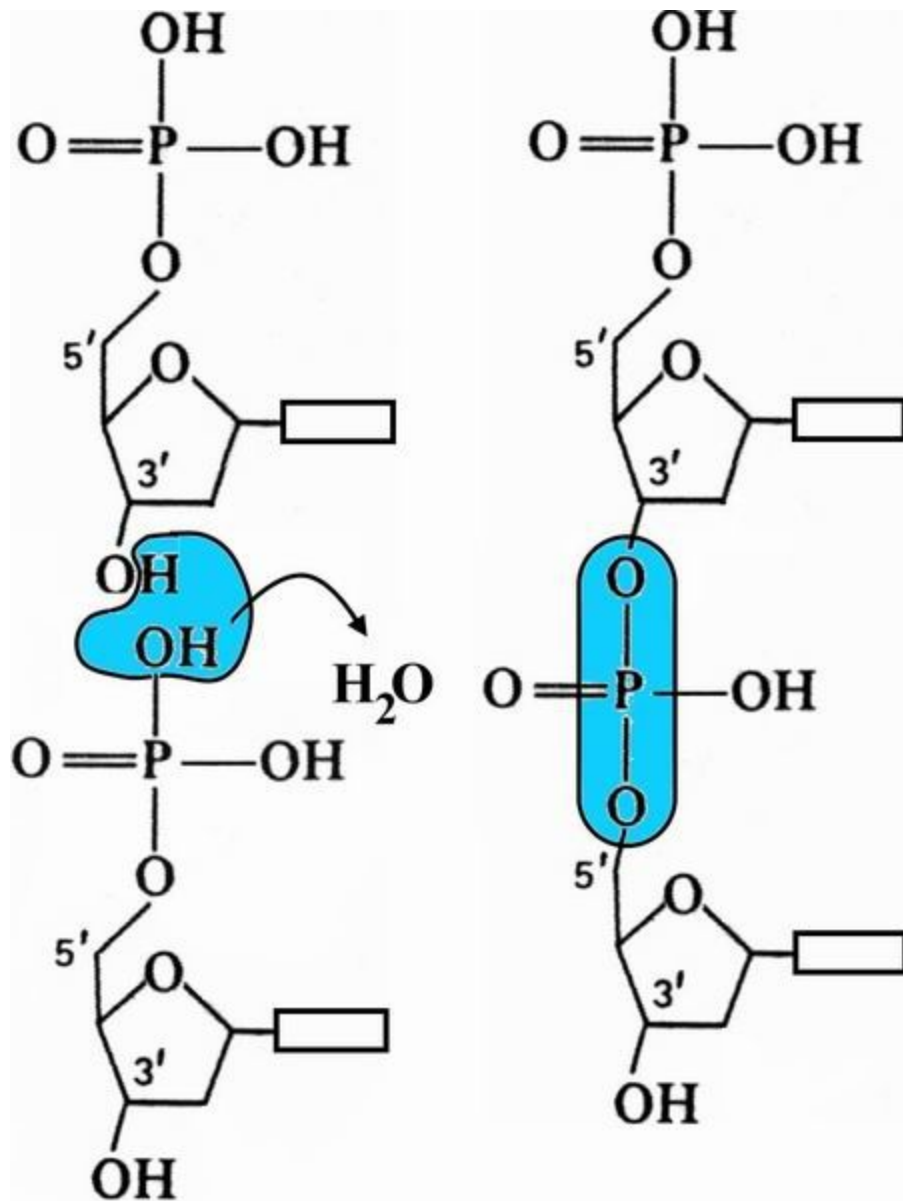


Характеристика ДНК

Одна цепь нуклеотидов образуется в результате **реакции конденсации нуклеотидов**.

При этом между 3'-углеродом остатка сахара одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого возникает **фосфодиэфирная связь**.

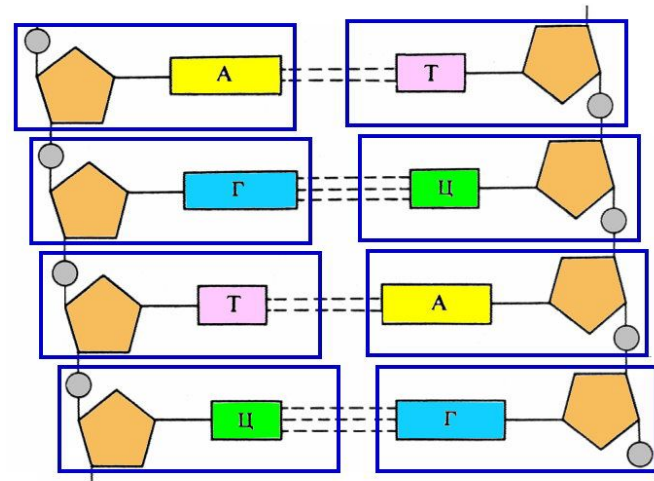
В результате образуются неразветвленные полинуклеотидные цепи. **Один конец полинуклеотидной цепи заканчивается 5'-углеродом (его называют 5'-концом), другой – 3'-углеродом (3'-концом)**.



Характеристика ДНК

Против одной цепи нуклеотидов располагается вторая цепь.

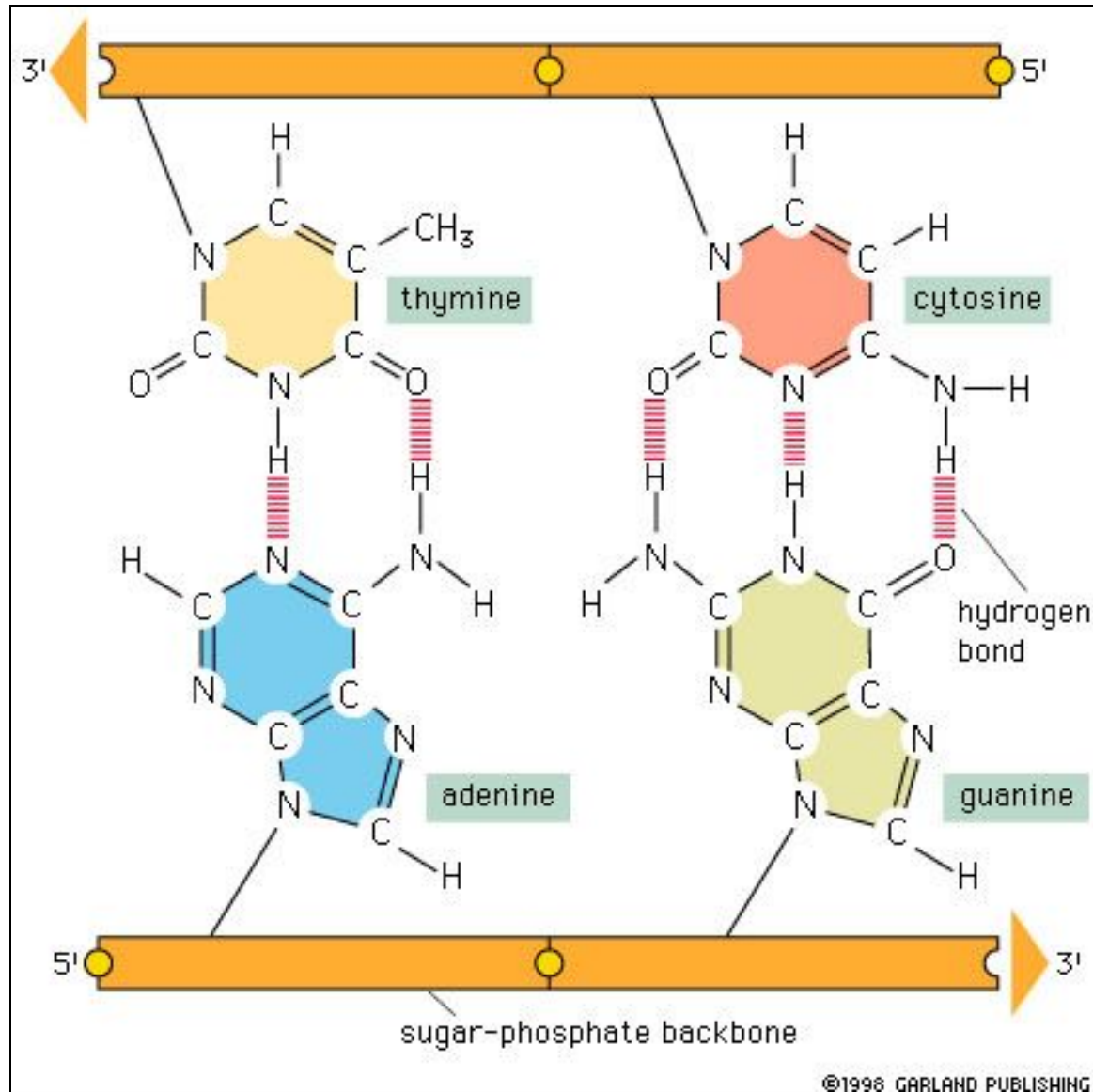
Полинуклеотидные цепи в молекуле ДНК удерживаются друг около друга благодаря возникновению **водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов**, располагающихся друг против друга.



В основе лежит принцип **комплементарного** взаимодействия пар оснований: против **аденина - тимин** на другой цепи, а против **гуанина - цитозин** на другой, то есть **аденин комплементарен тимину** и между ними **две водородные связи**, а **гуанин — цитозину** (три водородные связи).

Комплементарность называют способность нуклеотидов к избирательному соединению друг с другом.

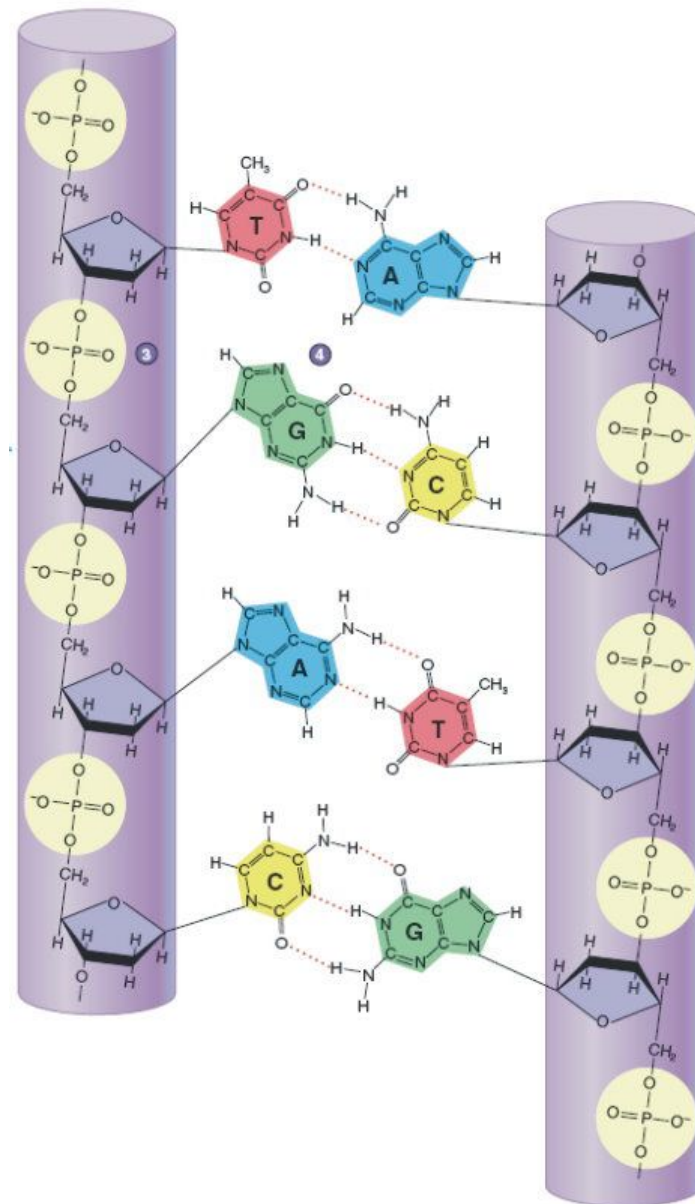
Характеристика ДНК



Характеристика ДНК

Цепи ДНК **антипараллельны** (разнонаправлены), то есть против 3'-конца одной цепи находится 5'-конец другой.

На периферию молекулы обращен сахаро-фосфатный остов. Внутри молекулы обращены азотистые основания.



Подведем итоги:

Нуклеиновые кислоты – биополимеры. Мономеры:

Нуклеотиды, дезоксирибонуклеотиды в ДНК, рибонуклеотиды в РНК.

Что представляет собой нуклеотид?

Нуклеотид состоит из остатков трех веществ: фосфорной кислоты, сахара – дезоксирибозы или рибозы и азотистого основания.

Какие азотистые основания входят в состав нуклеотидов ДНК?

Пуриновые – аденин и гуанин, пиримидиновые – тимин и цитозин.

Как нуклеотиды одной цепи соединены друг с другом?

Через остаток фосфорной кислоты одного нуклеотида и 3'-атом дезоксирибозы другого.

Как полинуклеотидные цепи соединены в молекуле ДНК?

Комплементарно (против А – Т, против Г – Ц) и антипараллельно (против 3' атома углерода одной цепи 5'-атом углерода другой).

Какова длина отрезка молекулы ДНК, состоящей из 100 пар нуклеотидов?

Длина 10 пар (одного витка) равна 3,4 нм, значит 100 пар – 34 нм.

Какой отрезок ДНК будет при нагревании денатурировать быстрее:

AAAATTTT или ГГГГЦЦЦЦ
TTTTAAAA ЦЦЦЦГГГГ?

Первый, так как удерживается 16 водородными связями а второй – 24 водородными связями.

Подведем итоги:

Когда и кем была определена структура молекулы ДНК?

В 1953 г. американским биологом Дж. Уотсоном и английским физиком Ф. Криком.

Сформулируйте правила Э. Чаргаффа:

В любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина — тимину.

Каков диаметр молекулы ДНК?

Диаметр двойной спирали ДНК — 2 нм.

Сколько пар нуклеотидов в одном витке спирали и какова длина одного витка спирали ДНК?

Шаг общей спирали, на который приходится 10 пар нуклеотидов — 3,4 нм.

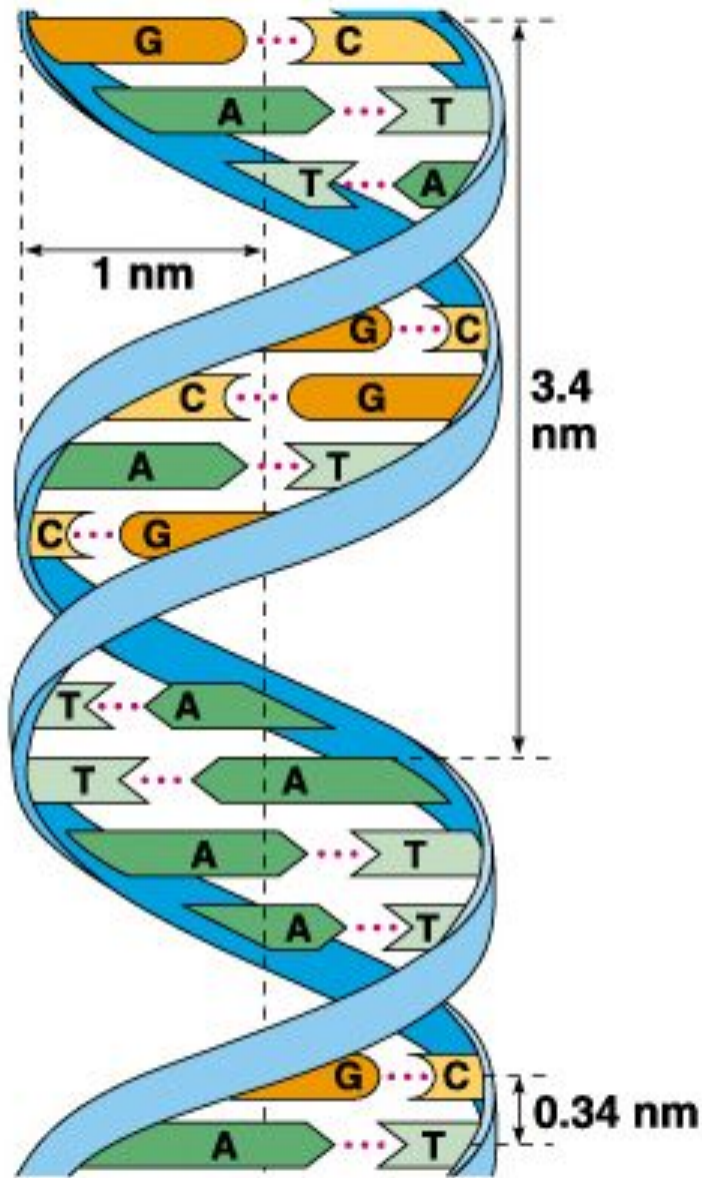
Какова длина одной молекулы ДНК и 46 молекул, находящихся в ядре клетки человека?

Длина молекулы — до нескольких сантиметров. В ядре клетки человека общая длина 46 молекул ДНК около 1 м.

Какие функции выполняют молекулы ДНК?

Отвечают за хранение, реализацию и передачу генетической информации дочерним клеткам.

Репликация ДНК



Одним из уникальных свойств молекулы ДНК является ее способность к самоудвоению — воспроизведению точных копий исходной молекулы.

Благодаря этой способности молекулы ДНК, осуществляется передача наследственной информации от материнской клетки дочерним во время деления. Процесс самоудвоения молекулы ДНК называют *репликацией*.

Репликация — сложный процесс, идущий с участием ферментов (ДНК-полимераз и многих других).

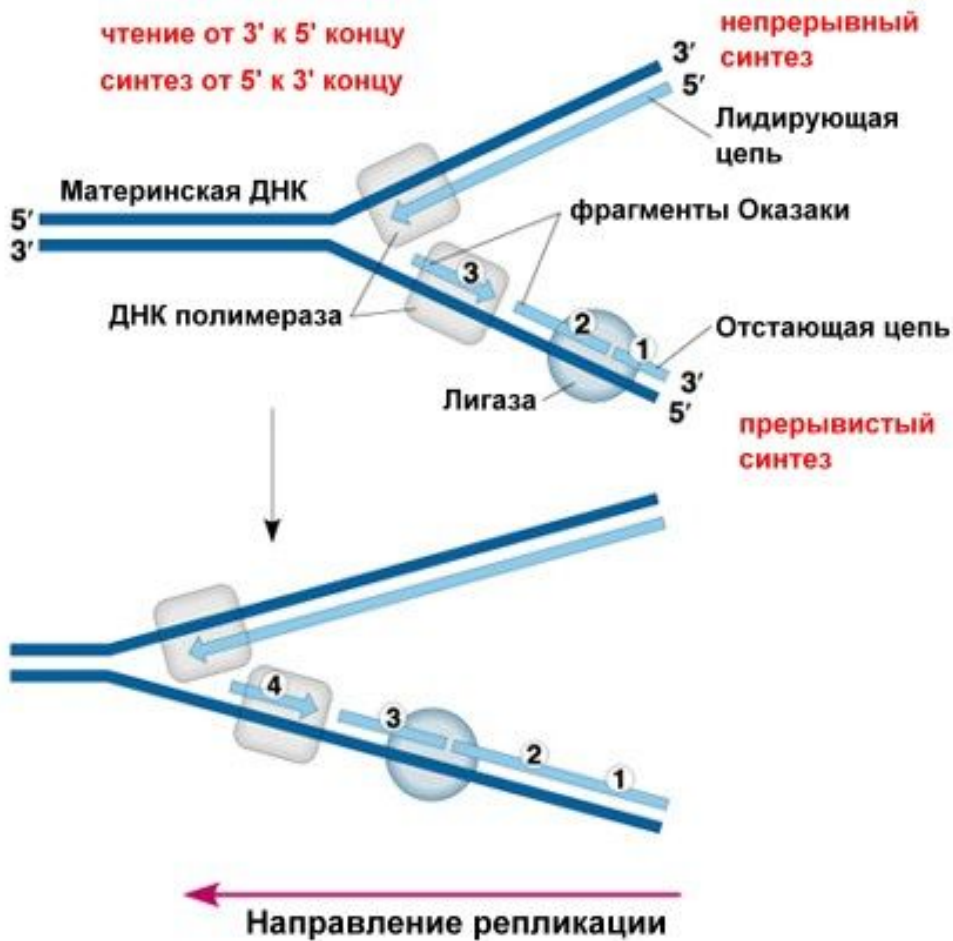
Репликация ДНК



Репликация осуществляется *полуконсервативным способом*, то есть под действием ферментов молекула ДНК раскручивается и около каждой цепи, *выступающей в роли матрицы*, по принципу комплементарности достраивается новая цепь.

Таким образом, в каждой дочерней ДНК одна цепь является неизменной, материнской, а вторая — вновь синтезированной. Раскручивание молекулы происходит на небольшом отрезке (несколько десятков нуклеотидов), называемом *репликативной вилкой*.

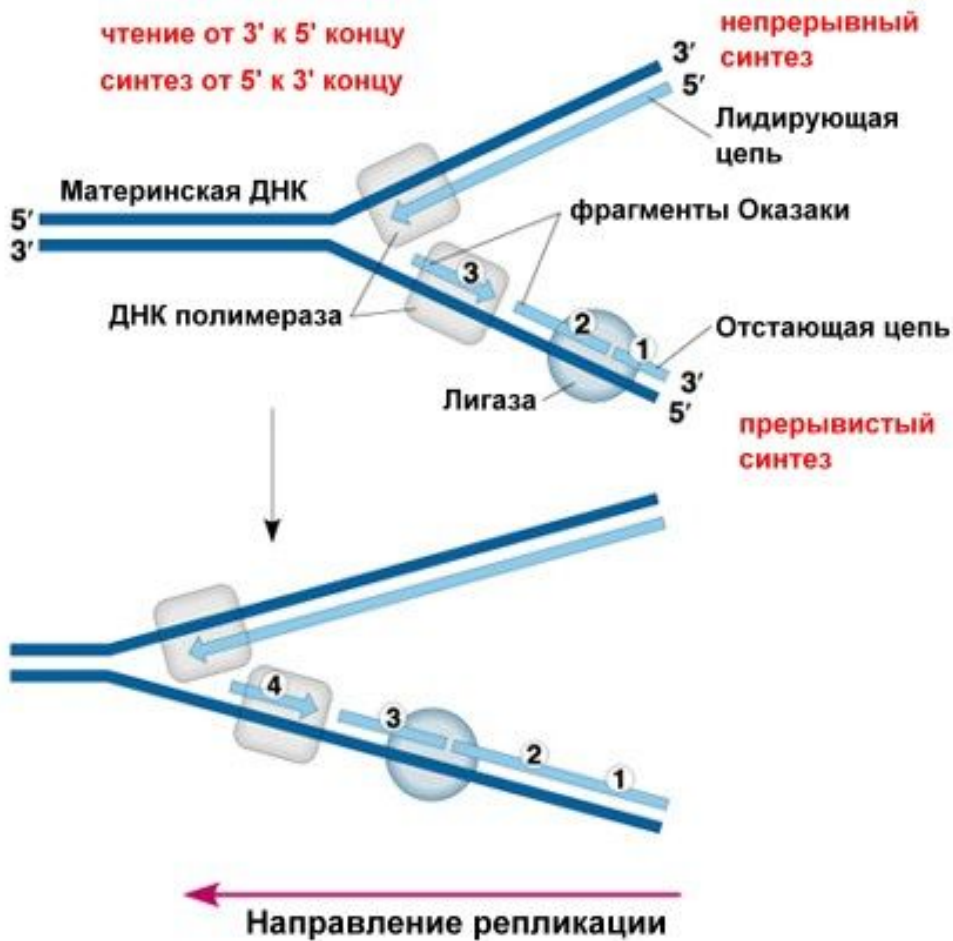
Репликация ДНК



В материнской ДНК цепи антипараллельны. ДНК-полимеразы способны двигаться в одном направлении — от 3'-конца к 5'-концу, *стро́я дочернюю цепь антипараллельно — от 5' к 3'-концу.*

Одна ДНК-полимераза передвигается в направлении 3'→5' по одной цепи ДНК непрерывно, синтезируя *лидирующую цепь.*

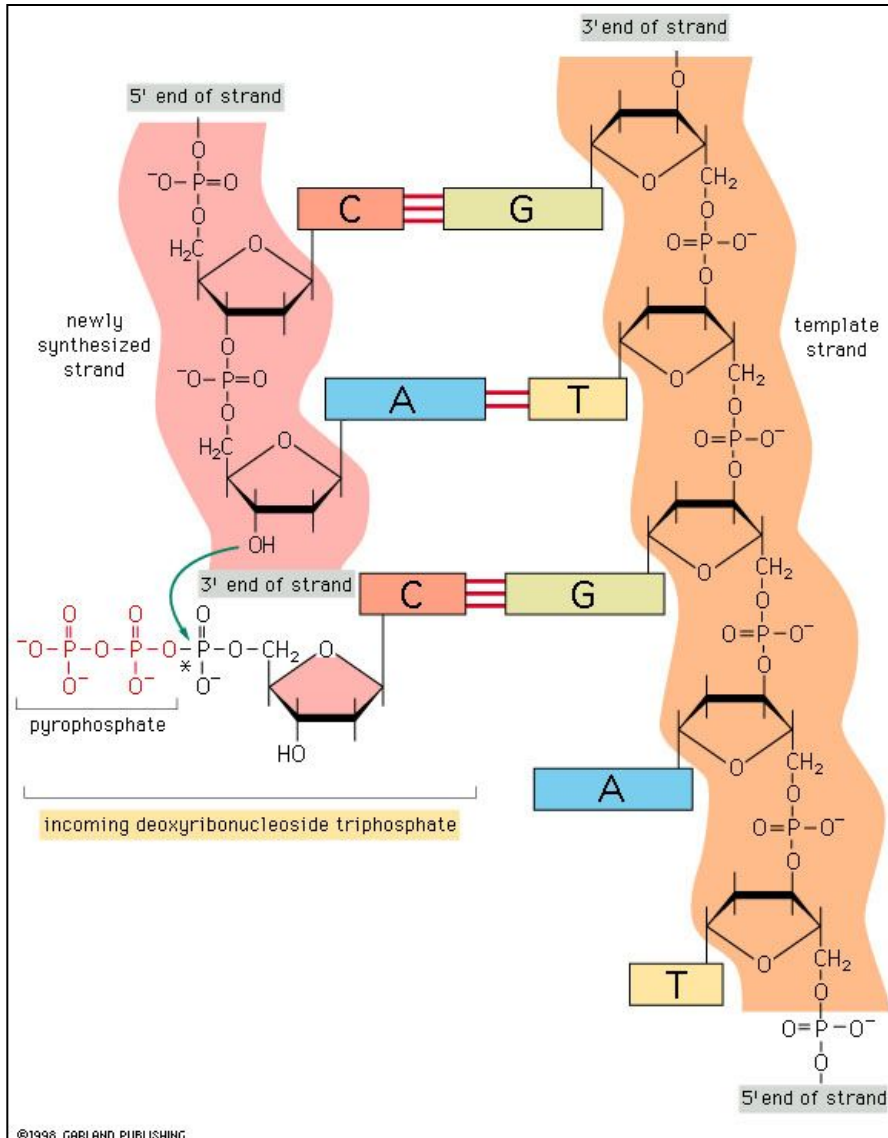
Репликация ДНК



Другая ДНК-полимераза движется по другой цепи (5'—3') в обратную сторону (тоже в направлении 3'→5'), синтезируя вторую дочернюю цепь *фрагментами, которые получили название фрагменты Оказаки*, которые после завершения репликации сшиваются в единую цепь. Эта цепь называется *отстающей*.

Сшивают фрагменты Оказаки ферменты *лигазы*.

Репликация ДНК



Субстратами, из которых синтезируются новые цепи ДНК, являются **дезоксинуклеозидтрифосфаты (дНТФ)**, а не дезоксинуклеозидмонофосфаты (дНМФ), входящие в состав ДНК.

Поэтому в ходе включения в цепь ДНК от каждого нуклеотида отщепляются 2 фосфатных остатка. Использование именно дНТФ, а не дНМФ, объясняется энергетическими причинами: образование межнуклеотидной связи требует энергии; источником ее и служит разрыв межфосфатной связи.

Подведем итоги:

Почему говорят, что удвоение ДНК происходит полуконсервативным способом?

После репликации в каждой дочерней ДНК одна цепь нуклеотидов остается неизменной, а вторая – вновь синтезируемая.

В каком направлении движется фермент ДНК-полимераза, в каком направлении происходит рост новой цепи нуклеотидов?

ДНК-полимераза может двигаться только в направлении от 3'- к 5'-концу, а рост новой цепи происходит антипараллельно, от 5'- к 3'-концу.

Что такое фрагменты Оказаки?

По отстающей цепи синтез новой цепи идет фрагментами, эти фрагменты и называются фрагментами Оказаки.

За счет какой энергии происходит образование химических связей в новой цепи нуклеотидов ДНК?

За счет энергии дезоксирибонуклеозидтрифосфатов.

Какая цепь нуклеотидов называется лидирующей?

Та, которая синтезируется непрерывно.

Что такое лигазы?

Ферменты, которые сшивают фрагменты Оказаки.