

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Часть 1. Теоретические основы	5
1.1. ДНК. Принципы построения	5
1.2. Реакции матричного синтеза: репликация ДНК	12
1.3. Реакции матричного синтеза: транскрипция. Структура генов про- и эукариот	15
1.4. Синтез белка	20
1.5. Свойства генетического кода	24
Часть 2. Решение задач по молекулярной биологии	26
2.1. Основные принципы решения задач по молекулярной биологии (линия заданий 27)	26
2.2. Разбор основных типов задач линии 27	27
2.3. Тренировочные задания	40
2.4. Ответы к тренировочным заданиям	64
Список литературы	76

ВВЕДЕНИЕ

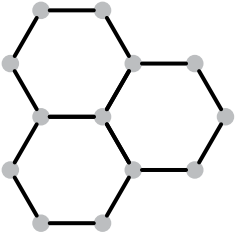
Биология — одна из интереснейших «живых» наук, наука, с одной стороны, фундаментальная, с другой стороны — прикладная. Как школьный предмет, биология представляет собой многогранный, разветвлённый комплекс различных научных областей биологии, химии, физики, истории, географии, инженерии и др. В этом и заключается сложность её познания.

Из года в год возрастает интерес к биологической дисциплине, она по праву занимает почётное место в первой пятёрке среди предметов по выбору в ЕГЭ. Для достижения высокого уровня результатов в рамках итоговой аттестации необходима основательная подготовка: повторение теоретических основ предметной области, овладение навыками решения задач по тому или иному разделу, ознакомление с демонстрационным вариантом текущего года и критериями оценивания диагностической работы. В 2020 году демоверсию ЕГЭ по биологии не затронули глобальные изменения, однако появились задачи нового типа. Так, в задании № 27 по молекулярной биологии требуются знания основных принципов построения и функционирования ДНК — антипараллельность, полуконсервативность, интрон-экзонная структура гена и др. В этой связи учителям биологии на своих уроках потребуется несколько расширить теоретическую базу данного модуля молекулярной биологии при объяснении вопросов, связанных с синтезом белка, процессами репликации, транскрипции и трансляции.

В данном пособии мы постарались обобщить необходимый объём теоретической информации о строении и функциях молекул генетического аппарата клетки, а также ознакомить учителя с новыми подходами к решению задач по молекулярной биологии. Пособие содержит рисунки и схемы, которые будут способствовать усвоению теоретического материала.

Успехов вам!

Замечания и предложения, касающиеся данной книги, можно присылать на адрес электронной почты legionrus@legionrus.com.



Часть 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

1.1. ДНК. Принципы построения

Со школьной скамьи каждому известно, что наследственная информация организма хранится в его генетическом аппарате и передаётся из поколения в поколение в процессе размножения. Реализация наследственной информации, записанной в ДНК, осуществляется на разных уровнях организации живой материи в несколько этапов: транскрипции, трансляции, созревания белков:

- ✓ на *молекулярном* уровне происходит синтез белка;
- ✓ на *клеточном* — образование определённой клеточной структуры, соответствующей её функции;
- ✓ на *организменном* уровне — проявление соответствующего фенотипического признака.

Генетическая информация, с одной стороны, стабильна, с другой стороны, способна подвергаться изменениям, что является основой эволюционных преобразований, следствием которых становится появление разнообразных форм жизни.

Основную роль в передаче наследственной информации играют нуклеиновые кислоты, которые есть у всех живых организмов.

Классификация нуклеиновых кислот

- **тРНК (транспортная = адапторная)** состоит из 75–95 нуклеотидов (4S), переносит аминокислоты к рибосоме, где идёт биосинтез белка (трансляция) и декодирует (адаптирует) аминокислоты к нуклеотидной последовательности. (S — единица Сведберга — мера молекулярной массы нуклеиновых кислот, которая определяется по осаждению (седиментации) и измеряется сек⁻¹);

• **рРНК (рибосомальная)** — самая крупная РНК, вместе с рибосомальными белками формирует рибосому (см. рис. 1);

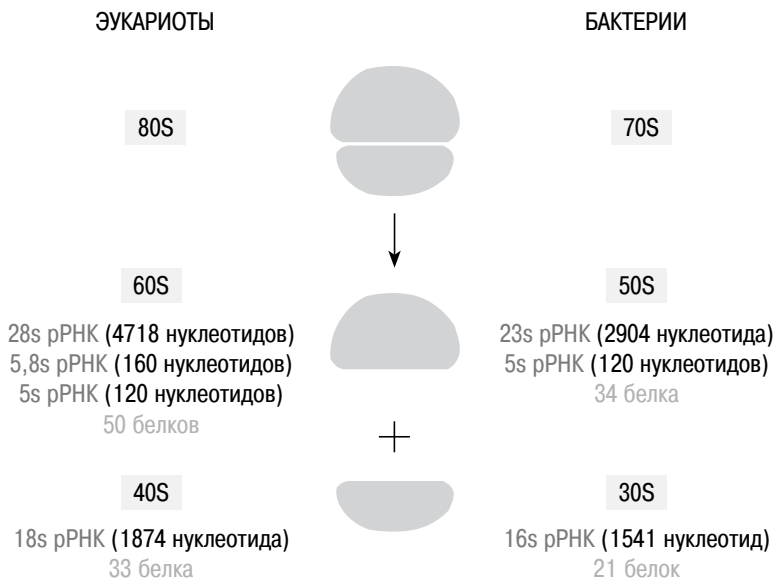


Рис. 1. Строение рибосомы

• **и(м)РНК (информационная = матричная)** — копия одного гена.

Ген — это участок ДНК, кодирующий структуру минимум одного белка.

В клетках прокариот ДНК располагается в цитоплазме в виде одной кольцевой мембранно-связанной молекулы (**нуклеоид**) и цитоплазматической наследственности — **плазмид**. Плазмиды — это маленькие кольцевые ДНК, содержащие в среднем до 100 генов, обеспечивающих бактериальной клетке множество физиологических и фенотипических свойств:

- 1) гены резистентности — устойчивости к антибиотикам;
- 2) гены азотфиксации, обеспечивающие возможность восстанавливать атмосферный азот (клубеньковые бактерии бобовых растений);
- 3) гены фертильности, определяющие протекание полового процесса у бактерий — конъюгации.

Нуклеиновые кислоты в клетках эукариот локализованы в виде линейных молекул в диплоидном наборе в ядре и в виде кольцевых ДНК нуклеоидного, т. е. прокариотического типа, митохондриях и пластидах.

Нуклеиновые кислоты — это биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды, в состав которых входят:

- 1) пентозы — моносахариды (рибоза или дезоксирибоза) (см. рис. 2);
- 2) азотистые основания — пурины (гуанин и аденин) и пиримидины (цитозин, тимин, урацил);
- 3) остаток фосфорной кислоты.

Для отличия нумерации атомов в азотистых основаниях и пентозах все атомы углерода в рибозе/дезоксирибозе нумеруются со штрихом (C1', C2', C3', C4', C5') (см. рис. 2).

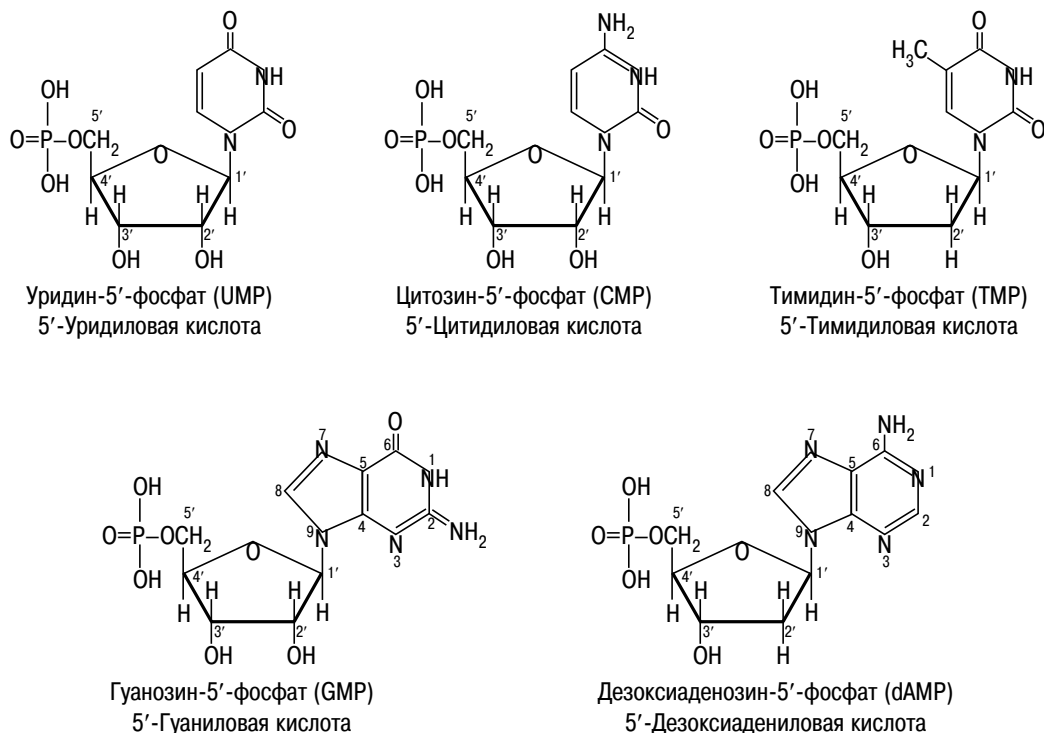


Рис. 2. Структура некоторых нуклеотидов

Количественные соотношения между различными типами азотистых оснований в ДНК-аденина (А), тимина (Т), гуанина (Г) и цитозина (Ц) в составе ДНК подчиняются правилам Э. Чаргаффа:

1. Количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина — количеству цитозина: $A = T, G = C$.
2. Количество пуринов равно количеству пиримидинов: $A + G = T + C$.

3. Соотношение (А+Т)/(Г+Ц) видоспецифично и с возрастом организма не меняется.

Структура нуклеиновых кислот на примере ДНК

Нуклеиновые кислоты имеют 3 уровня организации.

Первичная структура — последовательное соединение нуклеотидов в полинуклеотидную цепочку за счёт образования прочной ковалентной фосфо-ди-эфирной связи в направлении $5' \rightarrow 3'$ (см. рис. 3).

Дезоксирибоза — центральная часть нуклеотида. У неё 5 атомов углерода. Азотистое основание присоединяется к первому атому углерода N-гликозидной связи, к пятому — фосфорная кислота, третий атом участвует в присоединении фосфорной кислоты следующего нуклеотида. Следовательно, у любой цепочки ДНК есть два конца:

- 5'-конец, на нём располагается фосфорная кислота;
- 3'-конец, на нём располагается преимущественно дезоксирибоза (см. рис. 3).

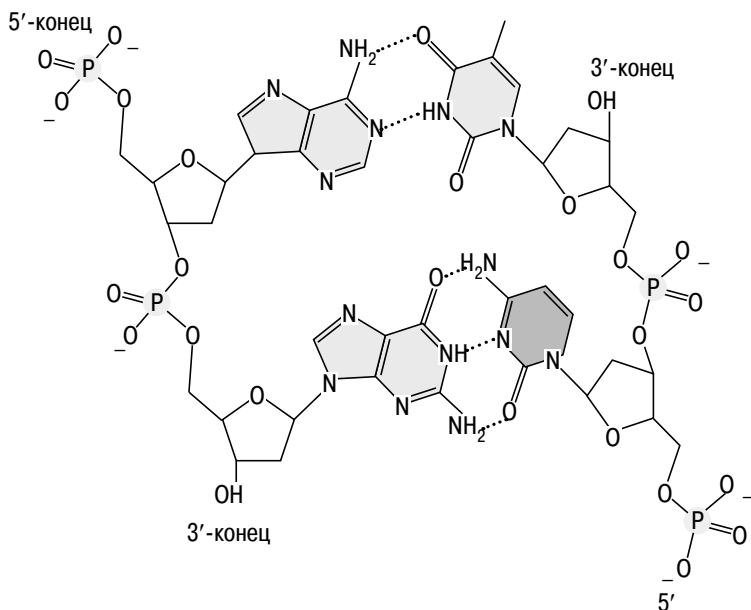


Рис. 3. Первичная и вторичная структура ДНК

Расщепление фосфо-ди-эфирных связей в нуклеиновых кислотах осуществляет специальный подкласс ферментов — нуклеазы (рестриктазы в случае ДНК и РНК-азы в случае РНК).

Определение первичной структуры ДНК/РНК, т. е. последовательности нуклеотидов в полинуклеотидной цепи называется *секвенированием*.

Вторичная структура — двухцепочечная правозакрученная спираль, где нити ДНК противоположно направлены и соединены между собой пурин-пиримидиновыми взаимодействиями (водородная связь — H^+ -связь) по принципу комплементарности:

$\text{A} = \text{T}$ ($\text{У}_{\text{РНК}}$) — 2H^+ -связи;

$\text{Г} \equiv \text{Ц}$ — 3H^+ -связи (см. рис. 5).

На один виток спирали приходится 10 пар нуклеотидов (п. н.) (шаг или высота витка спирали) (см. рис. 6).

Спираль ДНК была открыта в 1953 году Дж. Уотсоном, Ф. Криком, Р. Франклин и Э. Уилкинсом методом рентгено-структурного анализа с использованием правила Э. Чаргаффа.

Третичная структура — суперспираль, которая возникает при взаимодействии спирали ДНК с положительно заряженными элементами:

1. Ионы Zn^{+2} и Mg^{+2} — у прокариот до 50 % компактизации ДНК, в случае эукариот процент упаковки ДНК катионами металлов значительно меньше.

2. Полиамины (спермин, спермидин, путресцин, кадаверин) образуются в ходе обмена веществ из положительно заряженных аминокислот аргинина, лизина, а также метионина.

3. Положительно заряженные белки — **гистоны** образуют 5 классов (Н1, Н2 А, Н2 В, Н3 и Н4), которые различаются между собой по процентному содержанию аминокислот аргинина и лизина. Гистон Н1 определяет упаковку межгенной (**спейсерной**) ДНК. Гистоны Н2 А, Н2 В, Н3 и Н4 формируют октамер. 8 гистонов (октамер) вместе с 160 п. н. образуют нуклеосому (см. рис. 4).

Взаимодействие ДНК с положительно заряженными элементами нейтрализует её и компактизирует (в случае линейной эукариотической ДНК степень компактизации возрастает с 1,6–2,2 метра до 10 мкм (10–6 метра)). Совокупность всех нуклеосом — это хроматин, существующий только в период интерфазы клетки, т. е. в состоянии «покоя», когда клетка растёт и функционирует.

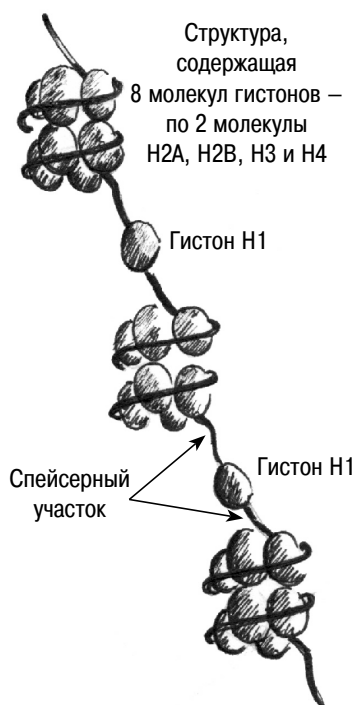


Рис. 4. Структура некоторых нуклеотидов

Построение ДНК подчиняется четырём принципам:

1. Нерегулярность

ДНК имеет сахарофосфатный стержень, к которому присоединены нерегулярно чередующиеся азотистые основания.

2. Комплементарность

Соответствие молекул азотистых оснований нуклеотидов парных цепей ДНК (аденин-тимин и гуанин-цитозин), при котором возможно возникновение между ними водородных связей.

Комплементарность предполагает строгое расположение каждого конкретного азотистого основания одной цепи ДНК напротив определённого азотистого основания другой цепи. Причём одно из них — пурин, другое — пиримидин. Пурин и пиримидин в паре образуют водородные связи.

Между А и Т образуются две водородные связи, между Г и Ц — три связи (рис. 5). Такой принцип обеспечивает возможность хранения, транскрипции и трансляции всей генетической информации организма. Две комплементарные, антипараллельно расположенные полинуклеотидные цепи образуют правые спирали с общей осью (рис. 5, 6).

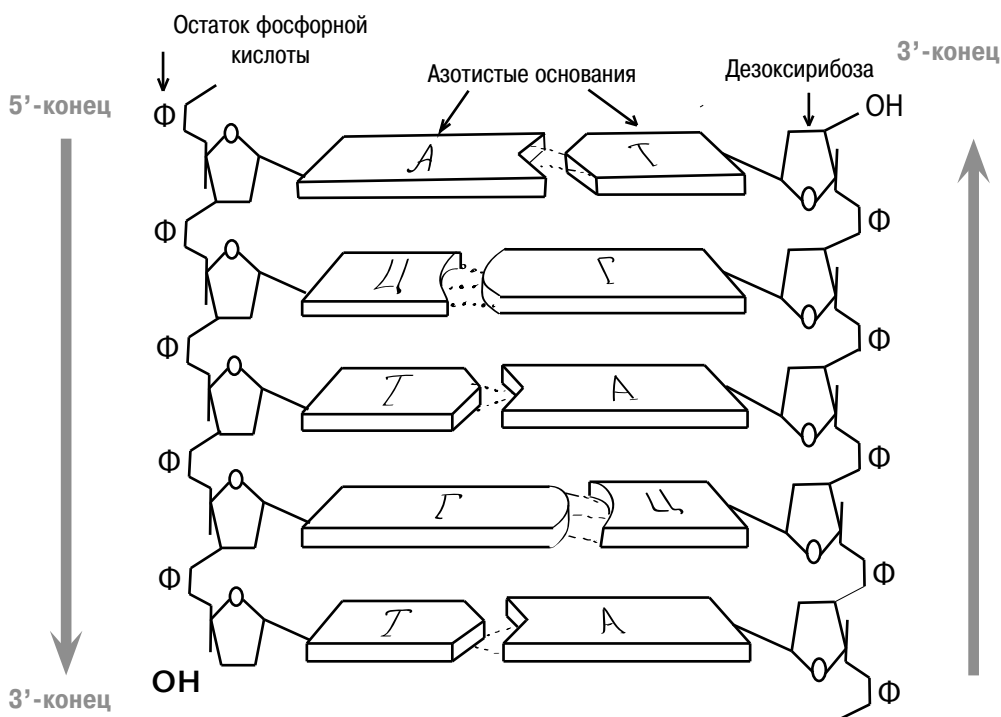


Рис. 5. Комплементарность и антипараллельность в строении ДНК

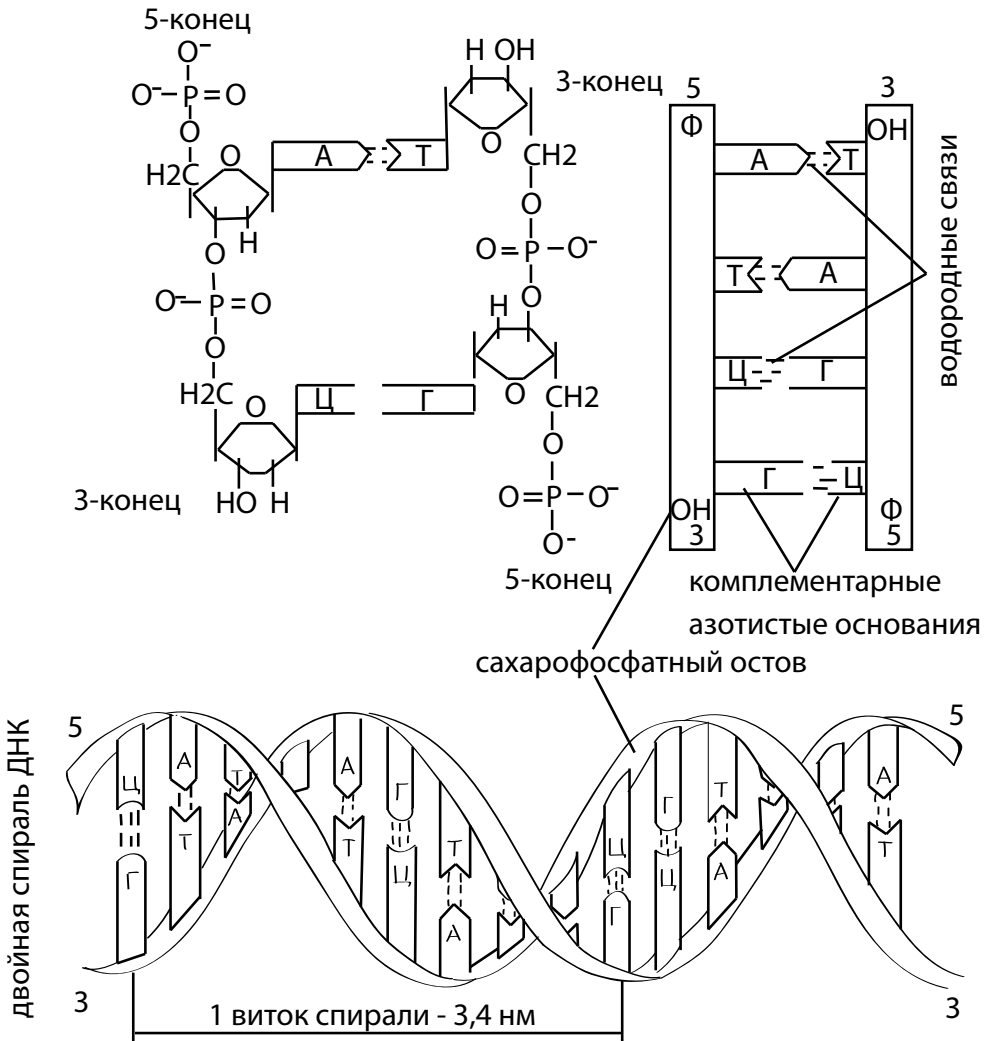


Рис. 6. Вторичная структура ДНК

3. Антипараллельность

Правило антипараллельности состоит в том, что на одном конце двойной цепи ДНК имеется 5'-конец, а с другой 3'-конец. Для процесса репликации важно, что ДНК-полимераза может удлинять только 3'-конец. Цепочка ДНК может расти только своим 3'-концом.

4. Полуконсервативность

В ДНК в результате репликации происходит образование двух дочерних спиралей, каждая из которых сохраняет в неизменном виде одну из цепей материнской ДНК.

1.2. Реакции матричного синтеза: репликация ДНК

Процесс воспроизведения генетической информации состоит из трёх этапов, так называемых реакций матричного синтеза:

1. **Репликация** — удвоение молекулы ДНК.
2. **Транскрипция** — синтез всех типов РНК.
3. **Трансляция** — биосинтез белка на основе информации, закодированной в и(м)РНК.

Процессы транскрипции и трансляции объединяют в понятие **экспрессии генов**.

Репликация ДНК — это процесс самовоспроизведения (редупликации) молекулы, происходящий в синтетический период интерфазы, т. е. перед делением клетки, при котором обеспечивается точное копирование генетической информации и передача её от поколения поколению.

Условная схема репликации

Репликация осуществляется по принципу комплементарности, при помощи фермента ДНК-зависимой — ДНК-полимеразы (в дальнейшем ДНК-полимераза), в направлении $5' \rightarrow 3'$ и носит *полуконсервативный характер*: одна нить «старая» — материнская (родительская), а вторая нить «новая» — вновь синтезированная (см. рис. 7).

В процессе полуконсервативной репликации в момент деления клетки дочерние клетки приобретают одну родительскую цепь ДНК (копию), вторая же вновь синтезируется. Аналогичный процесс повторяется при формировании последующих копий дочерних клеток второго поколения из клеток первого поколения. В итоге только две дочерние клетки второго поколения содержат по одной исходной материнской ДНК, образующей двойную спираль с вновь синтезированной цепью. Остальные две дочерние клетки второго поколения не содержат исходной родительской ДНК (см. рис. 8).

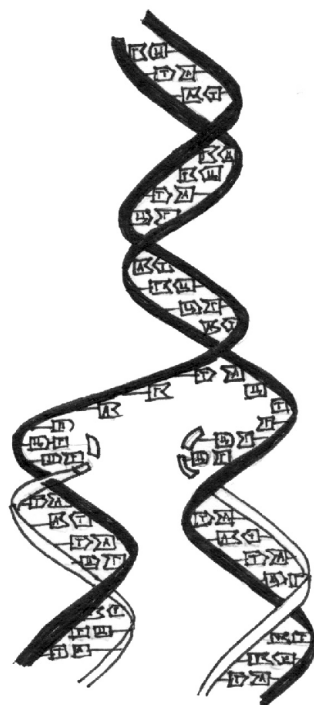


Рис. 7. Процесс полуконсервативной репликации

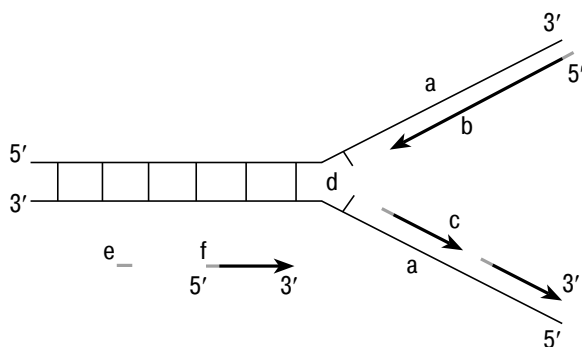


Рис. 8. Репликативная вилка

Механизм репликации обеспечивают следующие ферменты:

1. ДНК-гираза (топоизомераза) — «снимает» сверхспирализацию с ДНК.
2. Хеликаза — раскручивает двухцепочечную спираль ДНК с образованием репликативной «вилки».
3. ДНК-связывающие белки (SSB-белки) в виде тетра- или гексамеров присоединяются к материнским нитям ДНК и препятствуют восстановлению спирали.
4. ДНК-полимераза 1 — обладает полимеризующей активностью, но только на одноцепочечных «бреших», а также способна удалять (гидролизовать) РНК-затравки (праймеры).
5. Праймаза — синтезирует РНК-затравки (праймеры) на противоположно направленной нити материнской ДНК.
6. ДНК-полимераза 3 — основной полимеризующий фермент, образует основную (лидирующую) дочернюю нить ДНК, а также фрагменты Оказаки.
7. ДНК-лигаза, «сшивает» все фрагменты ДНК, образующиеся при синтезе отстающей дочерней цепи ДНК.

Репликация, как и любая реакция матричного синтеза, имеет 3 стадии:

1. **Инициация** — начало синтеза биополимеров.
2. **Элонгация** — удлинение полимерных молекул ДНК, РНК или белков.
3. **Терминация** — завершение синтеза.

Инициация репликации происходит при устранении сверхспирализации ДНК ферментом ДНК-гиразой, с последующим раскручиванием спирали ДНК при помощи хеликазы и образованием репликативной «вилки» (см. рис. 9).

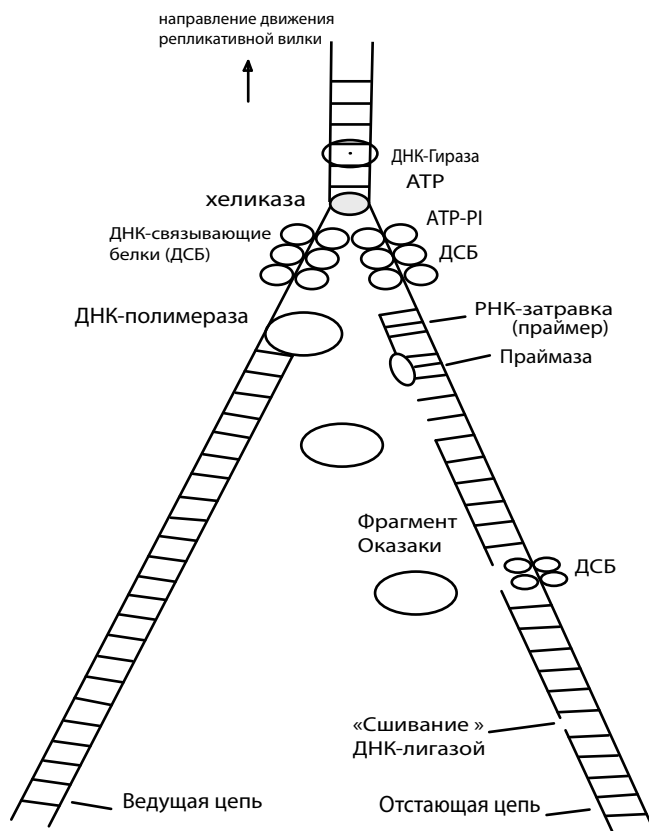


Рис. 9. Схема репликации молекулы ДНК

На свободный 3'-конец материнской цепи присоединяется ДНК-полимераза β и начинает синтез непрерывной (лидирующей) дочерней цепи ДНК в направлении $5' \rightarrow 3'$.

Вторая дочерняя нить ДНК синтезируется прерывисто, по причине противоположной направленности материнской нити ДНК. В начале праймаза синтезирует РНК-затравки (праймеры), к 3'-концам которых присоединяется ДНК-полимераза β , образуя фрагменты Оказаки (100–1000 п. н.) — участки дочерней цепи ДНК.

Затем праймеры гидролизуются ферментом ДНК-полимеразой 1, образуя «бреши» из одноцепочечной ДНК достраиваются, а фермент лигаза «сшивает» весь набор фрагментов ДНК в единое целое (см. рис. 9).

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru