

Цитология (биохимия клетки, метаболизм)

Межшкольный факультатив
18.12.2019 года

**Время
вспомнить
о ЕГЭ**



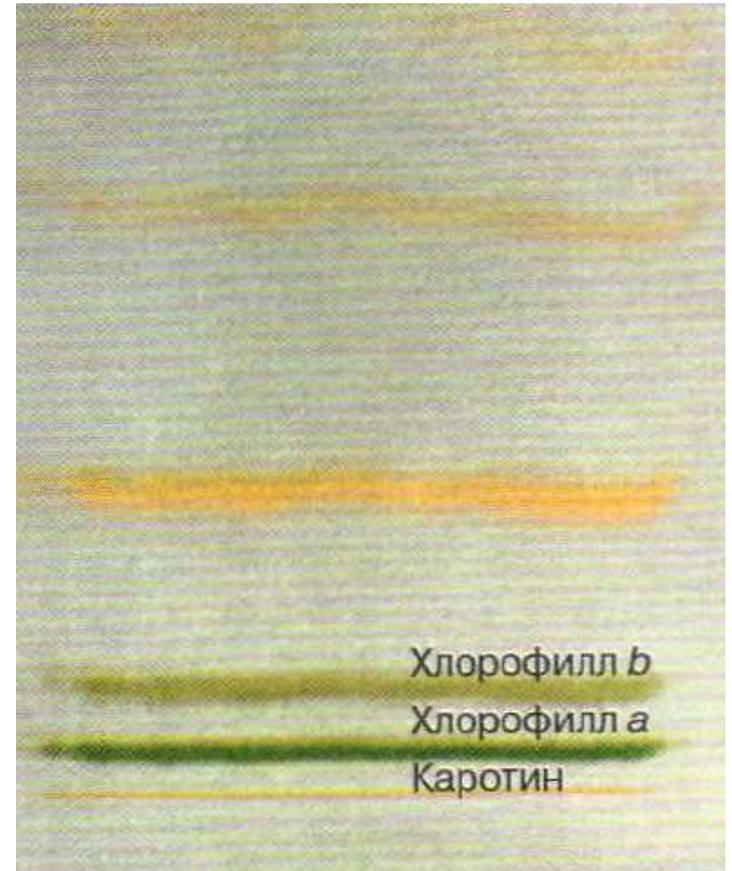
Основные положения современной клеточной теории

1. Клетка – это структурно – функциональная единица живого, представляющая собой элементарную живую систему. Для ее характерны все признаки живого.
 2. Клетки разных организмов имеют сходный химический состав и план строения .
 3. Новая клетка возникает в результате деления исходной клетки.
 4. Многоклеточные организмы развиваются из одной исходной клетки.
 5. Сходство клеточного строения организмов свидетельствует о единстве их происхождения.
-



Методы изучения клетки

- ▶ **Микроскопия** (изучение с помощью микроскопа морфологии клетки).
- ▶ **Хроматография** основана на разной скорости движения через адсорбент растворенных в специальном растворе веществ



Методы изучения клетки

▶ Электрофорез -

разделению смеси веществ в растворе способствует электрический ток.

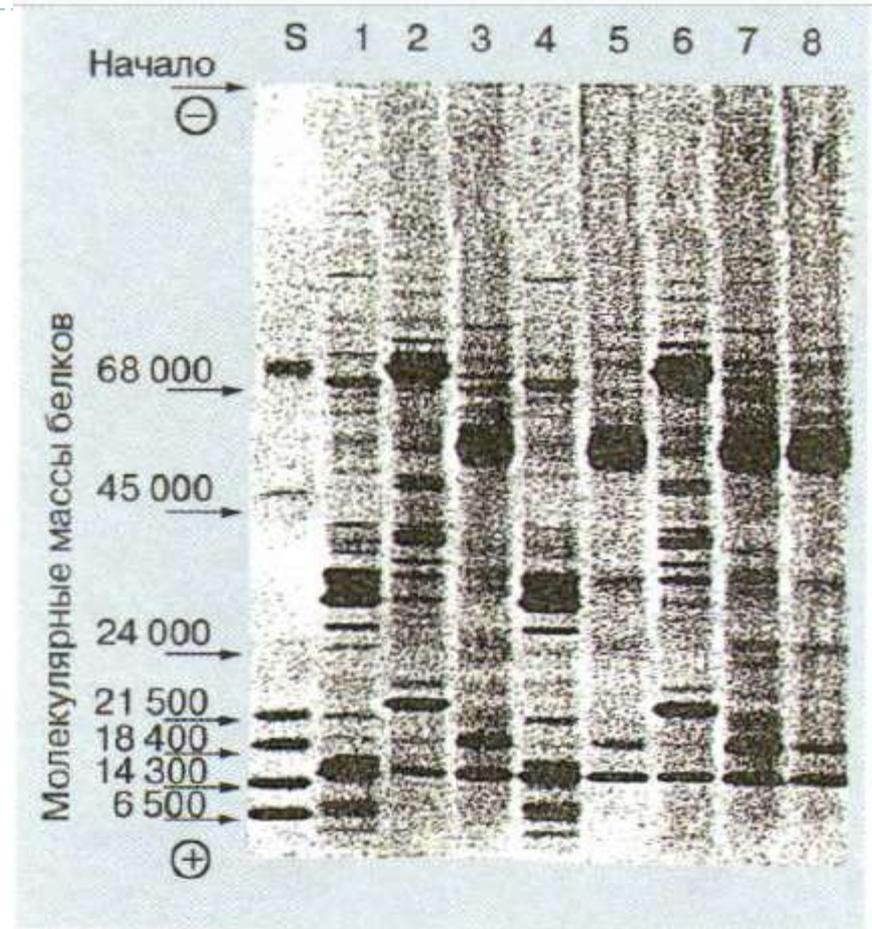


Рис. 22. Разделение белков электрофорезом в геле

Методы изучения клетки

- ▶ **Метод меченных атомов** — основан на введении радиоактивного изотопа какого — либо химического элемента в состав вещества для того, чтобы проследить путь его превращений в клетке
- ▶ **Центрифугирование** — используют для разделения клеточных структур и макромолекул, позволяет очистить макромолекулы, выделенные из клетки, разделить органоиды клетки



Методы изучения клетки

- ▶ **Метод культуры клеток и тканей** – позволяет изучить живые клетки под микроскопом, наблюдать за их ростом и размножением вне организма, выделять факторы роста, устанавливать влияние на них различных веществ, получать клеточные гибриды путем слияния целых клеток или их отдельных компонентов.
 - ▶ **Метод рекомбинантных ДНК**. Для изучения процессов, протекающих в клетке, в том числе функций генов, ДНК «вырезают» из клетки и далее ее встраивают в генетический аппарат бактерии или вируса и изучают его структуру, синтезируют новые гены и т.п. Этот метод применяют в генной инженерии для изучения механизма наследственности и мутагенеза.
-



Химический состав клетки

**Неорганические
вещества**

**Органические
вещества**

Вода
Минеральные
вещества

Белки
Углеводы
Липиды
НК
АТФ
Витамины



Химические элементы клетки

Основу организмов составляют 4 элемента:

- ▶ кислород
- ▶ углерод
- ▶ водород
- ▶ азот

95%

Элементы, входящие в состав организмов, называются элементами – биогенами

Макроэлементы

Микроэлементы

Ультрамикроэлементы

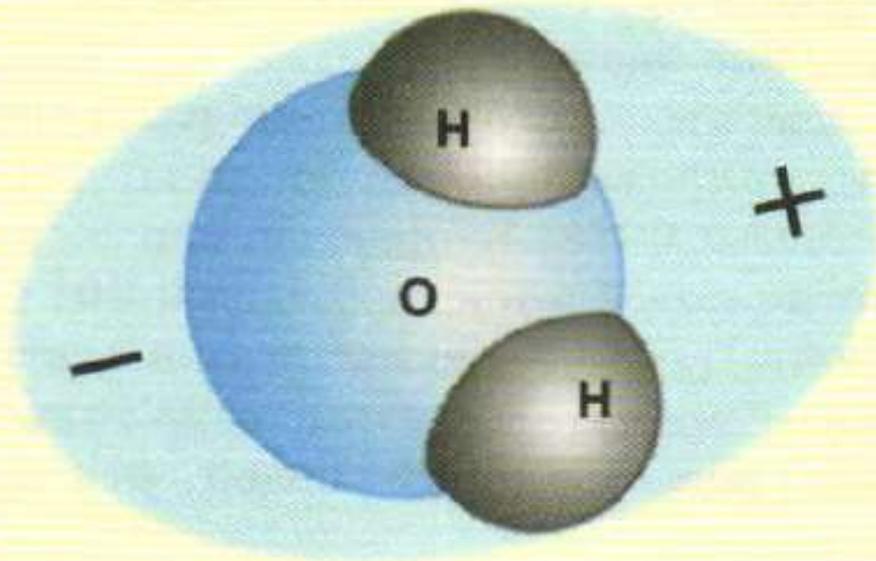
Химические элементы клетки

Содержание некоторых химических элементов в клетке
(в % на сухую массу)

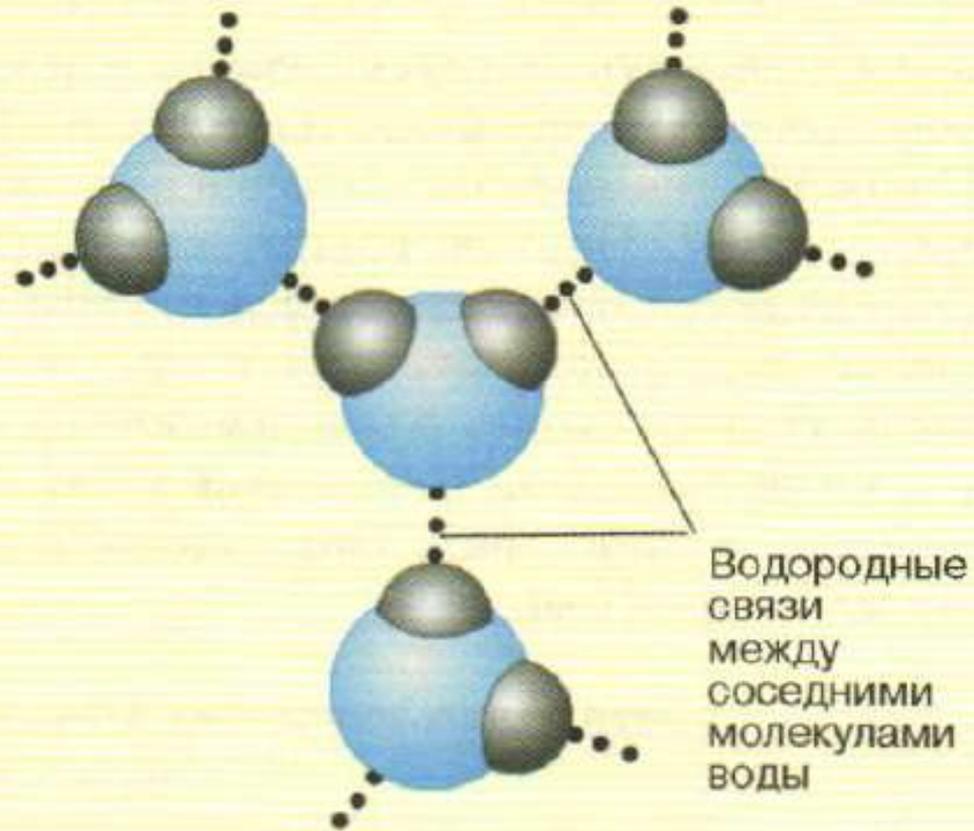
Макроэлементы (70—0,1 %)	Микроэлементы (0,1—0,001 %)	Ультрамикроэлементы (0,001—0,000001 %)
Кислород (O) — 70—62 Углерод (C) — 20—18 Водород (H) — 10—9 Азот (N) — 3,0— 0,3 Фосфор (P) — 0,98—0,07 Сера (S) — 0,16—0,05 Кальций (Ca) — 2,5—0,3 Калий (K) — 0,3—0,2 Натрий (Na) — 0,1—0,03	Магний (Mg) — 0,07—0,03 Железо (Fe) — 0,02—0,01 Хлор (Cl) — 0,08—0,01 Кремний (Si) — 0,1—0,0001 Алюминий (Al) — 0,02—0,0001 Марганец (Mn) — 0,001—0,0001	Цинк (Zn) — 0,0002 Медь (Cu) — 0,0001 Бром (Br) — 0,0001 Фтор (F) — 0,00001 Йод (I) — 0,000001 (менее 0,000001 % и следовые количества) Селен (Se) Серебро (Ag) Золото (Au) Ртуть (Hg) Бериллий (Be)



ВОДА



Молекула воды — диполь



Водородные связи между соседними молекулами воды



Уникальные свойства воды:

- ▶ полярность молекул
- ▶ способность молекул к образованию водородных связей
- ▶ большое поверхностное натяжение
- ▶ высокая теплоемкость
- ▶ высокая температура плавления и кипения
- ▶ вода – универсальный растворитель

Гидрофильные вещества

Гидрофобные вещества

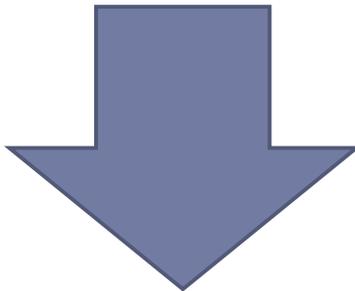
Вода определяет объем и тургор клетки. **Тургор** – это напряженное состояние плазматической мембраны, создаваемое давлением внутриклеточной жидкости.



Минеральные вещества

Ионы

**Ионы калия
Ионы натрия
Ионы кальция
Ионы хлора
Ионы магния
Ионы йода
Ионы железа**



Твердые нерастворимые соли

**Фосфаты
Карбонаты**

**Входят в состав костей,
зубов, раковин**

Минеральные вещества

K^+

Na^+

- создают трансмембранный потенциал клетки, обеспечивая возбудимость ее наружной мембраны и проведение нервного импульса
- активизируют ферменты белкового синтеза и фотосинтеза, стимулируют рост растений, выработку гормонов.

Ca^{2+}

- компонент клеточной оболочки растений, из них формируются кости и зубы животных
- влияют на реакцию свертывания крови, сокращения скелетных мышц

Cl^-

- входят в состав соляной кислоты
- активизирует деятельность пищеварительных ферментов и обеззараживает пищу

Минеральные вещества



- компонент молекулы хлорофилла, содержится в костях и зубах
- принимает участие в синтезе ДНК, активизирует энергетический обмен в клетке



- входит в состав гормона щитовидной железы – тироксина, влияющего на скорость обмена веществ в организме и потребление кислорода. При его недостатке или избытке развиваются гормональные заболевания (микседема, базедова болезнь)



- входит в состав гемоглобина, хрусталика, роговицы глаза
- является активатором ферментов, участвует в синтезе хлорофилла

Белки

Белки — это полимеры с большой молекулярной массой, мономерами которых являются аминокислоты.

Кроме АК в состав белков могут входить небелковые компоненты, содержащие комплексы металлов и органических веществ.

В состав белков входят 20 АК.

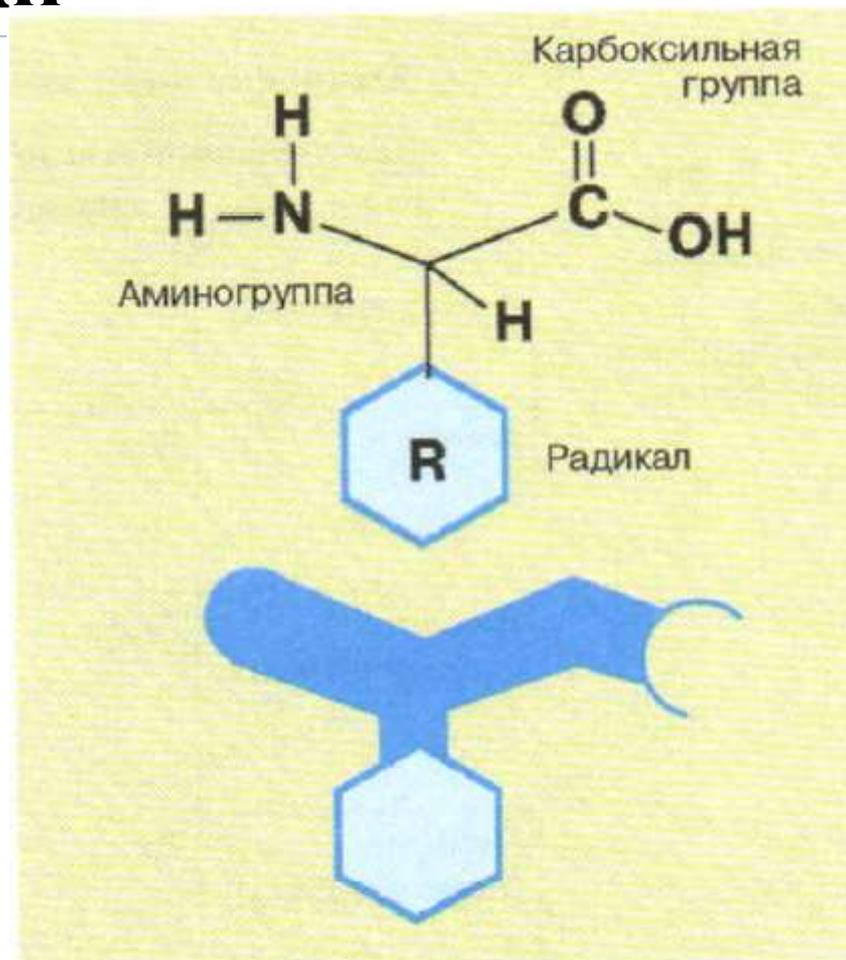


Рис. 28. Структура аминокислоты. Общая формула и схема

Белки

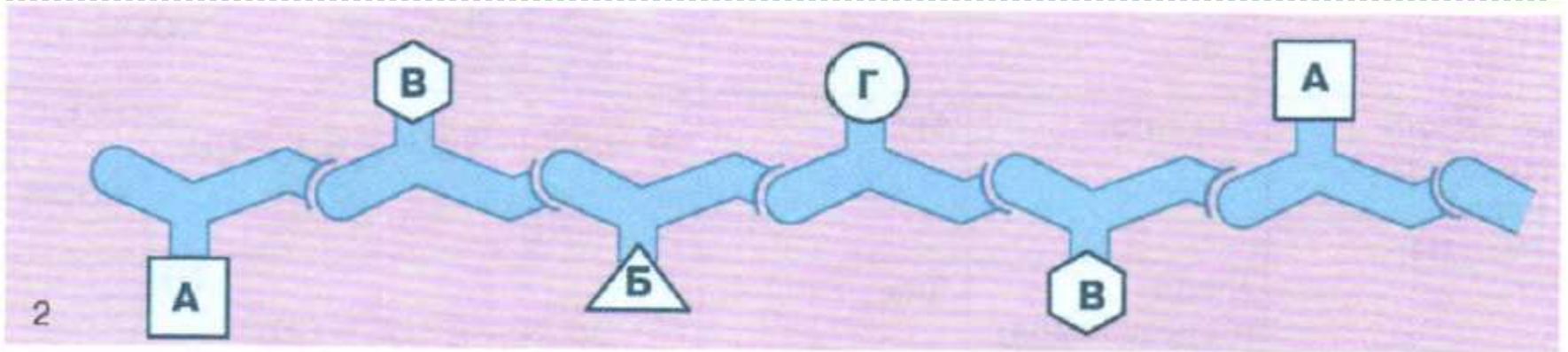
Аминокислоты – это органические вещества, содержащие в молекуле карбоксильную группу ($-\text{COOH}$) и аминогруппу ($-\text{NH}_2$), связанные с одним и тем же атомом углерода.

Карбоксильная группа определяет их кислотные свойства, аминогруппы – основные.

АК отличаются друг от друга строением *радикала*. Особенности радикалов, их расположение в молекуле влияют на структуру, физические и химические свойства белков, определяют их биологические функции.



Структуры белка



Первичная структура белка – это число и последовательность АК в полипептидной цепи, связанных пептидной связью.



Структуры белка

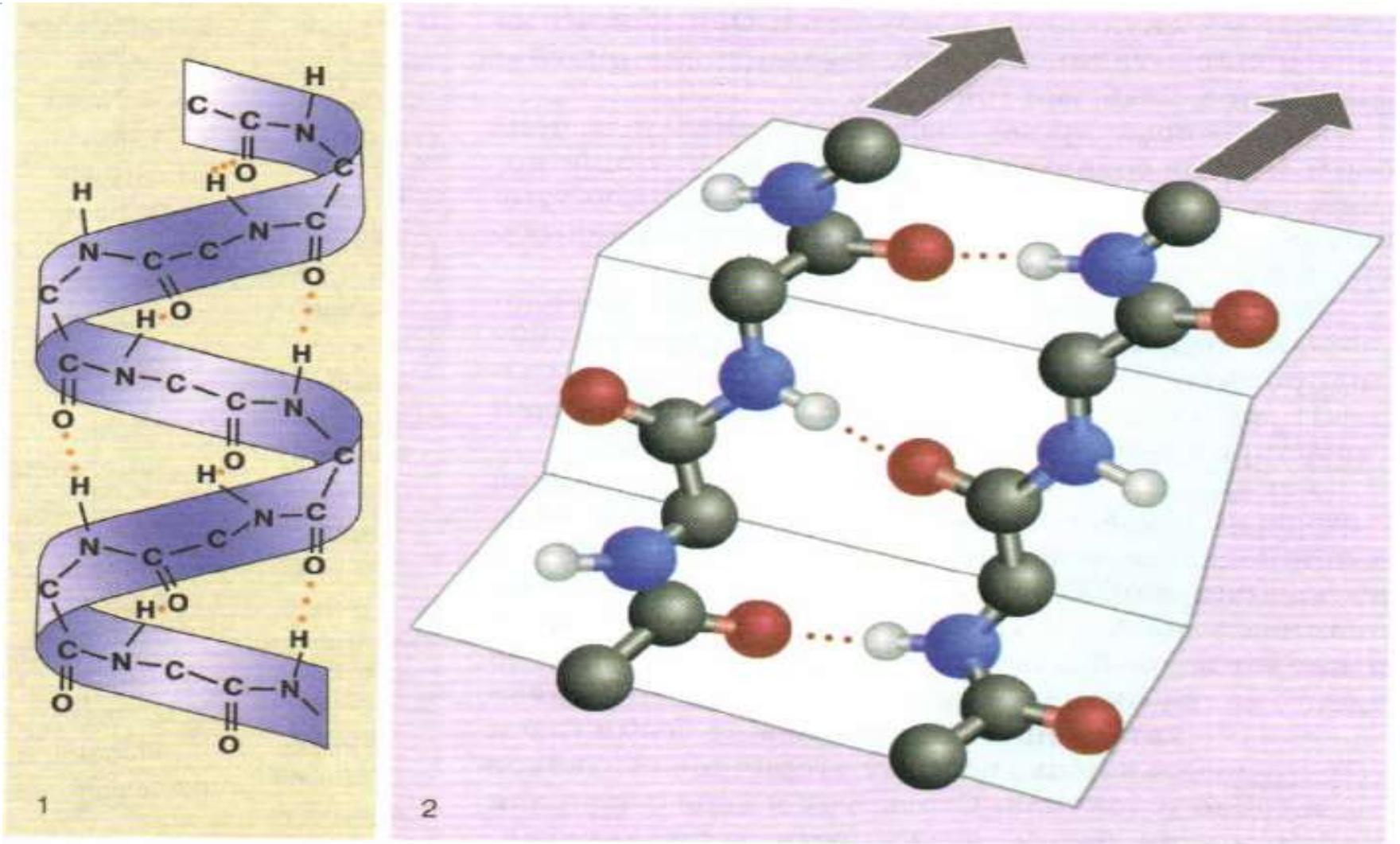


Рис. 31. Вторичная структура белка: 1 — α -спираль; 2 — β -структура

Структуры белка

Вторичная структура белка – это определенная компоновка полипептидной цепи за счет водородных связей, возникающих между СО- и NH- группами.

α- спираль – полипептидная цепь, закрученная спирально и удерживаемая водородными связями, возникающими между группами –СО- и – NH- в витках спирали.

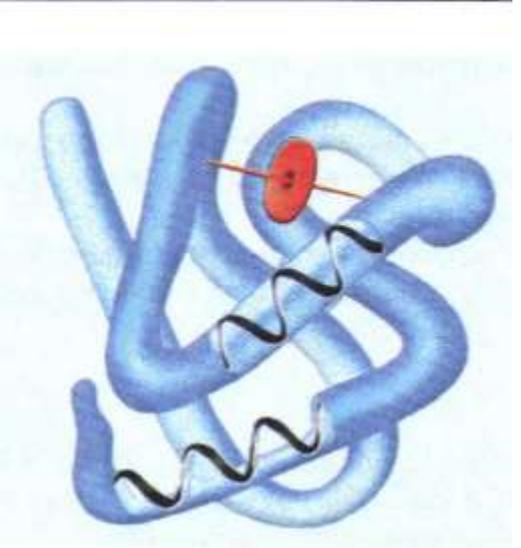
β – структура – это слоистая, складчатая структура, образованная параллельно расположенными участками полипептидных цепей. Слои в этой структуре также связаны друг с другом водородными связями.



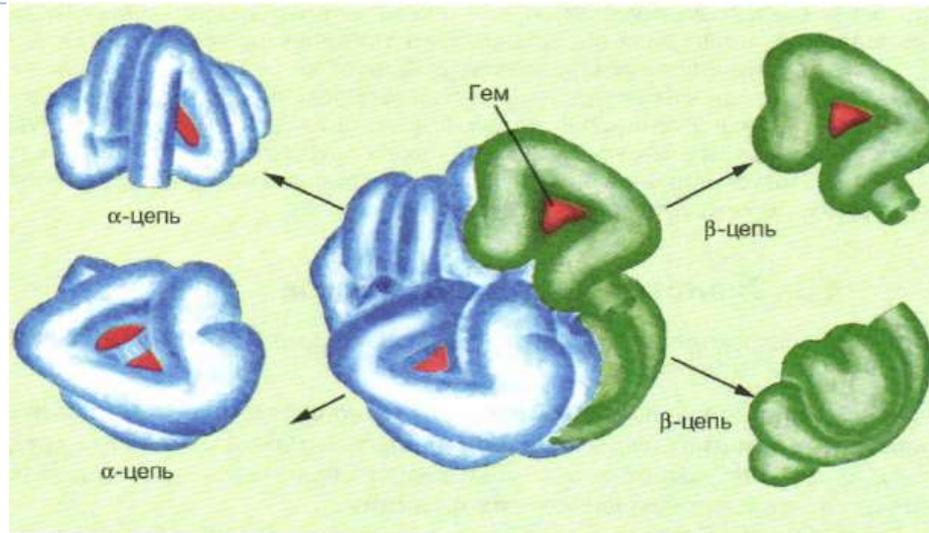
Структуры белка

Третичная структура белка – это пространственная конфигурация белка в виде компактных глобул.

Она поддерживается за счет взаимодействий между радикалами АК: ковалентных дисульфидных мостиков, ионных, водородных связей, гидрофобных взаимодействий.



Структуры белка

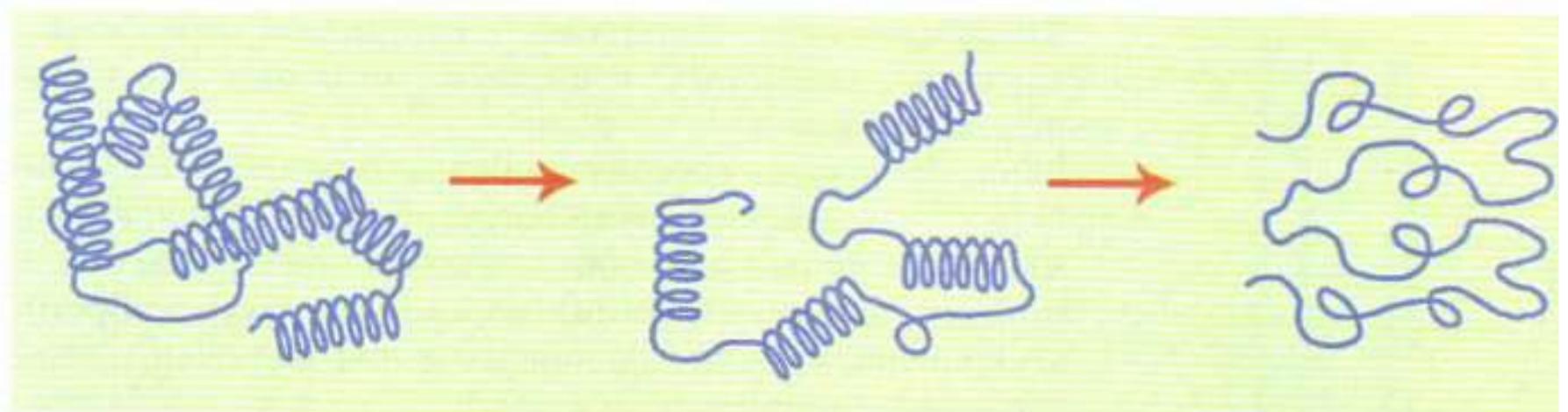


Четвертичная структура образуется при взаимодействии нескольких полипептидных цепей друг с другом.

Белок гемоглобин состоит из 4-х субъединиц: двух α - цепей и двух β – цепей. В центре белковой молекулы находится органическое вещество небелковой природы – ГЕМ, содержащий ион железа.

Свойства белков

Изменение структуры и потеря белком его природных свойств и структуры под действием каких-либо факторов называется денатурацией.



Классификация белков

- ▶ **Простые белки (протеины)** – состоят только из полипептидных цепей (яичный белок, антитела, фибриноген, кератин, коллаген).
 - ▶ **Сложные белки** – содержит полипептидные цепи и небелковый компонент (гемоглобин, хлорофилл, муцин слюны, казеин молока)
-



Функции белков

- ▶ **Ферментативная** (белки – ферменты – это биокатализаторы, которые ускоряют все химические реакции).
 - ▶ **Строительные белки** образуют мембраны клеток, тело рибосом.
 - ▶ **Двигательная** (сократительные белки входят в состав мышечных волокон (актин, миозин), ресничек, жгутиков).
 - ▶ **Транспортные белки** связывают и переносят вещества внутри клетки и организма (гемоглобин).
 - ▶ **Регуляторные белки** – влияют на обмен веществ в клетке и организме (гормон инсулин).
 - ▶ **Рецепторные белки** (родопсин – входит в состав светочувствительных клеток сетчатки глаза, обеспечивает появление нервного импульса).
 - ▶ **Защитные белки** (интерферон, иммуноглобулины – образуют антитела).
 - ▶ **Белки – токсины** (нейротоксин – блокирует передачу нервных импульсов).
 - ▶ **Энергетическая функция** (1г белка = 17, 6 кДж энергии).
 - ▶ **Запасная функция** (белок куриного яйца, казеин молока, клейковина зерновок злаков).
-



Углеводы

Углеводы – это сахаристые или сахароподобные вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$

- ▶ **Моносахариды** – состоят из шести (гексозы) или пяти (пентозы) атомов углерода (глюкоза, рибоза, дезоксирибоза)
 - ▶ **Дисахариды** – образованы двумя остатками простых сахаров и имеют общую формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$ (свекловичный сахар, солодовый сахар, молочный сахар)
 - ▶ **Полисахариды** – периодические полимеры, мономерами которых являются повторяющиеся остатки моносахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин).
-



Функции углеводов

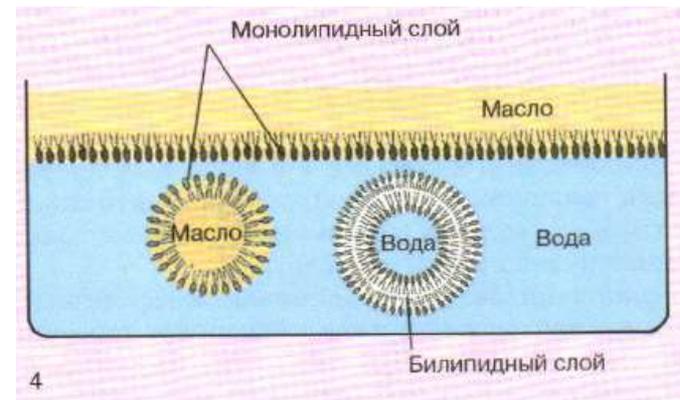
- ▶ **Строительная** (целлюлоза, ХИТИН)
 - ▶ **Запасающая** (крахмал, гликоген)
 - ▶ **Энергетическая** (1г углеводов = 17,6 кДж энергии)
-



Липиды

Липиды – высокомолекулярные органические вещества, основу которых составляют высшие жирные кислоты или высокомолекулярные спирты.

- ▶ **Триглицериды** – сложные эфиры глицерина и трех остатков высших жирных кислот (твердые, жидкие масла)
- ▶ **Фосфолипиды** – похожи на триглицериды, но один остаток высшей жирной кислоты замещен у них на фосфорную кислоту
- ▶ **Воски и стериды (стеролы)** – относятся к классу высокомолекулярных циклических спиртов



Функции липидов

- ▶ **Энергетическая** (1г липидов = 38, 9 кДж энергии)
 - ▶ **Запасающая** (резерв энергии, источник воды)
 - ▶ **Строительная** (фосфолипиды образуют мембранные структуры клетки (плазматическая мембрана, ядерная оболочка...))
 - ▶ **Защитная** (триглицериды и воски - от переохлаждения, повреждения внутренних органов, водоотталкивание)
 - ▶ **Регуляторная** (стериды – гормон тестостерон)
-



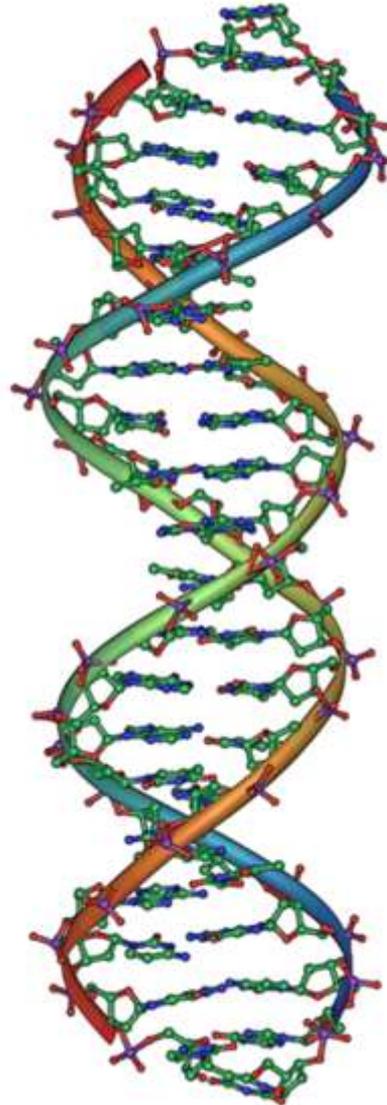
Нуклеиновые кислоты

- ▶ НК – это полимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.
- ▶ Нуклеотид состоит из остатка фосфорной кислоты, углевода – моносахарида (рибоза в РНК, дезоксирибоза в ДНК) и азотистого основания.



ДНК

- ▶ Состоит из 2-х спирально закрученных полинуклеотидных цепей, которые удерживаются за счет водородных связей между азотистыми основаниями (А=Т, Г≡Ц)
- ▶ Расстояние между соседними нуклеотидами 0,34 нм
- ▶ Функции ДНК: хранение и передача наследственной информации, является матрицей для синтеза РНК и новых молекул ДНК.

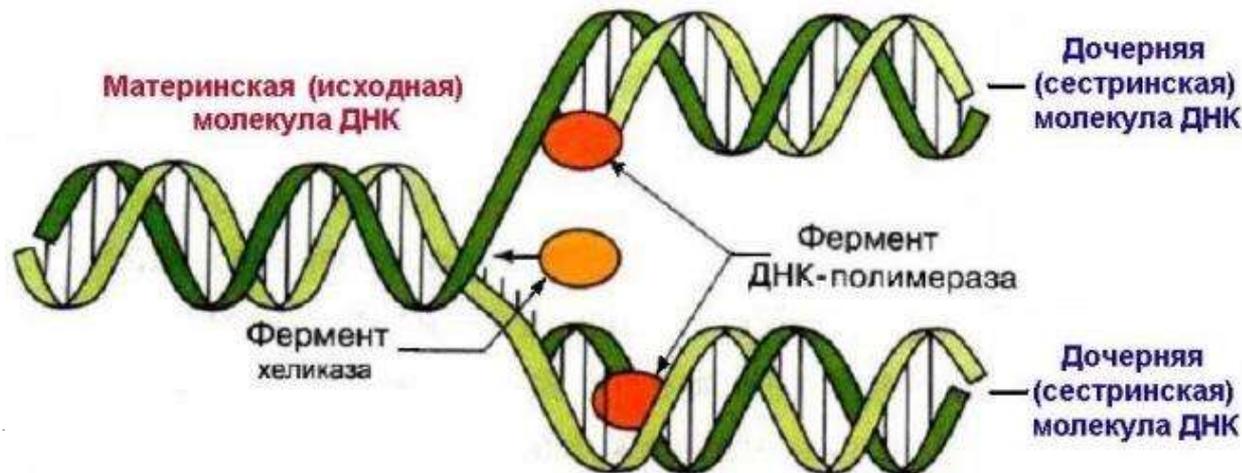


Репликация — это процесс самоудвоения молекулы ДНК, осуществляемый под контролем ферментов

При репликации молекулы ДНК водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями (аденином — тимином и гуанином — цитозином) рвутся при помощи специального фермента — **хеликазы** — и цепи расходятся.

Этапы процесса репликации ДНК

- ▶ Сначала молекула ДНК «расшнуровывается» — цепи молекулы расплетаются и расходятся (каждая из двух цепей будет служить своеобразной матрицей, на которой будет синтезироваться новая цепь).
- ▶ Фермент **ДНК-полимераза** «прикрепляет» новые нуклеотиды к матрице по принципу комплементарности (к аденину — тимин, к цитозину — гуанин, и наоборот).
- ▶ Как только процесс заканчивается, новые дочерние (сестринские) молекулы расходятся и скручиваются в спирали.



РНК

- ▶ Молекулы РНК состоят из одной полинуклеотидной цепи, которая может иметь прямые и спиральные участки, образовывать петли
- ▶ Молекулы РНК находятся в ядре, цитоплазме, хлоропластах, митохондриях, рибосомах.

- ▶ **Виды РНК:**

mРНК – переносит информацию о первичной структуре белка от ДНК к рибосомам.

tРНК – это самая короткая молекула, состоящая из 70-80 нуклеотидов. Структуру tРНК схематично представляют в виде клеверного листа. Они транспортируют АК к месту синтеза белка – на рибосомы.

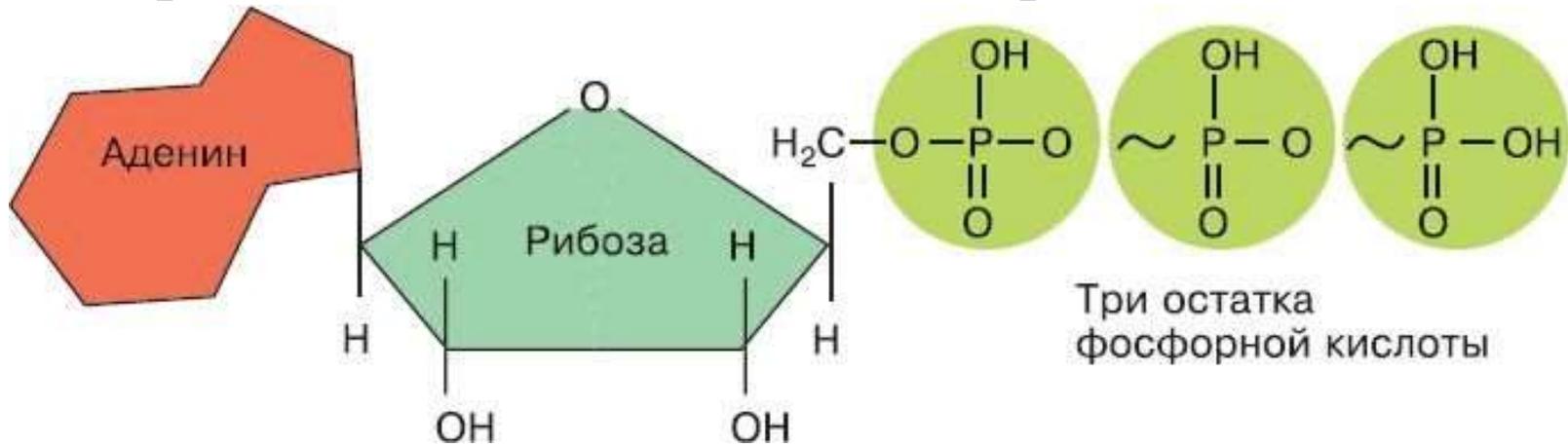
rРНК – строят тело рибосомы

Вирусные РНК – несут информацию о структуре вируса.



АТФ

- ▶ Состав: рибоза, аденин, три остатка фосфорной кислоты. Это вещество имеет макроэргические связи, которые обозначают волнистой чертой.



- ▶ Синтез АТФ осуществляется в митохондриях и в хлоропластах.
- ▶ АТФ – универсальный источник энергии

Метаболизм

Метаболизм – это совокупность всех реакций синтеза и распада протекающих в клетках, связанных с выделением или поглощением энергии.

←

Ассимиляция, анаболизм или пластический обмен – это совокупность реакций синтеза высокомолекулярных органических веществ из низкомолекулярных органических или неорганических, сопровождающихся поглощением энергии за счет распада молекул АТФ

→

Диссимиляция, катаболизм или энергетический обмен – это совокупность реакций распада высокомолекулярных органических веществ до низкомолекулярных органических или неорганических, сопровождающихся выделением энергии и запасанием ее в синтезируемых молекулах АТФ



Метаболизм

Типы обмена веществ:

- ▶ **Автотрофные организмы:** фототрофы, хемотрофы (растения, цианобактерии, хемосинтезирующие бактерии)
- ▶ **Гетеротрофные организмы** (животные, грибы, большинство бактерий)

Процессы диссимилиации:

- ▶ **Аэробы**
 - ▶ **Анаэробы**
-



Пластический обмен. Фотосинтез

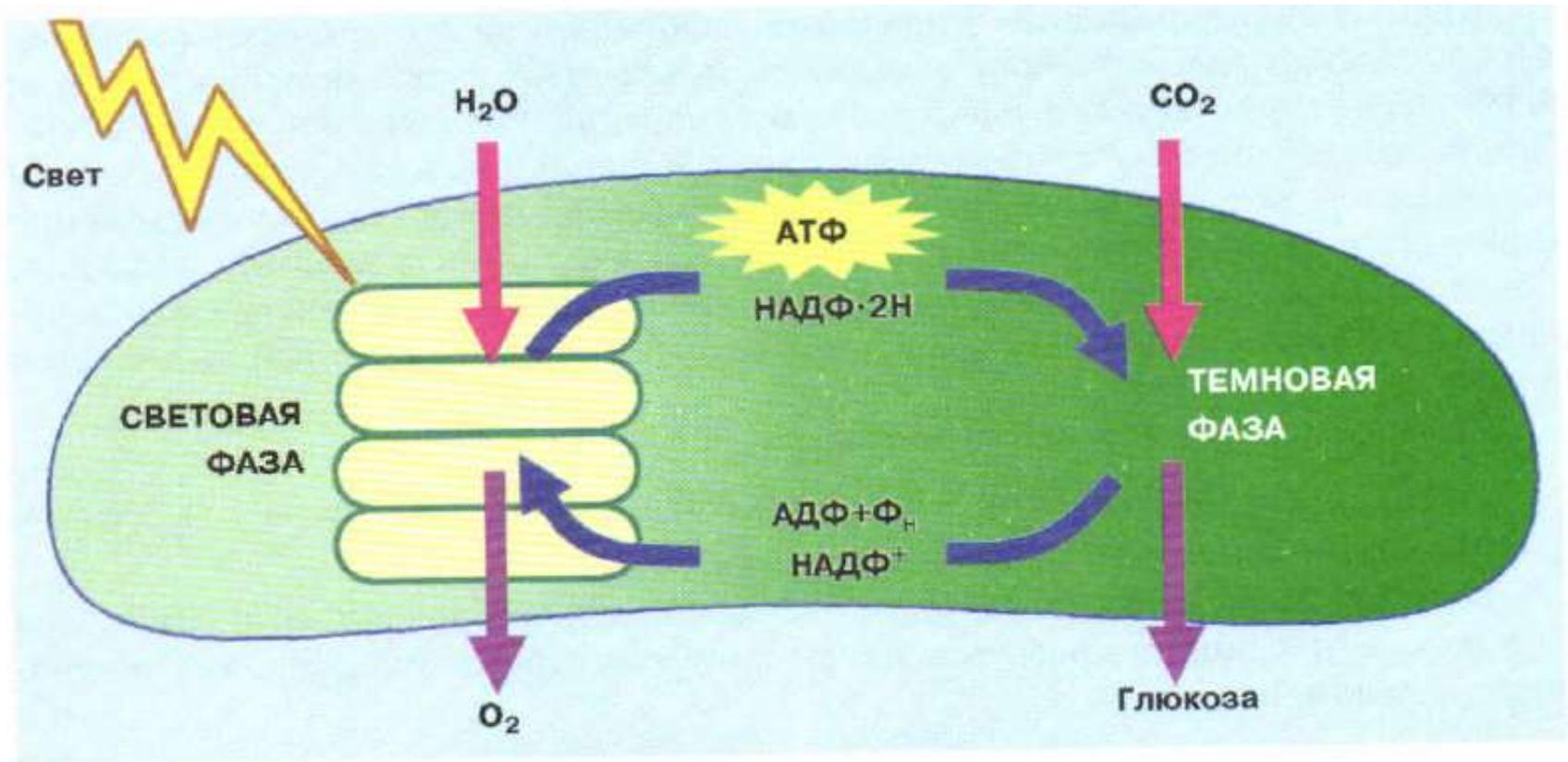
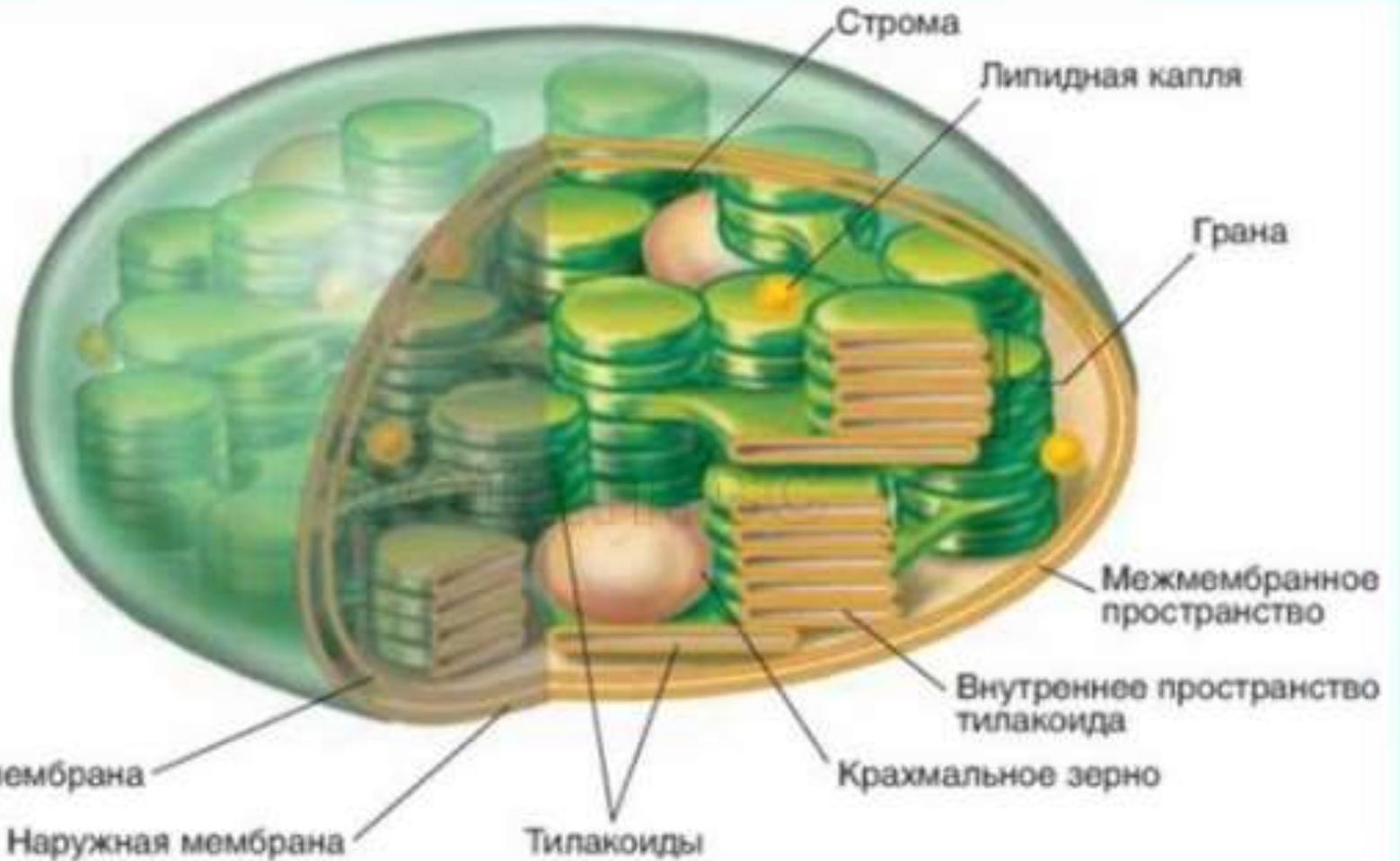


Рис. 72. Общая схема фотосинтеза

Фотосинтез



Световая фаза

- ▶ **Световая фаза** — это этап, на котором энергия света, поглощённая хлорофиллом, преобразуется в электрохимическую энергию в цепи переноса электронов. Она осуществляется на свету, на мембранах гран тилакоидов, при участии белков-переносчиков и *АТФ*-синтетазы.
 - ▶ Световая фаза фотосинтеза растений включает в себя **нециклическое фосфорилирование и фотолиз воды.**
-



Световая фаза

На фотосинтетических мембранах гран хлоропластов происходят следующие процессы:

- ▶ возбуждение электронов хлорофилла квантами света и их переход на более высокий энергетический уровень;
- ▶ восстановление акцепторов электронов — НАДФ^+ до $\text{НАДФ}\cdot 2\text{H}$;
- ▶ фотолиз воды, происходящий при участии квантов света:
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$.

Результатами световых реакций являются:

- ▶ фотолиз воды с образованием свободного кислорода;
 - ▶ синтез АТФ ;
 - ▶ восстановление НАДФ^+ до $\text{НАДФ}\cdot 2\text{H}$
-



Темновая фаза

- ▶ Реакции темновой фазы фотосинтеза протекают независимо от света.
 - ▶ **Темновая фаза** — процесс преобразования CO_2 в глюкозу с использованием энергии, запасённой в молекулах ATP и $NADP \cdot 2H$
 - ▶ Эти реакции осуществляются в **строме хлоропластов**, куда из тилакоидов поступают богатые энергией вещества: $NADP \cdot 2H$ и ATP , накопленные в реакциях световой фазы фотосинтеза.
 - ▶ Источник углерода (CO_2) растение получает из воздуха через устьица.
 - ▶ Превращение углекислого газа в глюкозу в ходе темновой фазы фотосинтеза получило название **цикла Кальвина** по имени его открывателя.
 - ▶ **Результатом темновых реакций** является превращение углекислого газа в глюкозу, а затем в крахмал.
 - ▶ Помимо молекул глюкозы в строме хлоропластов происходит образование аминокислот, нуклеотидов, спиртов.
-



ФОТОСИНТЕЗ

СВЕТ

Фотолиз
воды

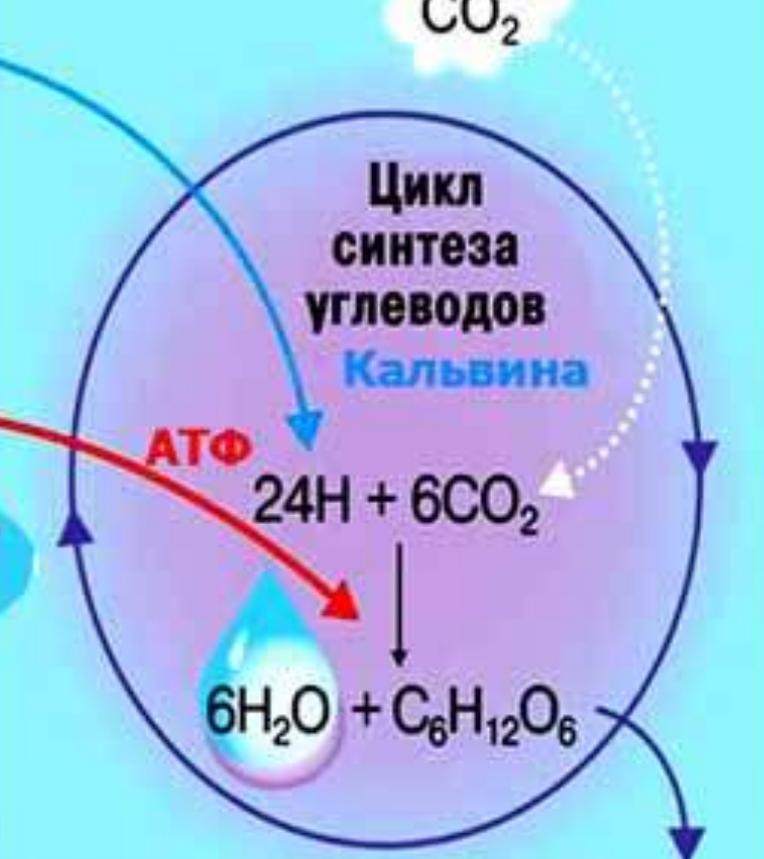


Х Л О Р О Ф И Л Л

СВЕТОВАЯ ФАЗА (в гранах хлоропласта)

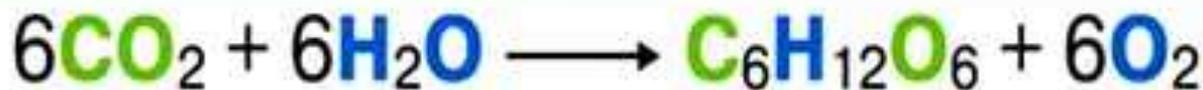
CO₂

Цикл
синтеза
углеводов
Кальвина



У Г Л Е В О Д Ы

ТЕМНОВАЯ ФАЗА (в строме хлоропласта)



Энергетический обмен (катаболизм, диссимилиация)

▶ У анаэробных организмов, обитающих в бескислородной среде и не нуждающихся в кислороде (а также у аэробных организмов при недостатке кислорода), энергетический обмен происходит **в два этапа: подготовительный и бескислородный.**

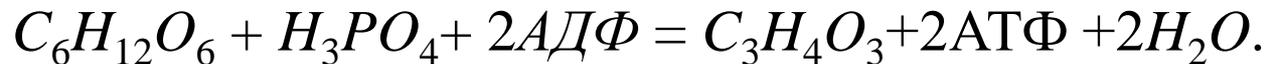
▶ **Этапы:**

1) Подготовительный этап заключается в распаде крупных органических молекул до более простых: полисахаридов — до моносахаридов, липидов — до глицерина и жирных кислот, белков — до аминокислот. Этот процесс называется пищеварением. У многоклеточных организмов он осуществляется в желудочно-кишечном тракте с помощью пищеварительных ферментов. У одноклеточных организмов — происходит под действием ферментов лизосом. В ходе биохимических реакций, происходящих на этом этапе, энергии выделяется мало, она рассеивается в виде тепла, и **АТФ не образуется.**

Энергетический обмен (катаболизм, диссимилиация)

Второй (бескислородный) этап (гликолиз) заключается в ферментативном расщеплении органических веществ, которые были получены в ходе подготовительного этапа.

- ▶ Гликолиз происходит в цитоплазме клеток.
- ▶ Он состоит из нескольких последовательных реакций превращения молекулы глюкозы $C_6H_{12}O_6$ в две молекулы пировиноградной кислоты — ПВК $C_3H_4O_3$ и две молекулы АТФ (в виде которой запасается примерно 40 % энергии, выделившейся при гликолизе). Остальная энергия (около 60 %) рассеивается в виде тепла.



Получившаяся пировиноградная кислота при недостатке кислорода в клетках животных, а также клетках многих грибов и микроорганизмов, превращается в молочную кислоту $C_3H_6O_3$.

Энергетический обмен (катаболизм, диссимилиация)

- ▶ Третий этап — кислородный (биологическое дыхание)
- ▶ Третий этап состоит из двух последовательных процессов — цикла Кребса и окислительного фосфорилирования.
- ▶ Протекает в митохондриях, где ПВК преобразуется в уксусную кислоту, соединяясь с веществом –переносчиком коэнзимом А (КоА). Образующийся ацетил –КоА вступает в серию циклических реакций.
- ▶ Третий (кислородный) этап заключается в том, что при кислородном дыхании ПВК окисляется до окончательных продуктов — углекислого газа и воды, а энергия, выделяющаяся при окислении, запасается в виде **36 молекул АТФ** (2 молекулы в цикле Кребса и 34 молекулы в ходе окислительного фосфорилирования).

Суммарная реакция энергетического обмена:



Генетический код

- ▶ **Генетический код** — это система записи генетической информации о последовательности расположения аминокислот в белках в виде последовательности нуклеотидов в ДНК или РНК.
- ▶ Каждой аминокислоте белка соответствует последовательность из трёх расположенных друг за другом нуклеотидов ДНК — **триплет**.
- ▶ Каждый триплет нуклеотидов кодирует определённую аминокислоту, которая будет встроена в полипептидную цепь.



Свойства генетического кода

1. **код триплетен.** Одна аминокислота кодируется тремя нуклеотидами.
2. **Код универсален.** Все живые организмы (от бактерии до человека) используют единый генетический код.
3. **Код вырожден.** Одна аминокислота кодируется более чем одним триплетом.
4. **Код однозначен.** Каждый триплет соответствует только одной аминокислоте.
5. **Код не перекрывается.** Один нуклеотид не может входить в состав нескольких кодонов в цепи мРНК.



Биосинтез белка

Биосинтез белка — это один из видов пластического обмена, в ходе которого наследственная информация, закодированная в генах ДНК, реализуется в определённую последовательность аминокислот в белковых молекулах.



Транскрипция

Транскрипция — это процесс снятия информации с молекулы ДНК синтезируемой на ней молекулой иРНК (мРНК).

- ▶ В ходе транскрипции участок двуцепочечной ДНК «разматывается», а затем на одной из цепочек синтезируется молекула иРНК.
- ▶ Информационная (матричная) РНК состоит из одной цепи и синтезируется на ДНК по принципу комплементарности.
- ▶ Как и в любой другой биохимической реакции, в этом синтезе участвует фермент — **РНК-полимераза**.
- ▶ Так как в одной молекуле ДНК может находиться множество генов, очень важно, чтобы РНК-полимераза начала синтез иРНК со строго определённого места ДНК. Поэтому в начале каждого гена находится особая специфическая последовательность нуклеотидов, называемая **промотором**. РНК-полимераза «узнаёт» промотор, взаимодействует с ним и, таким образом, начинает синтез цепочки иРНК с нужного места.
- ▶ Фермент продолжает синтезировать иРНК до тех пор, пока не дойдёт до очередного «знака препинания» в молекуле ДНК — **терминатора** (это последовательность нуклеотидов, указывающая на то, что синтез иРНК нужно прекратить).

Трансляция

Трансляция — это перевод последовательности нуклеотидов молекулы иРНК в последовательность аминокислот молекулы белка.

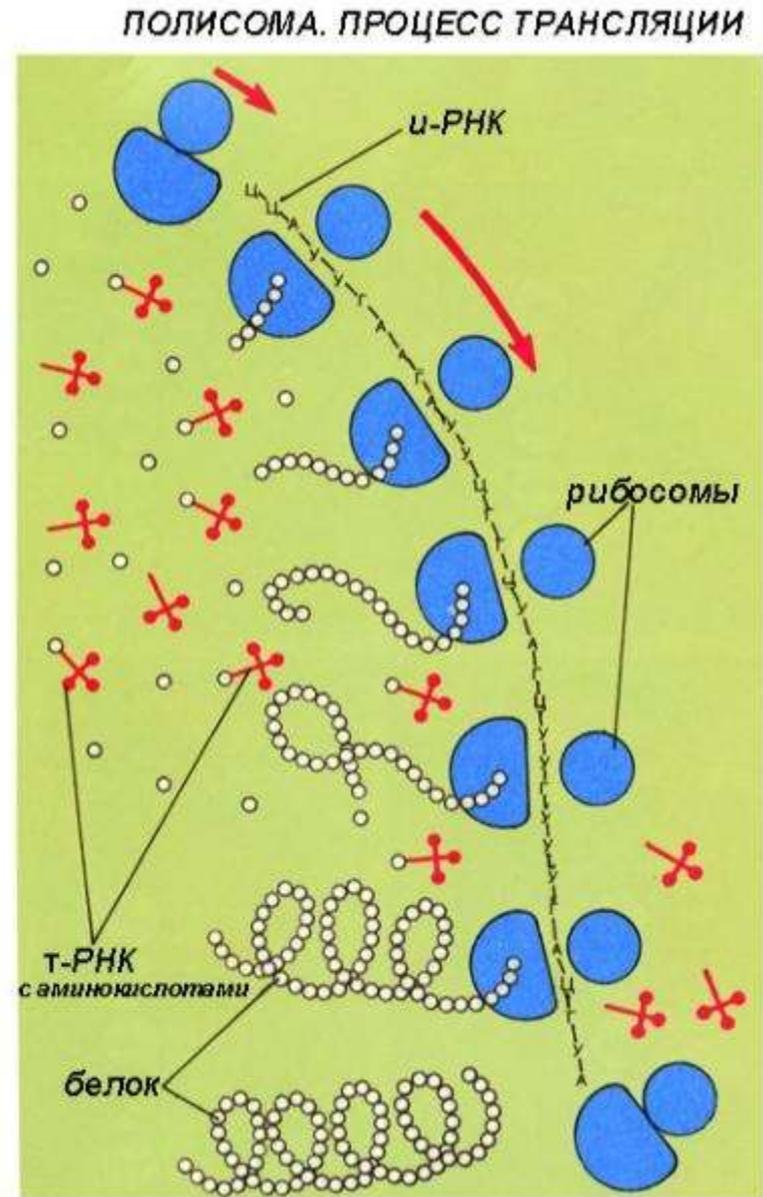
▶ Аминокислоты доставляются к рибосомам **транспортными РНК (тРНК)**. Любая аминокислота может попасть в рибосому, только прикрепившись к специальной тРНК.

▶ На тот конец иРНК, с которого нужно начать синтез белка, нанизывается рибосома. Она движется вдоль иРНК прерывисто, «скачками», задерживаясь на каждом триплете приблизительно 0,2 секунды.

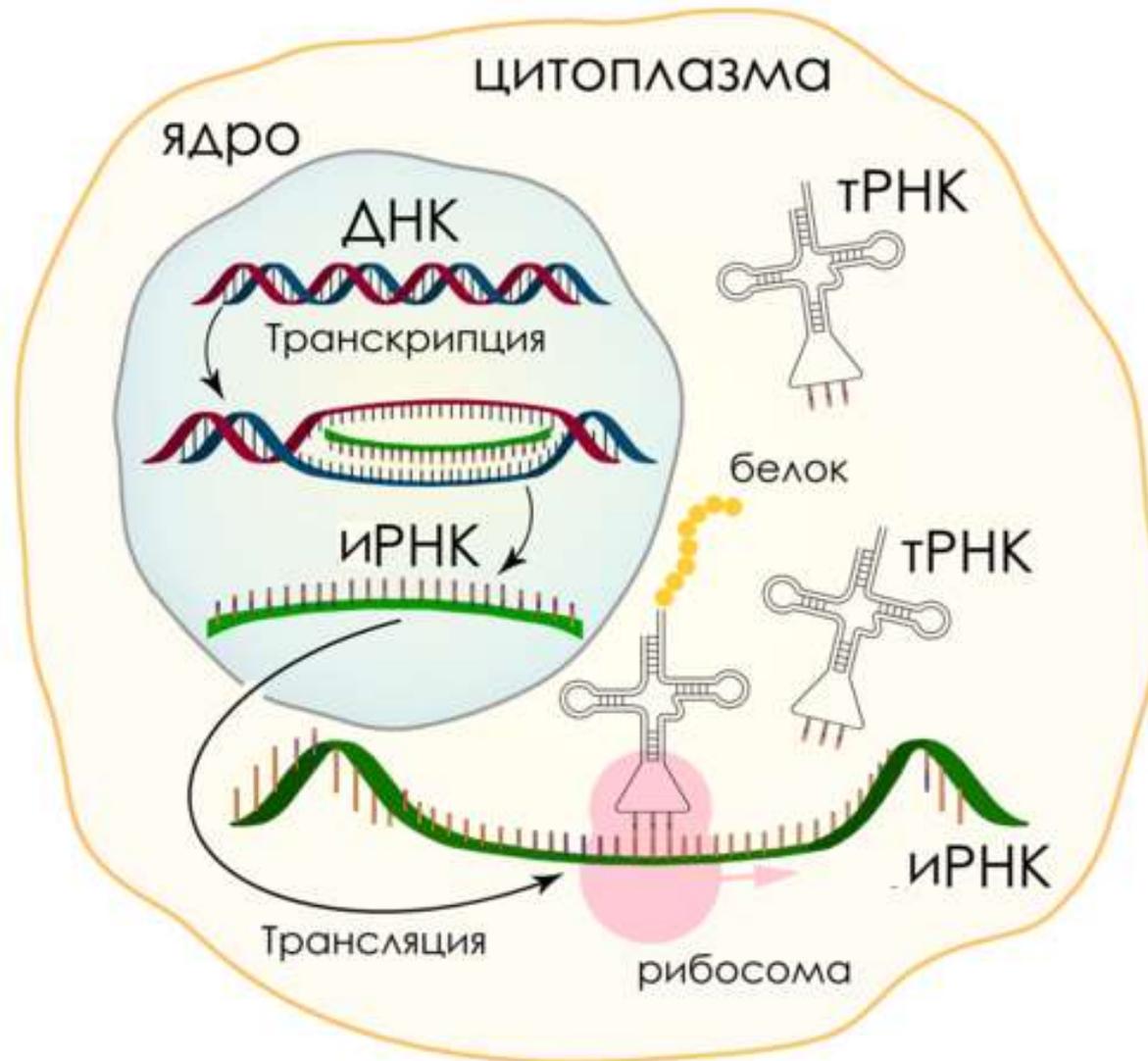
▶ За это время молекула тРНК, антикодон которой комплементарен кодону, находящемуся в рибосоме, успевает распознать его. Аминокислота, которая была связана с этой тРНК, отделяется от «черешка» тРНК и присоединяется с образованием пептидной связи к растущей цепочке белка. В тот же самый момент к рибосоме подходит следующая тРНК (антикодон которой комплементарен следующему триплету в иРНК), и следующая аминокислота включается в растущую цепочку.



Синтез белка продолжается до тех пор, пока на рибосоме не окажется один из трёх **стоп-кодонов** (УАА, УАГ или УГА). После этого белковая цепочка отсоединяется от рибосомы, выходит в цитоплазму и формирует присущую этому белку вторичную, третичную и четвертичную структуры.



Общая схема синтеза белка



- **Готовясь к экзаменам, помни, что все, к чему ты прилагаешь усилия, ты делаешь для себя.**