

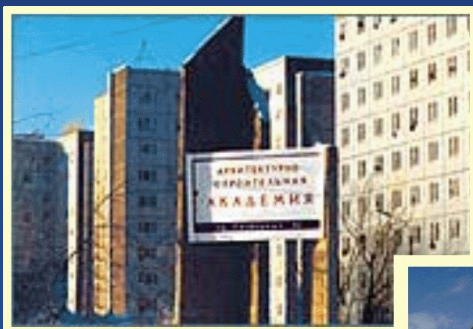
# ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования



## Сибирский федеральный университет

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии



Красноярск, 2008

Т. Н. Замай

# Биохимия

Факультет физической культуры и спорта  
Направление «Физическая культура»

УДК 577.1  
ББК 28.072  
3-26

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Биохимия» подготовлен в рамках реализации в 2007 г. программы развития ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» на 2007–2010 гг. по разделу «Модернизация образовательного процесса».

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;

Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

**Замай, Т. Н.**

3-26 Биохимия. Презентационные материалы. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: наглядное пособие / Т. Н. Замай. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Биохимия : УМКД № 295-2007 / рук. творч. коллектива Т. Н. Замай). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 5 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista* (32 бит) ; *Microsoft PowerPoint 2003* или выше.

ISBN 978-5-7638-1080-6 (комплекса)

ISBN 978-5-7638-0964-0 (пособия)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802381 от 22.11.2008 г. (комплекса)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802380 от 22.11.2008 г. (пособия)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Биохимия», включающего учебную программу, учебное пособие, методические указания по самостоятельной работе, методические указания по лабораторным работам, организационно-методические указания, а также контрольно-измерительные материалы «Биохимия. Банк тестовых заданий».

Представлена презентация (в виде слайдов) теоретического курса «Биохимия», охватывающая все темы данной дисциплины.

Предназначено для студентов направлений подготовки бакалавров 032100.62 «Физическая культура» и специалистов 032101.65 «Физическая культура и спорт» укрупненной группы 030000 «Гуманитарные науки».

© Сибирский федеральный университет, 2008

Рекомендовано к изданию Инновационно-методическим управлением СФУ

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения информационно-аналитического департамента СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 10.09.2008

Объем 5 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

# Оглавление

ЧАСТЬ 1. Статическая биохимия

ЧАСТЬ 2. Динамическая биохимия

ЧАСТЬ 3. Спортивная биохимия

# БИОХИМИЯ

## ЧАСТЬ 1

Статическая биохимия.

Строение, свойства, биологическая роль  
углеводов и липидов

# Оглавление

- 1.1. Строение, свойства, биологическая роль углеводов и липидов
- 1.2. Строение, свойства, биологическая роль белков
- 1.3. Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов
- 1.4. Витамины, ферменты
- 1.5. Гормоны, биологическая роль, классификация, механизм действия

# 1.1. Строение, свойства, биологическая роль углеводов и липидов

## Основные проблемы спортивной биохимии

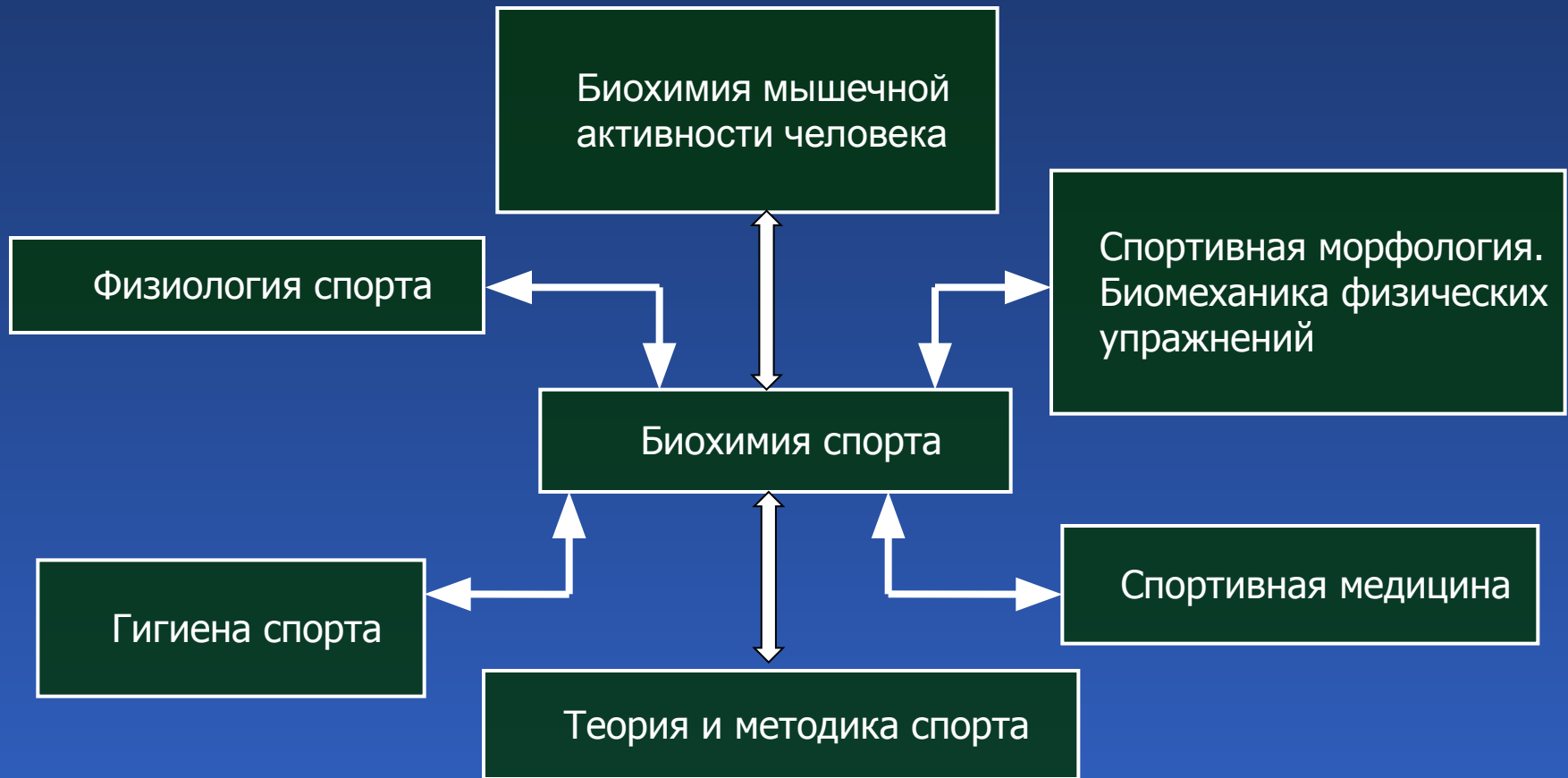
- Механизмы преобразования энергии в организме человека при мышечной деятельности.
- Регуляция синтеза белка при мышечной нагрузке.
- Механизмы нервной и гормональной регуляции обмена веществ при мышечной деятельности.
- Закономерности биохимической адаптации к систематической мышечной деятельности.



## Важнейшие задачи спортивной биохимии:

- Выявление и оценка биохимических факторов, лимитирующих уровень спортивных достижений;
- Изучение биохимических сдвигов у спортсменов в процессе тренировочных занятий;
- Изучение биохимических характеристик восстановительных процессов после соревновательных и тренировочных нагрузок;
- Установление биохимических критериев, оценивающих эффективность тренировочного процесса, а также целесообразность применения специальных средств, направленных на повышение работоспособности и ускорение восстановительных процессов.

## Взаимосвязь спортивной биохимии с другими науками



## Превращение энергии в живых клетках

Первая важная аксиома молекулярной логики живого: живые организмы создают и поддерживают присущую им упорядоченность за счет внешней среды, степень упорядоченности которой в результате этого уменьшается.

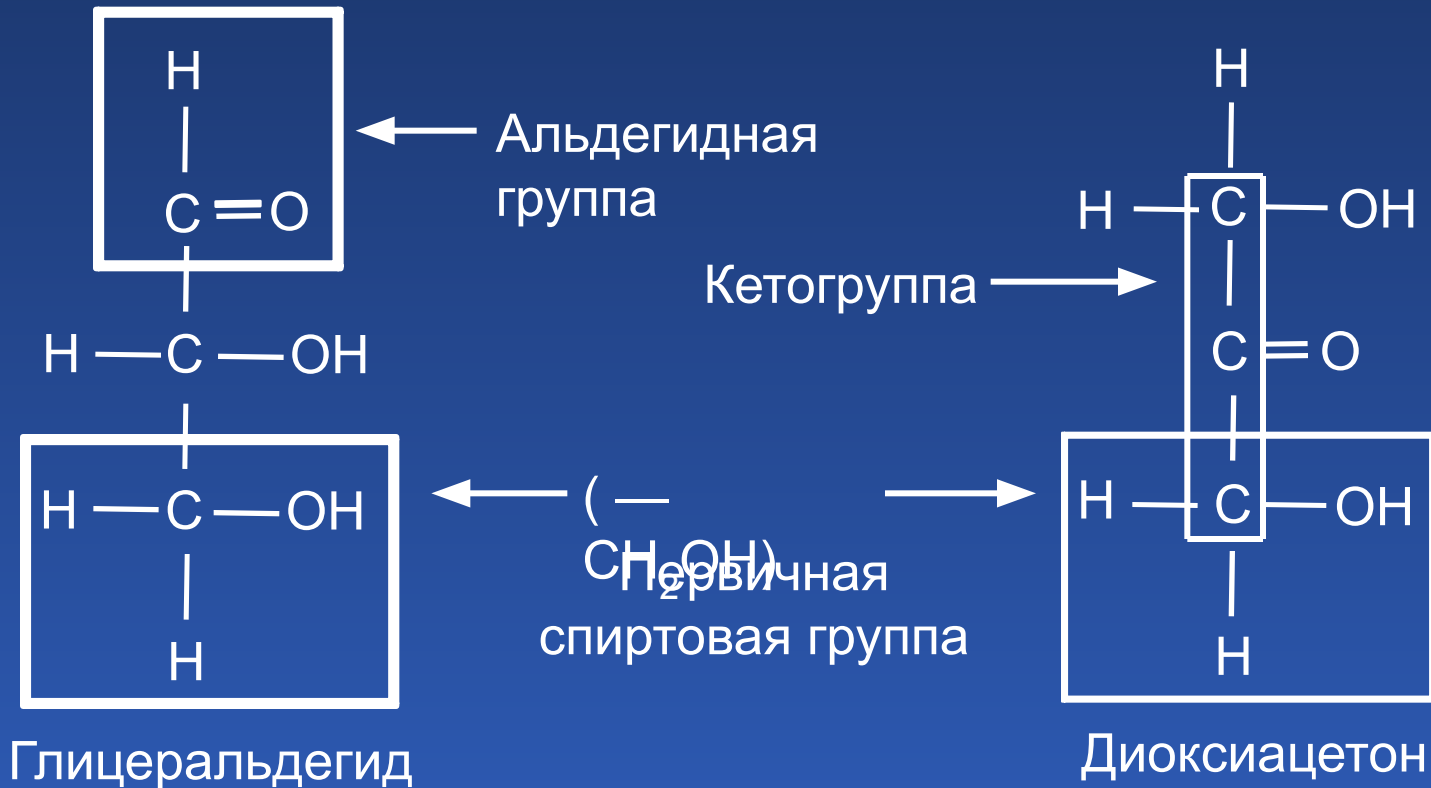
Вторая аксиома молекулярной логики живого включает положение о том, что клетка – неравновесная открытая система, машина для извлечения из внешней среды свободной энергии, в результате чего происходит возрастание энтропии среды.

Третья важная аксиома: живая клетка является изотермической химической машиной.

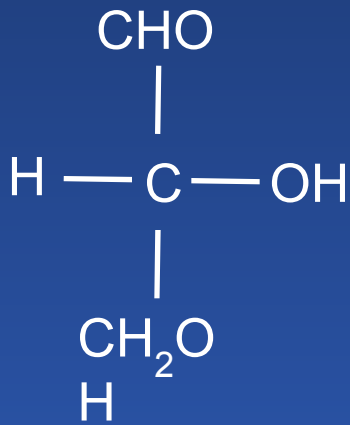
## Биологические функции углеводов

- Энергетическая функция (главный вид клеточного топлива).
- Структурная функция (обязательный компонент большинства внутриклеточных структур).
- Защитная функция (участие углеводных компонентов иммуноглобулинов в поддержании иммунитета).

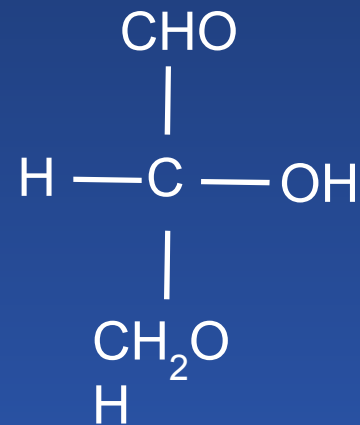
## Моносахариды



## Моносахариды

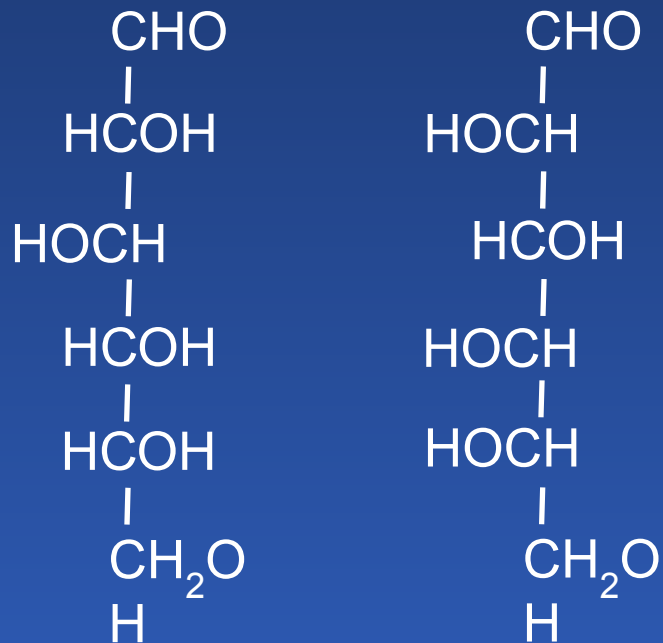


D(+)-глицеральдегид



L(-)-глицеральдегид

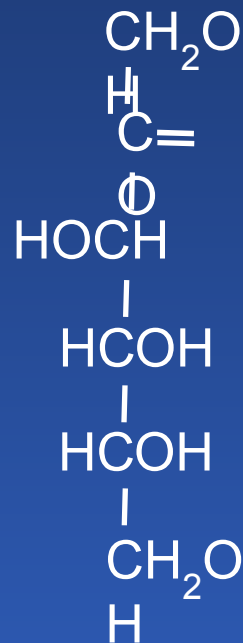
## Энантиомеры



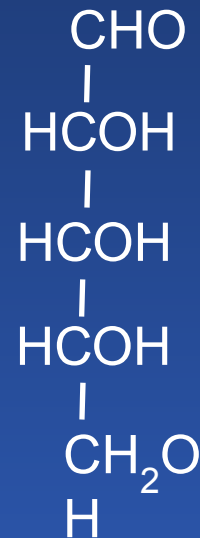
*D-глюкоза*

*L-глюкоза*

## Представители моносахаридов



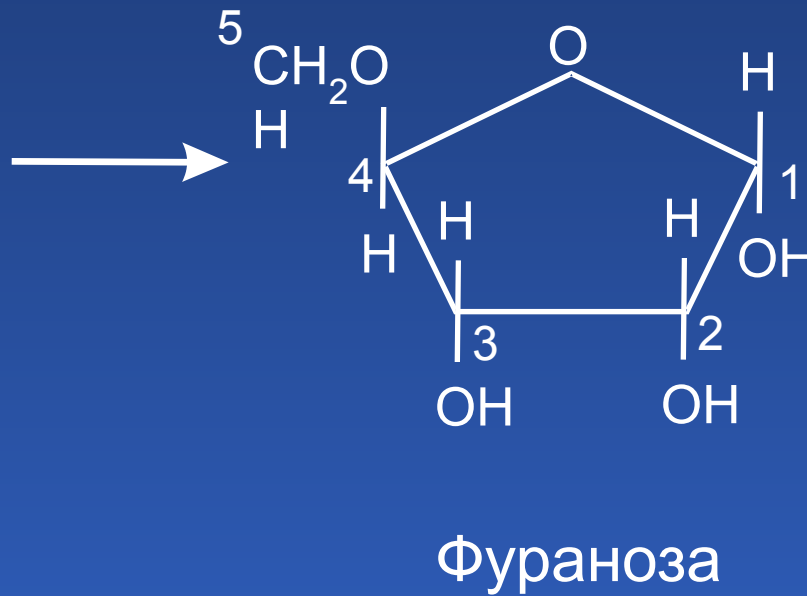
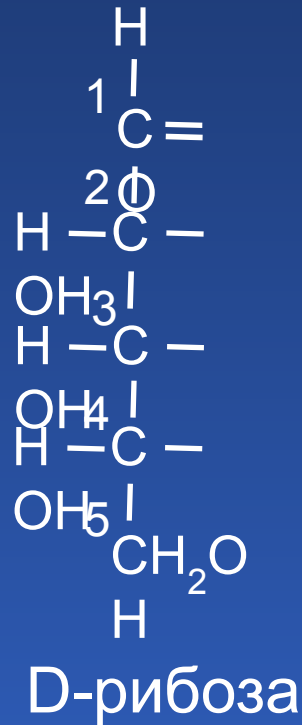
D-фруктоза



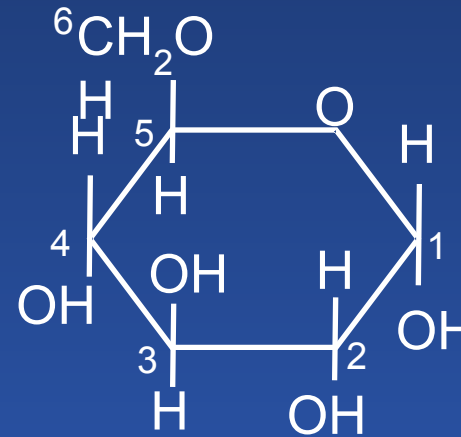
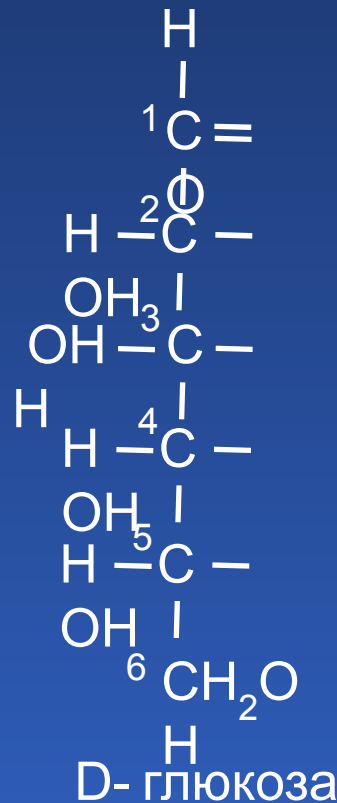
D-рибоза



## 5-членные кольца сахаров – фуранозы

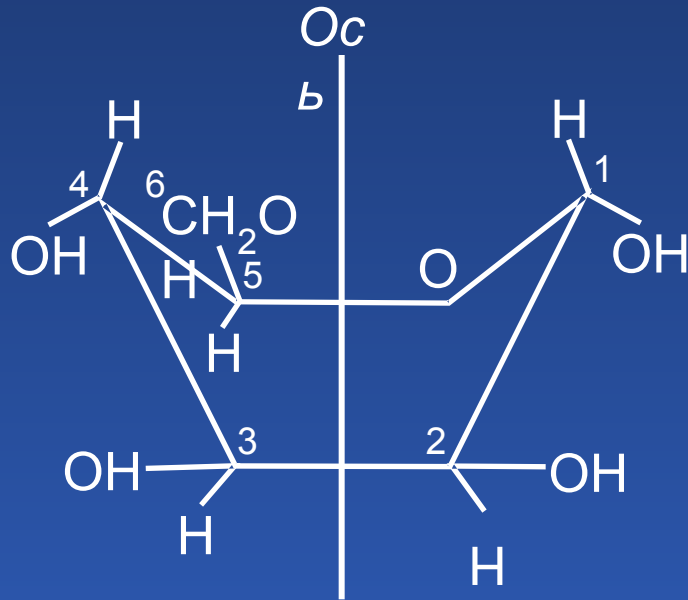


## 6-членные кольца сахаров – пиранозы

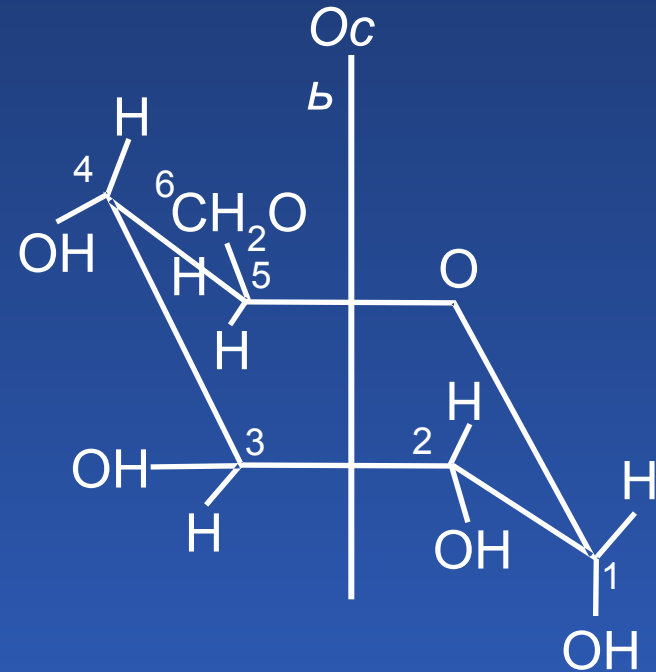


Пираноза

## Пиранозные кольца могут принимать формы кресла и лодки



«Лодка»



«Кресло»

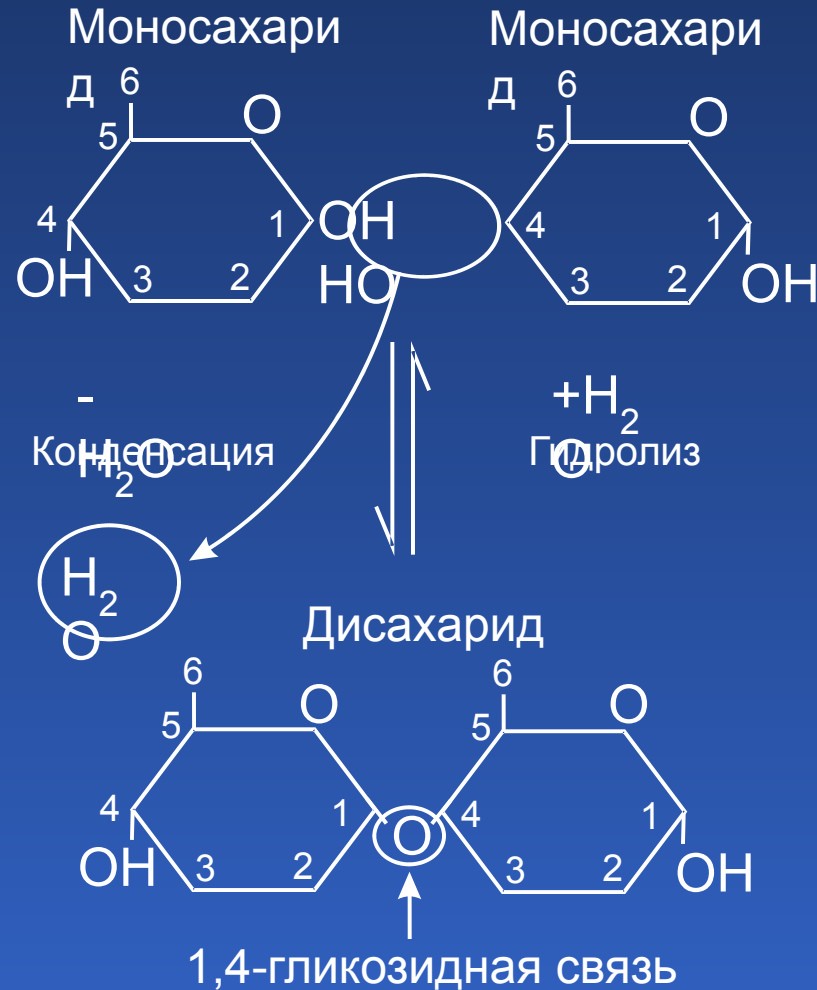
## Олигосахариды

Глюкоза + Глюкоза = Мальтоза

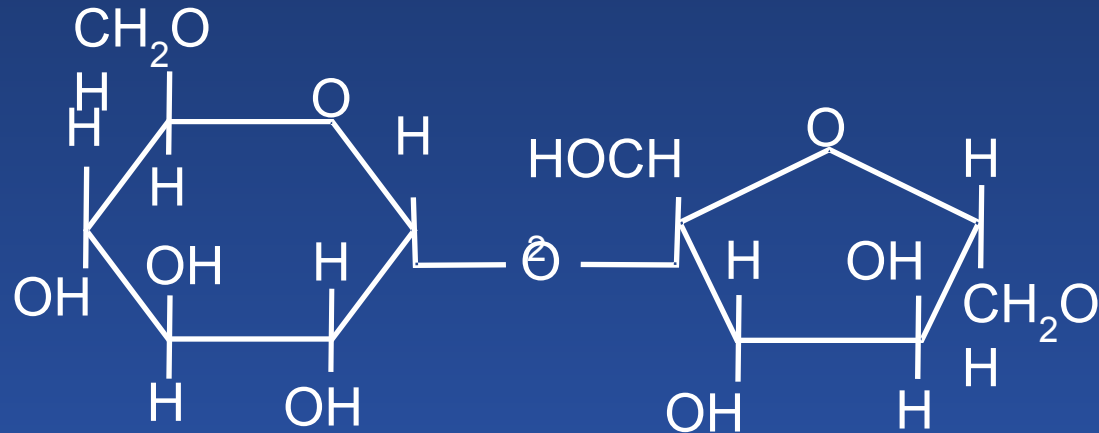
Глюкоза + Галактоза = Лактоза

Глюкоза + Фруктоза = Сахароза

## Олигосахариды



## Олигосахариды

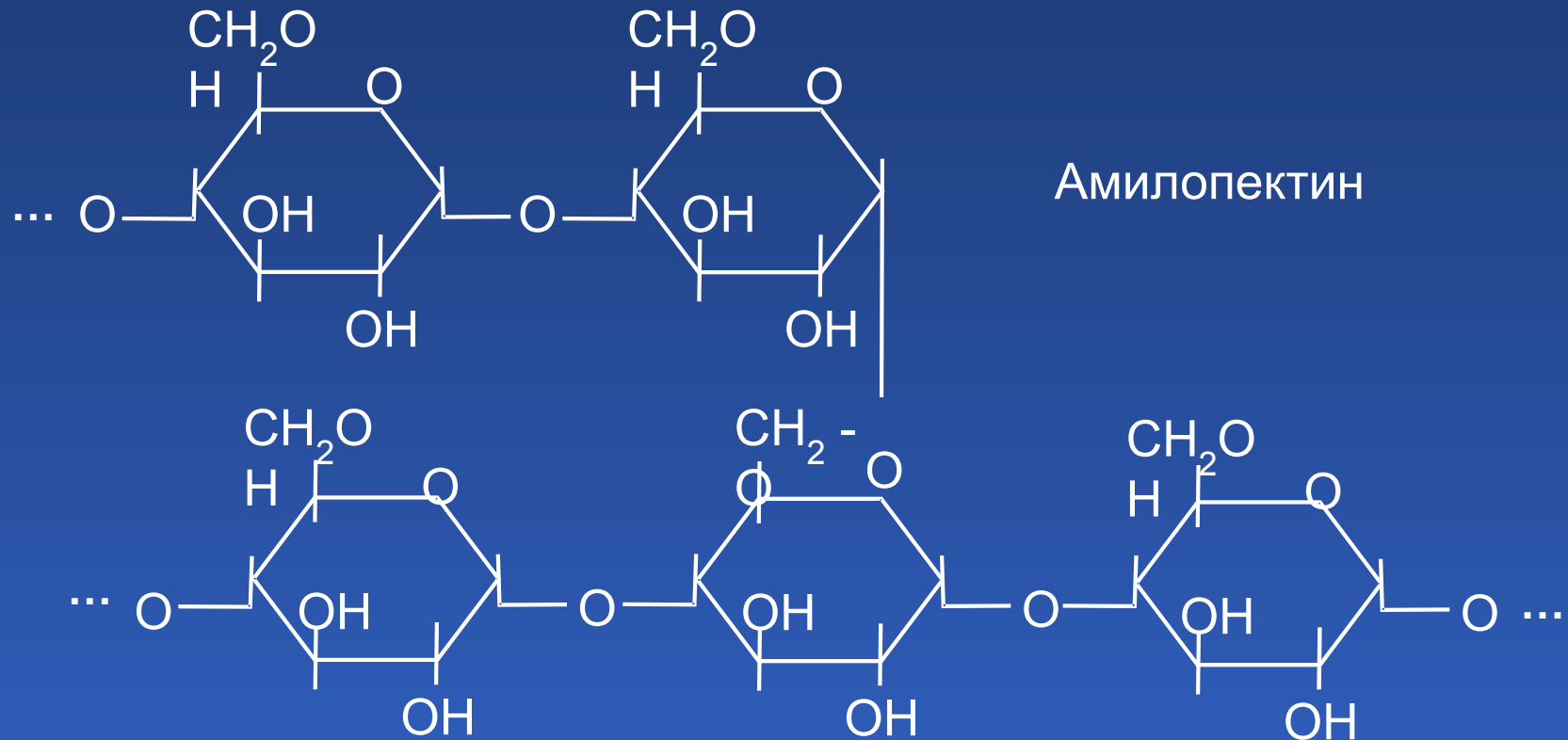


Сахароза

## Полисахариды (гликаны)



## Полисахариды (гликаны)

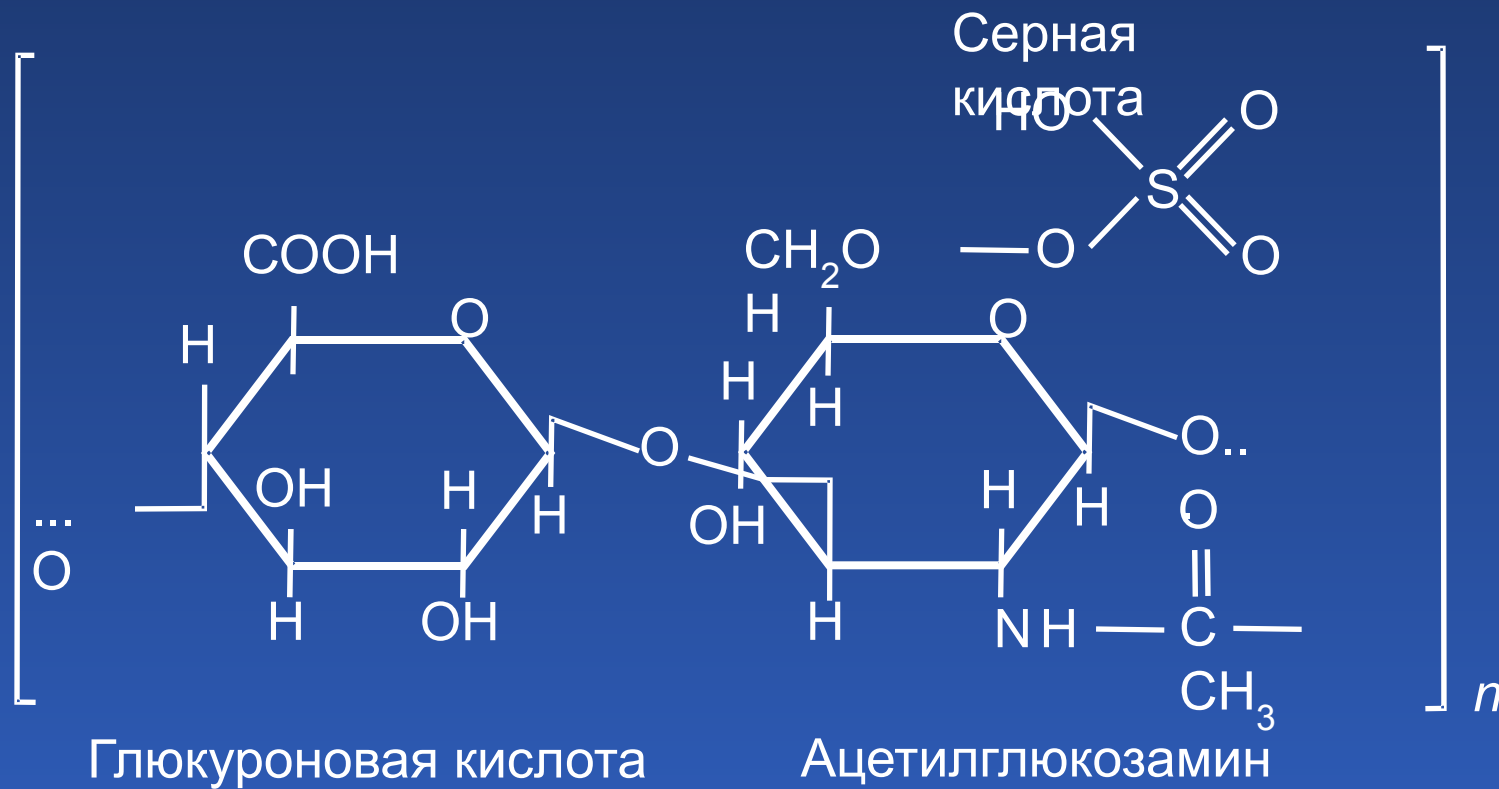




## Мукополисахариды (гликозамингликаны)



## Мукополисахариды (гликозамингликаны)



## Этерификация

Кислота + Спирт  $\longrightarrow$  Сложный эфир + Вода

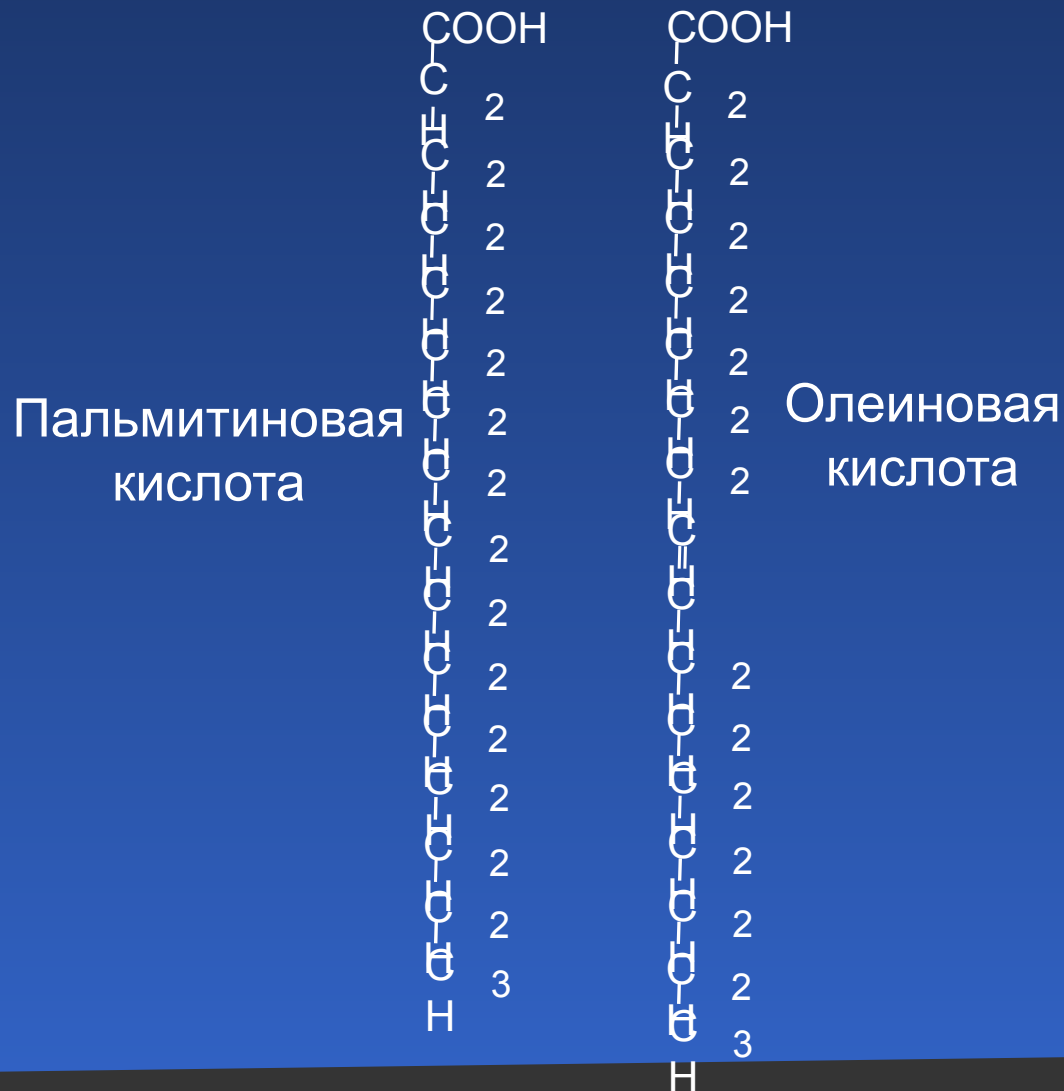


– COO – это сложноэфирная связь.

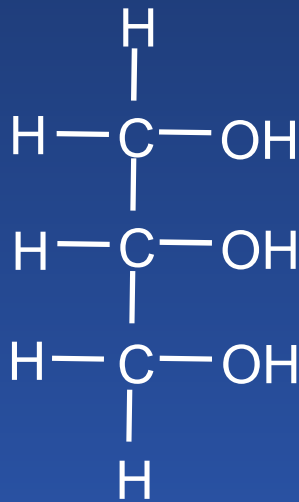
## Биологическая роль липидов

- Структурная функция (обязательные компоненты биологических мембран);
- Энергетическая функция (эффективный источник энергии в клетке);
- Служат формой, в которой транспортируется это топливо;
- Выполняют защитную функцию (в клеточных стенках бактерий, в листьях высших растений, в коже позвоночных);
- Некоторые вещества, относимые к липидам, обладают высокой биологической активностью – это витамины и их предшественники, некоторые гормоны.

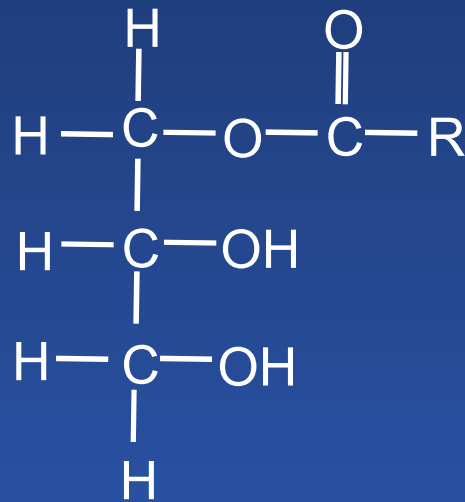
## Жирные кислоты



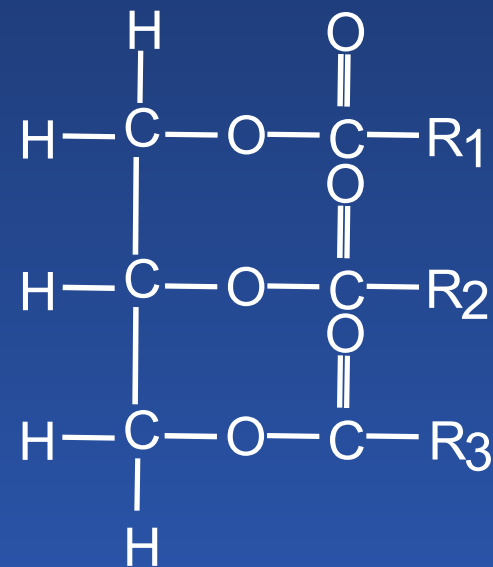
## Нейтральные липиды



Глицерол

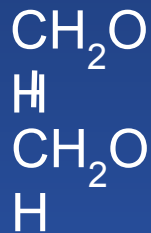


1-  
моноацилглицерин

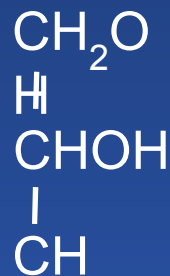


Триацилглицерин

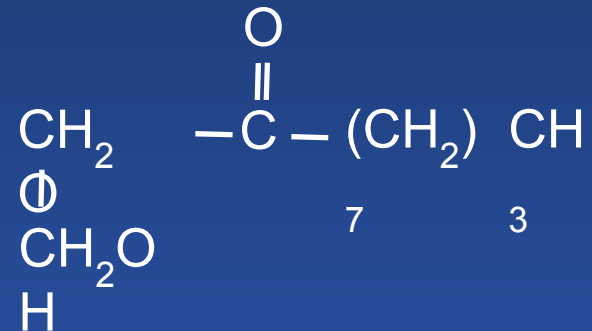
## Нейтральные диольные липиды



Этандиол  
(этиленгликоль)

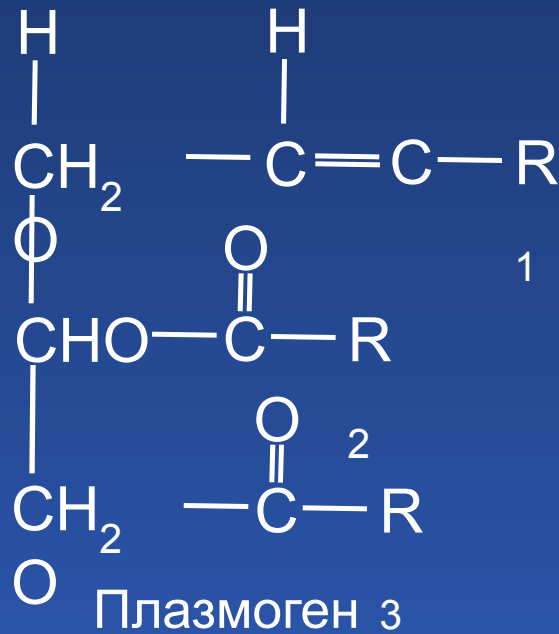


<sup>2</sup>  
1,2-  
пропандиол



Моноолеатэтиленгликоля

## Нейтральные плазмалогены

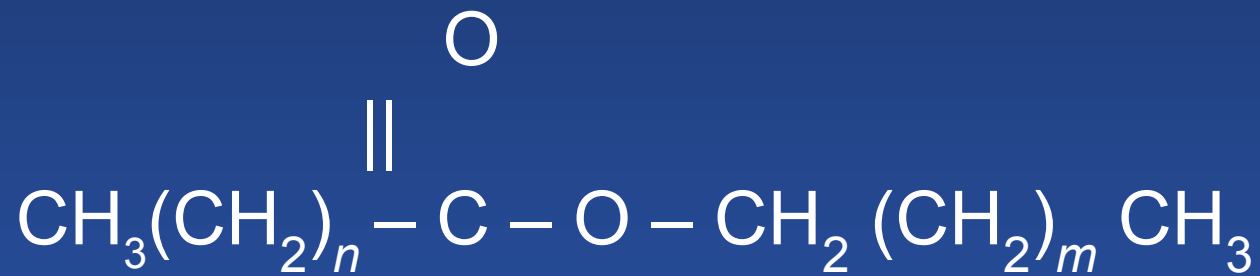


(R – ненасыщенный алифатический спирт, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> – жирные кислоты)

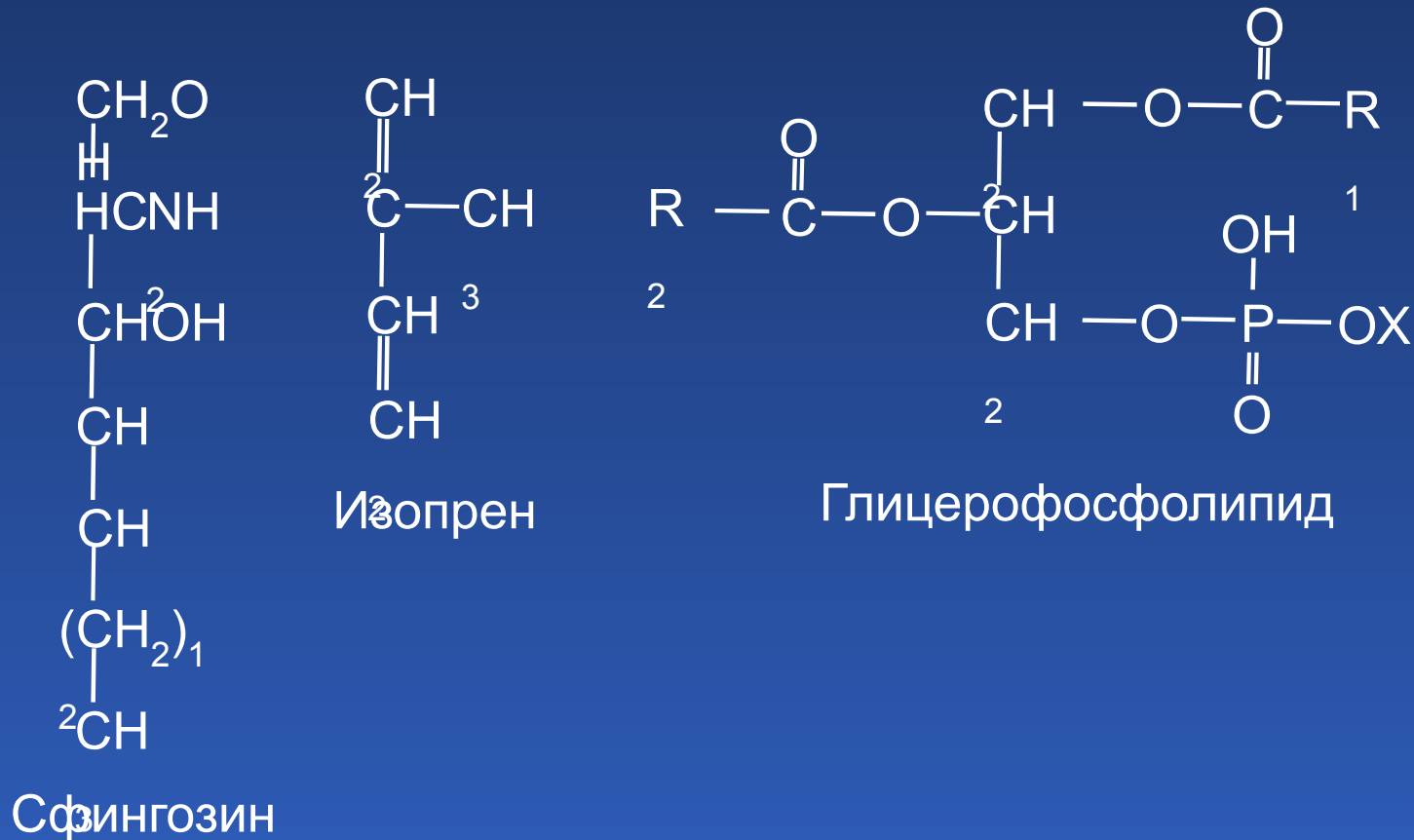


# Строение, свойства, биологическая роль углеводов и липидов

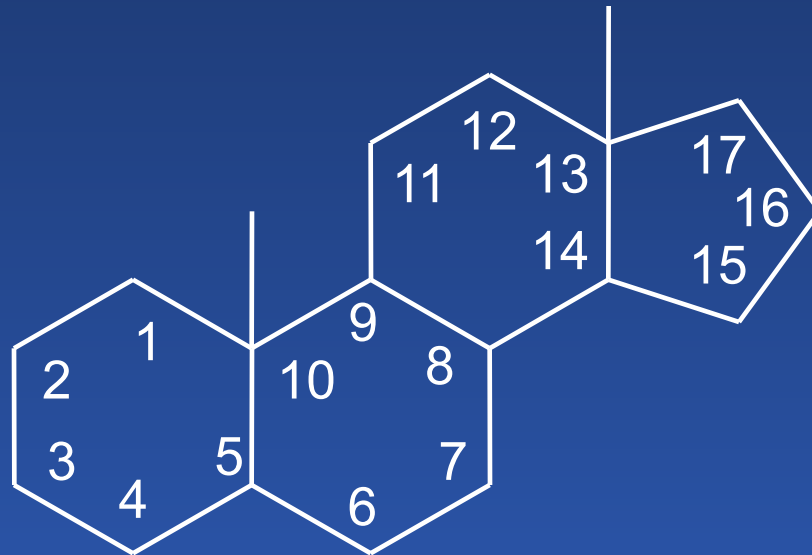
## Воска



## Гликолипиды



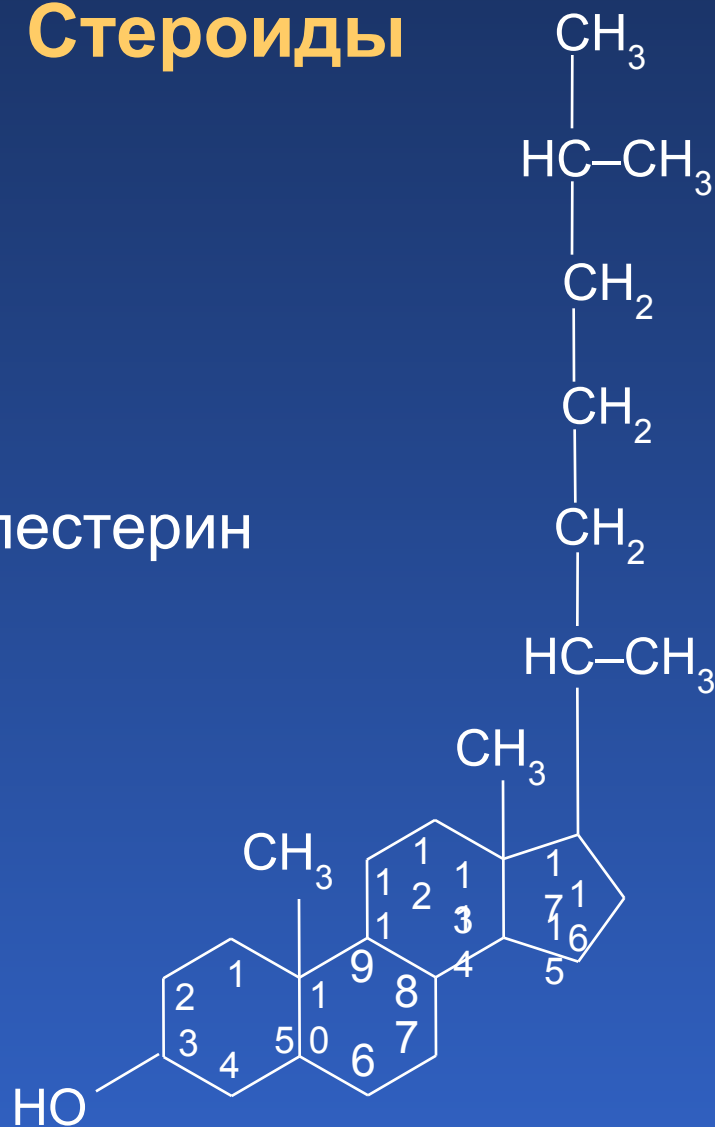
## Стероиды



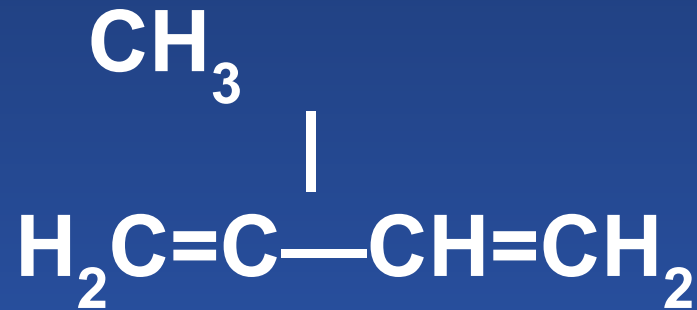
Циклопентапергидрофенантрен

## Стероиды

Холестерин



## Терпены

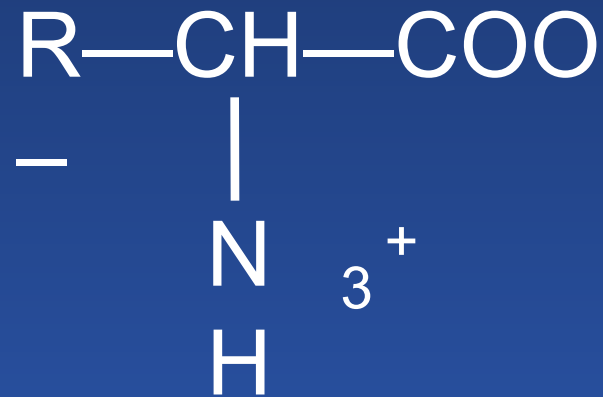


Изопрен

## 1.2. Строение, свойства, биологическая роль белков

# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Общая формула аминокислот



## Строение, свойства, биологическая роль белков

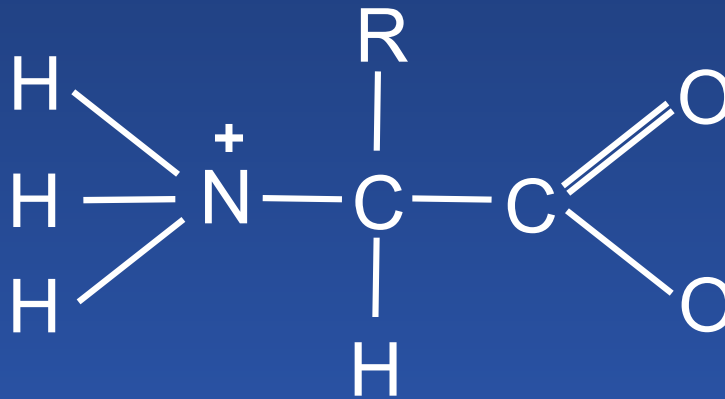
### **Аминокислоты подразделяются на 4 основные класса:**

- неполярные, или гидрофобные (аланин, валин, лейцин, изолейцин, пролин, фенилаланин, триптофан, метионин);
- полярные, но незаряженные (глицин, серин, треонин, цистеин, тирозин, аспарагин, глутамин);
- положительно заряженные (лизин, гистидин, аргинин);
- отрицательно заряженные (аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота).



# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Нейтральная цвиттерионная форма аминокислоты

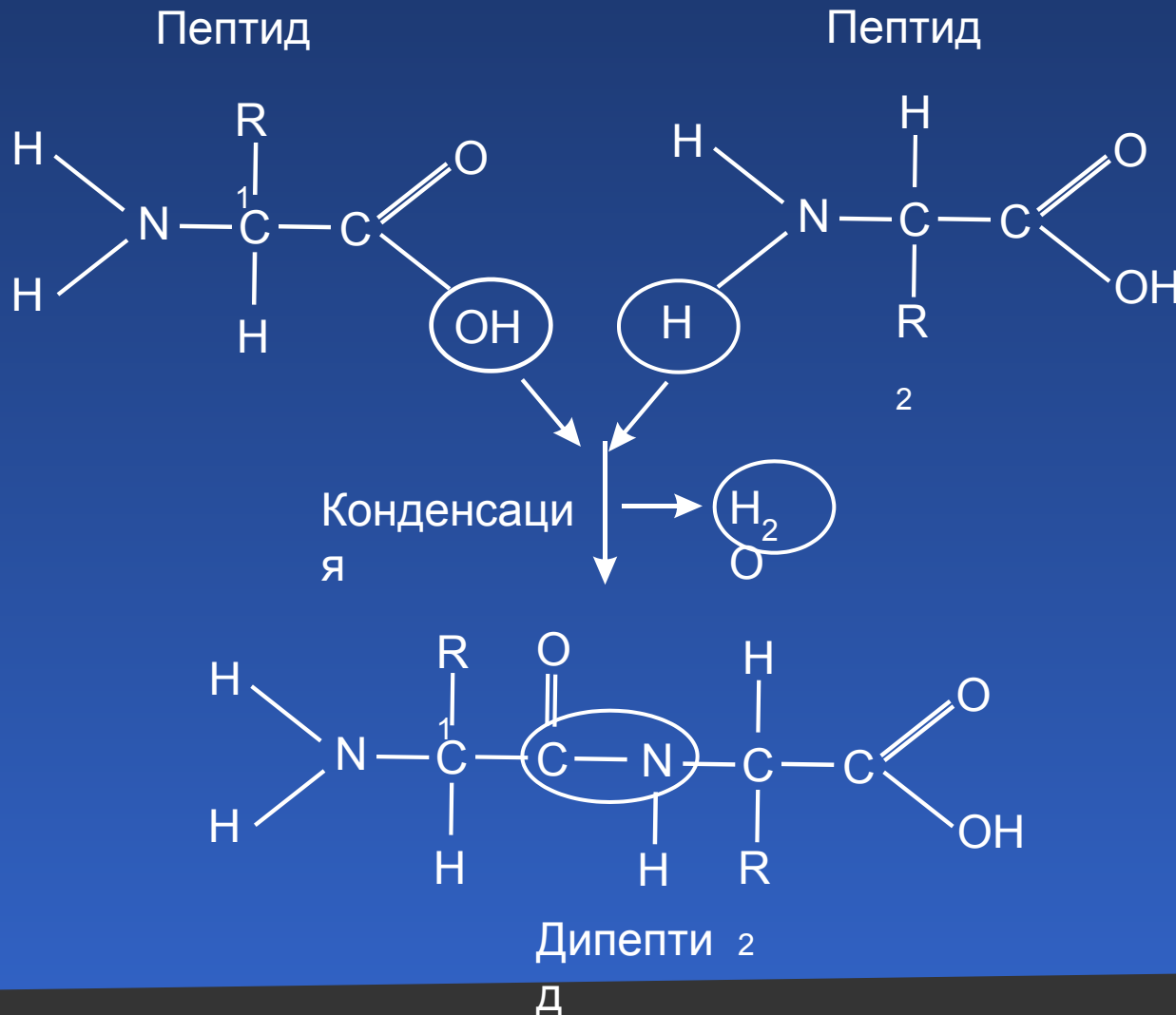


—NH<sub>2</sub>, основная группа, обладает сильным сродством с H<sup>+</sup>-ионами

—COOH, кислотная группа, диссоциирует с высвобождением H<sup>+</sup>-ионов

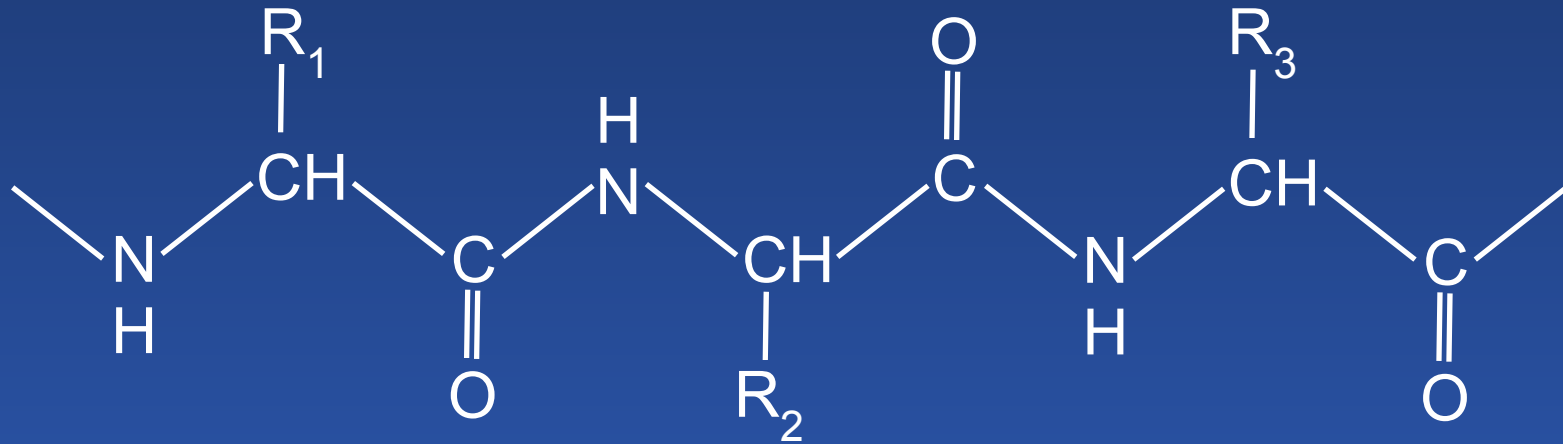
# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Пептидные связи



# Строение, свойства, биологическая роль белков

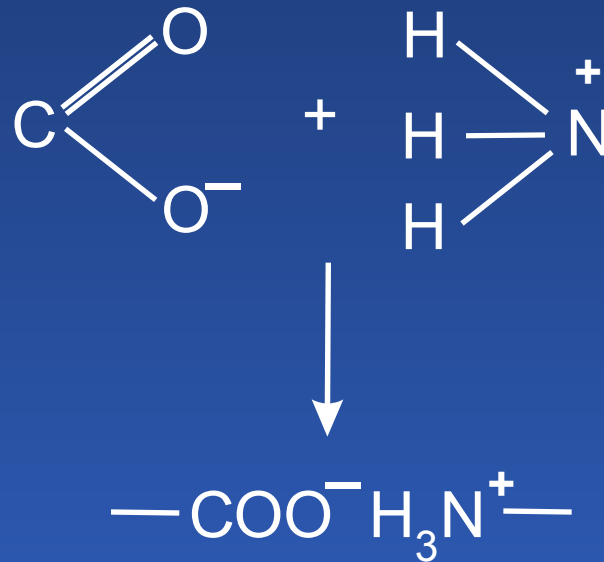
## Связи, стабилизирующие белковую молекулу



Часть молекулы полипептида

# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Связи, стабилизирующие белковую молекулу



Ионная связь

Строение, свойства, биологическая роль белков

## Связи, стабилизирующие белковую молекулу



Дисульфидная связь

## Строение, свойства, биологическая роль белков

### Связи, стабилизирующие белковую молекулу

Электроположительные водородные атомы, соединенные с кислородом или азотом в группах –ОН или –NH, стремятся обобществить электроны с находящимся по соседству электроотрицательным атомом кислорода, например, с кислородом группы =СО.

Локализованное электростатическое притяжение

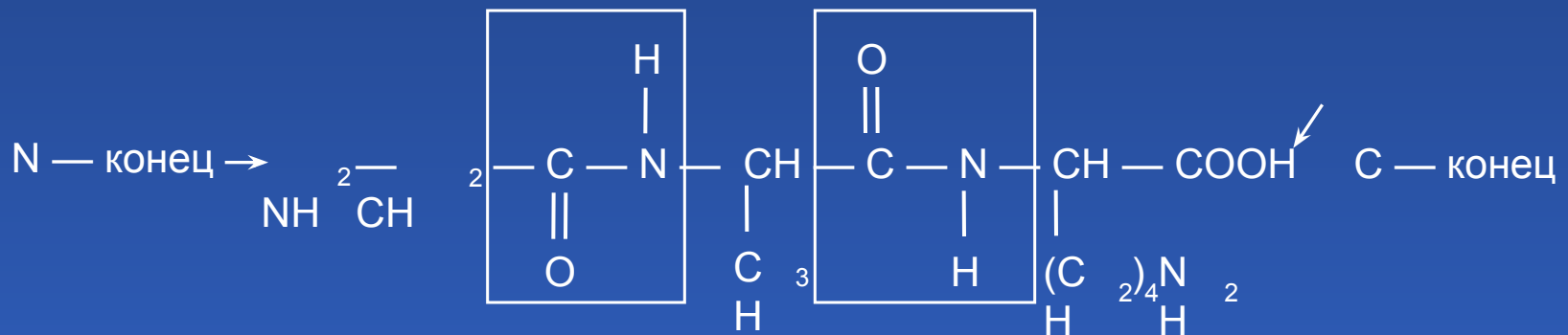


Водородная связь

# Строение, свойства, биологическая роль белков

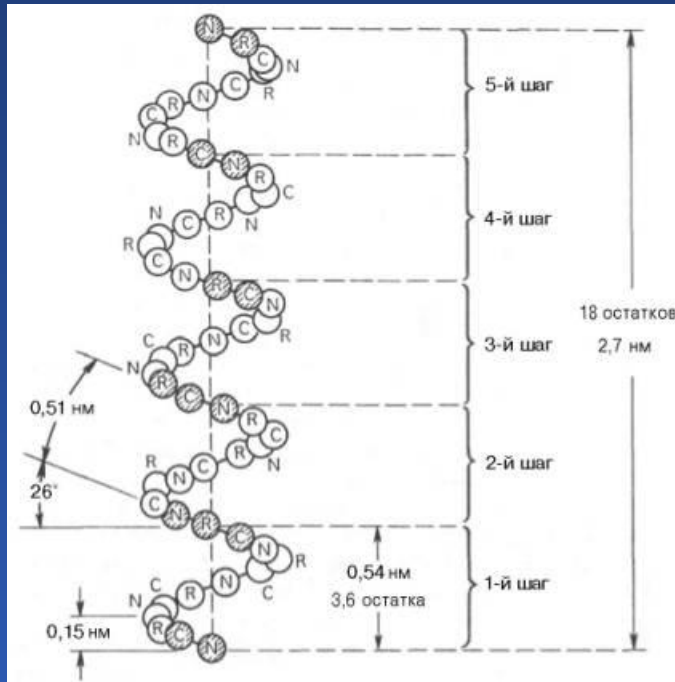
## Последовательность аминокислот для каждого белка уникальна и закреплена генетически

Первичная структура характеризует последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи, связанных ковалентными связями

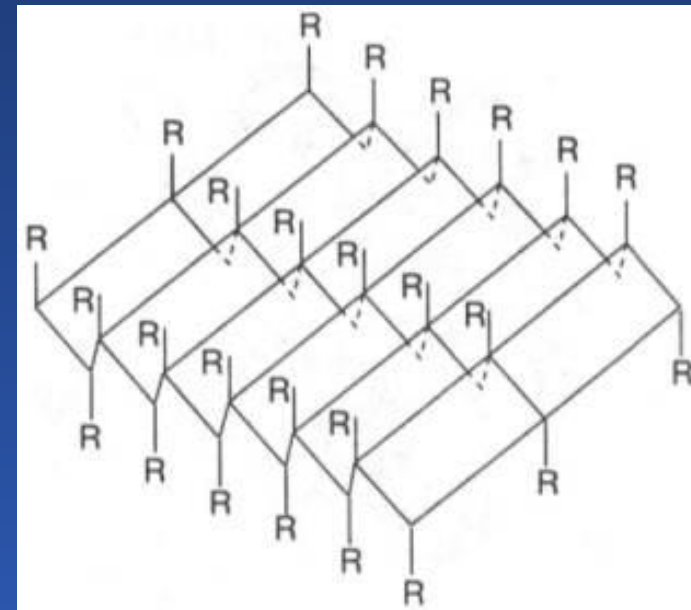


Трипептид: глицилаланиллизин

## Вторичная структура белка



$\alpha$ -спираль

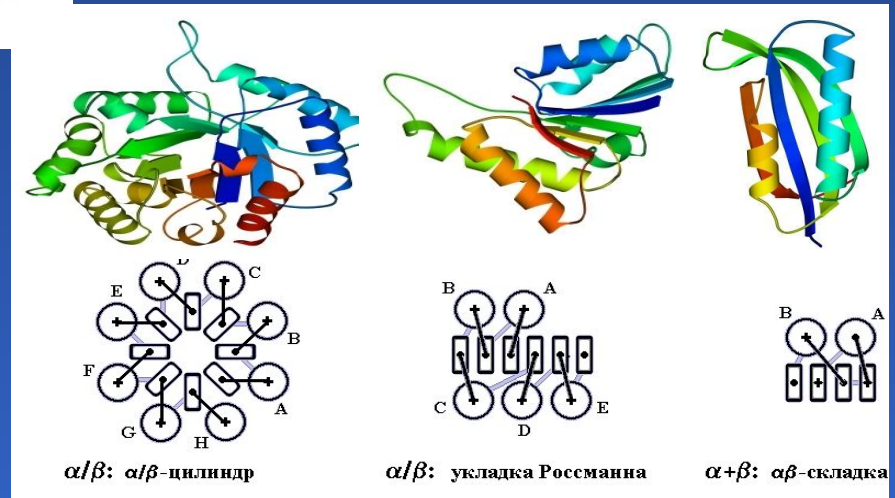
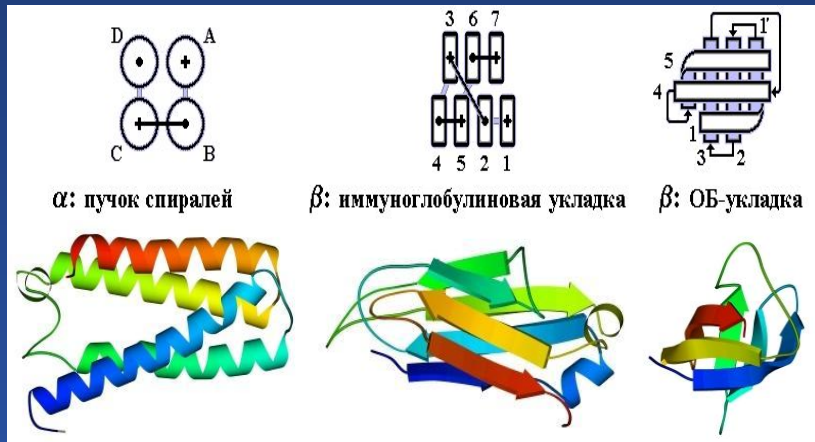


$\beta$ -складчатая структура



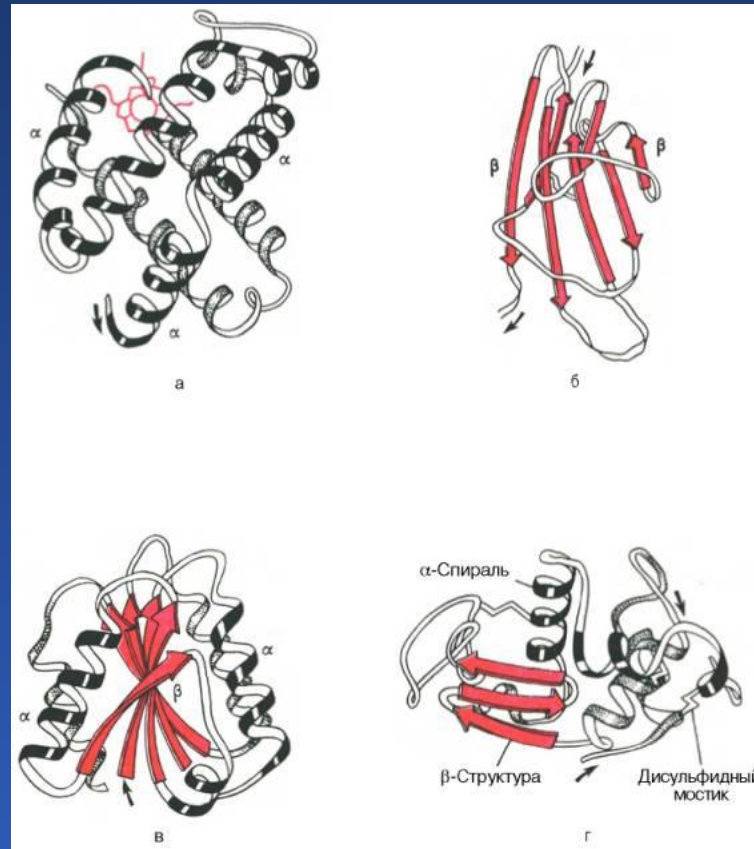
# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Характерные мотивы укладки белковой цепи в $\alpha$ -, $\beta$ -, $\alpha/\beta$ -, и $\alpha+\beta$ -белках



# Строение, свойства, биологическая роль белков

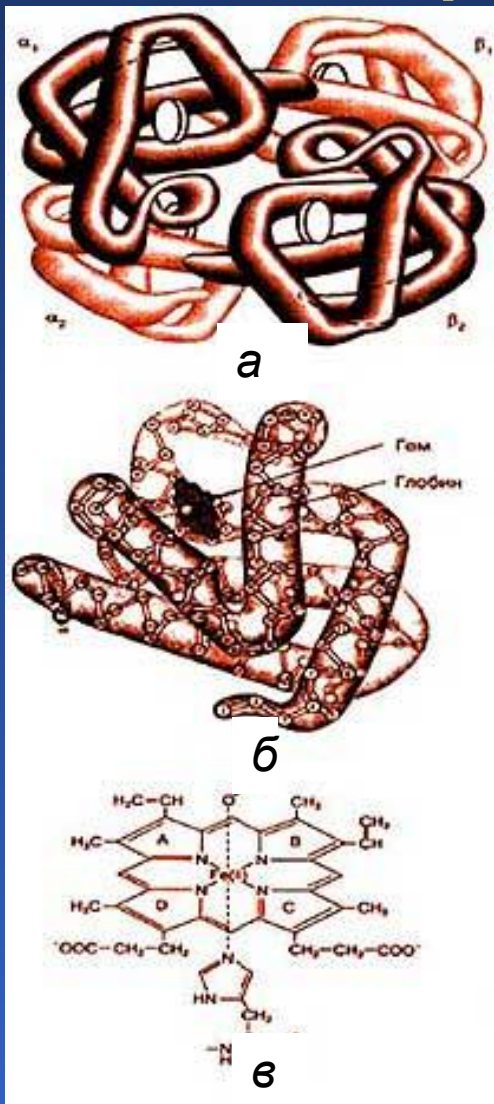
## Третичная структура белка



Доменное строение глобулярных белков  
(по А. А. Болдыреву)

# Строение, свойства, биологическая роль белков

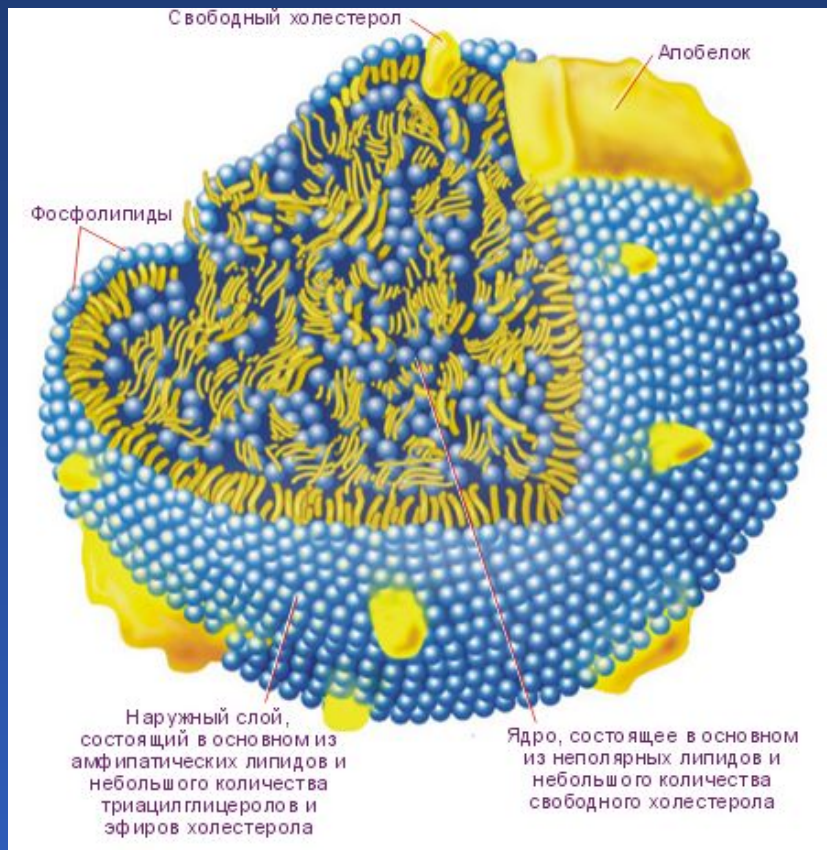
## Четвертичная структура белка



а – гемоглобин, состоящий из четырех субъединиц (двух  $\alpha$ -цепей и двух  $\beta$ -цепей),  
б – одна субъединица,  
в – простетическая группа гемоглобина

# Строение, свойства, биологическая роль белков

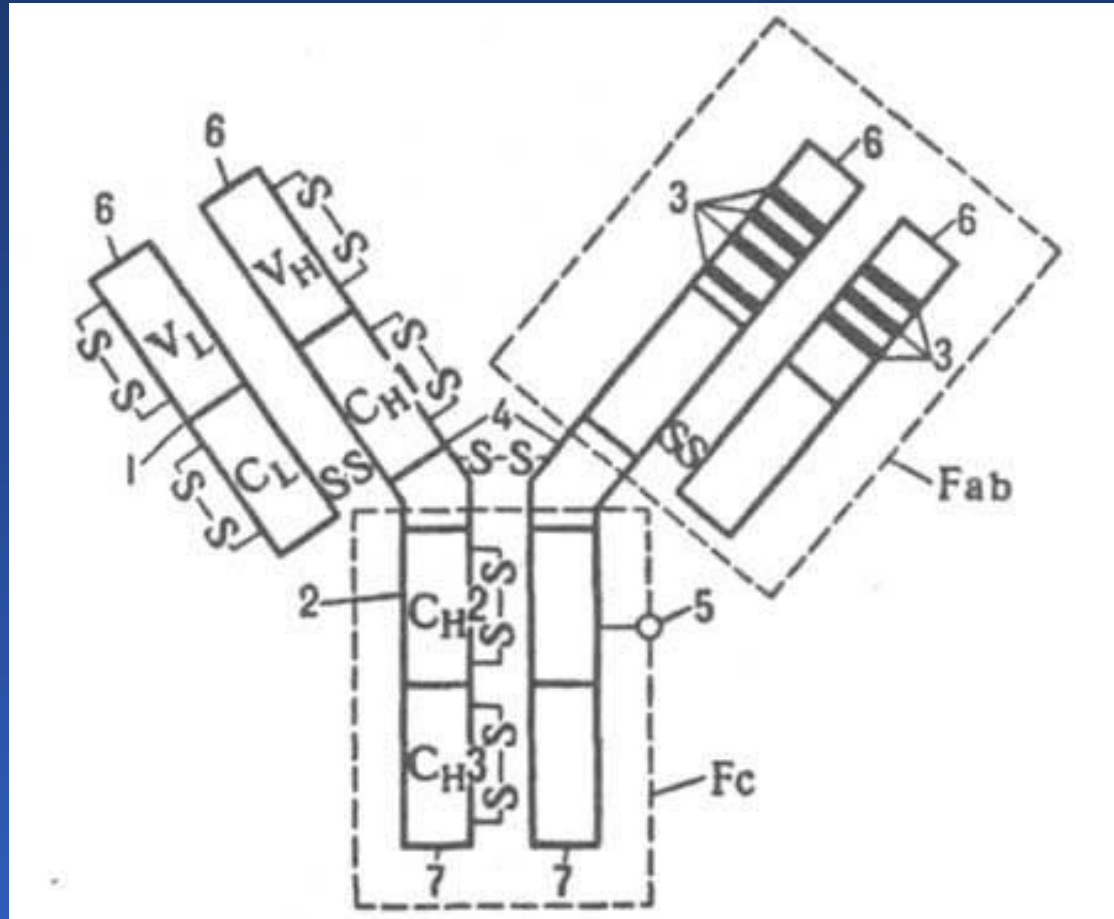
## Сложные белки



## Лipoproteины

# Строение, свойства, биологическая роль белков

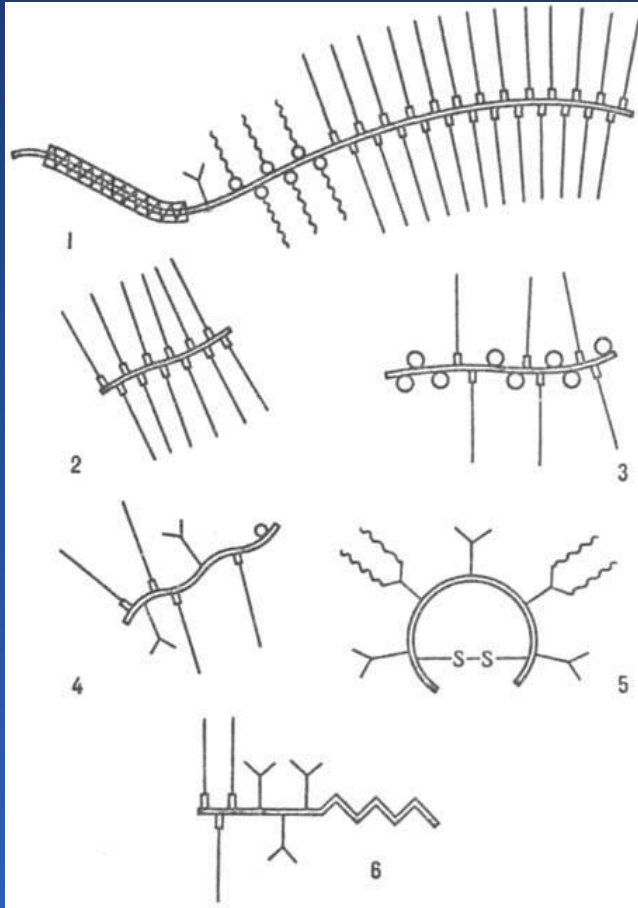
## Сложные белки



Гликопротеины (иммуноглобулин М)

# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Сложные белки



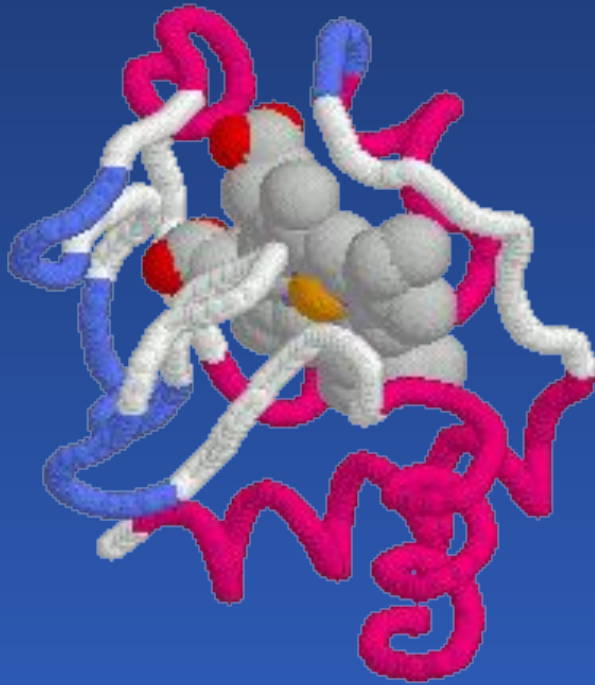
Схематическое изображение структур протеогликанов:

- 1 – протеогликан хряща;
- 2 – протеогепарин;
- 3 – протеодерматансульфат с олигосахаридами муцинового типа;
- 4 – протеохондроитинсульфат или протеодерматансульфат небольшой молекулярной массы;
- 5 – протеокератансульфат роговицы;
- 6 – протеогепарансульфат клеточной поверхности

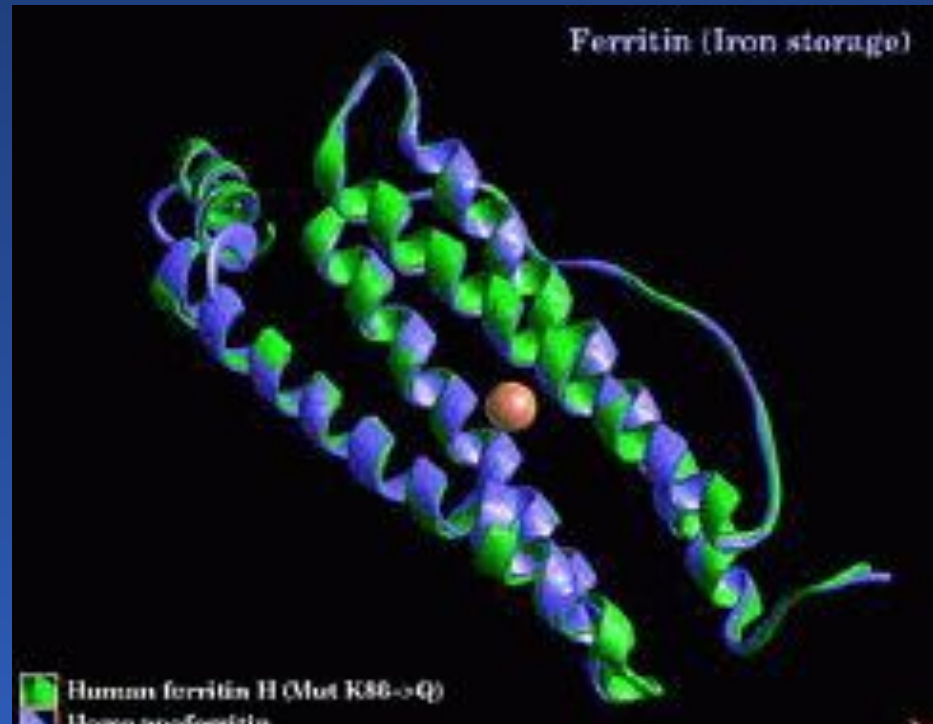
Протеогликаны

# Строение, свойства, биологическая роль белков

## Сложные белки (металлопротеины)



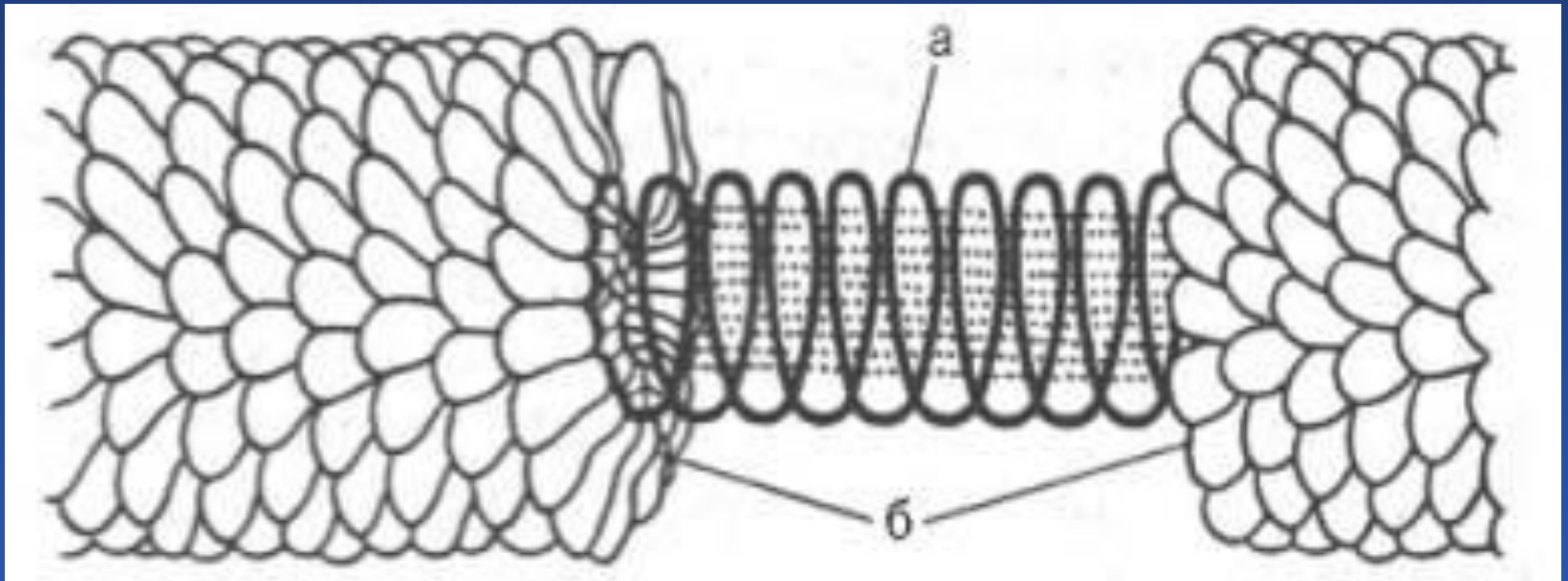
Цитохром с



Ферритин

Строение, свойства, биологическая роль белков

## Сложные белки (нуклеопротеины)



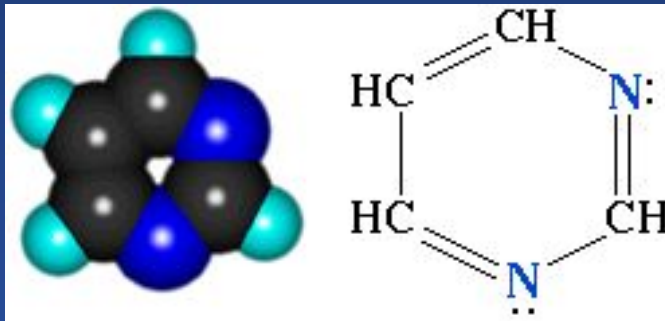
Модель вируса мозаичной болезни табака:  
а – спираль РНК; б – субъединицы белка



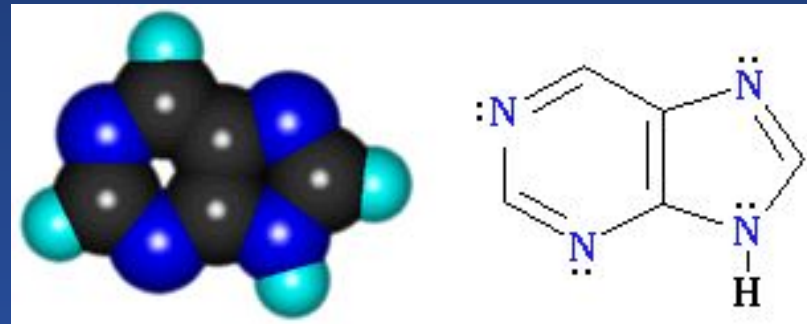
# 1.3. Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

## Строение нуклеотидов. Компоненты нуклеотидов



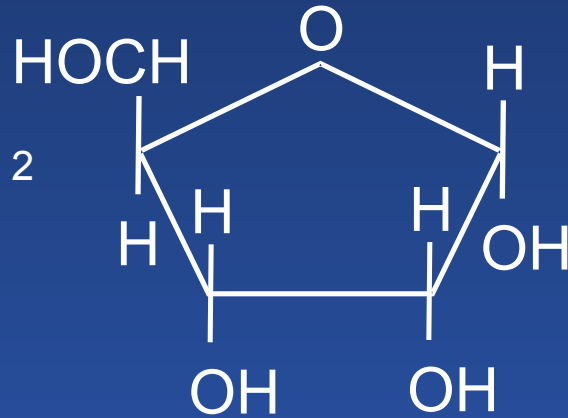
Пиримидин  $C_4H_4N_2$  –  
шестичленный  
гетероцикл с двумя  
атомами азота



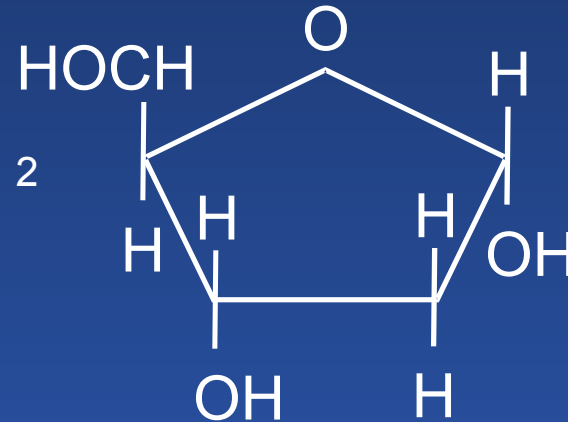
Пурин  $C_5H_4N_4$  –  
соединение, в котором  
сочетаются структуры  
шести- и пятичленного  
гетероциклов, с двумя  
атомами азота

# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

## Строение нуклеотидов. Компоненты нуклеотидов



Рибоза

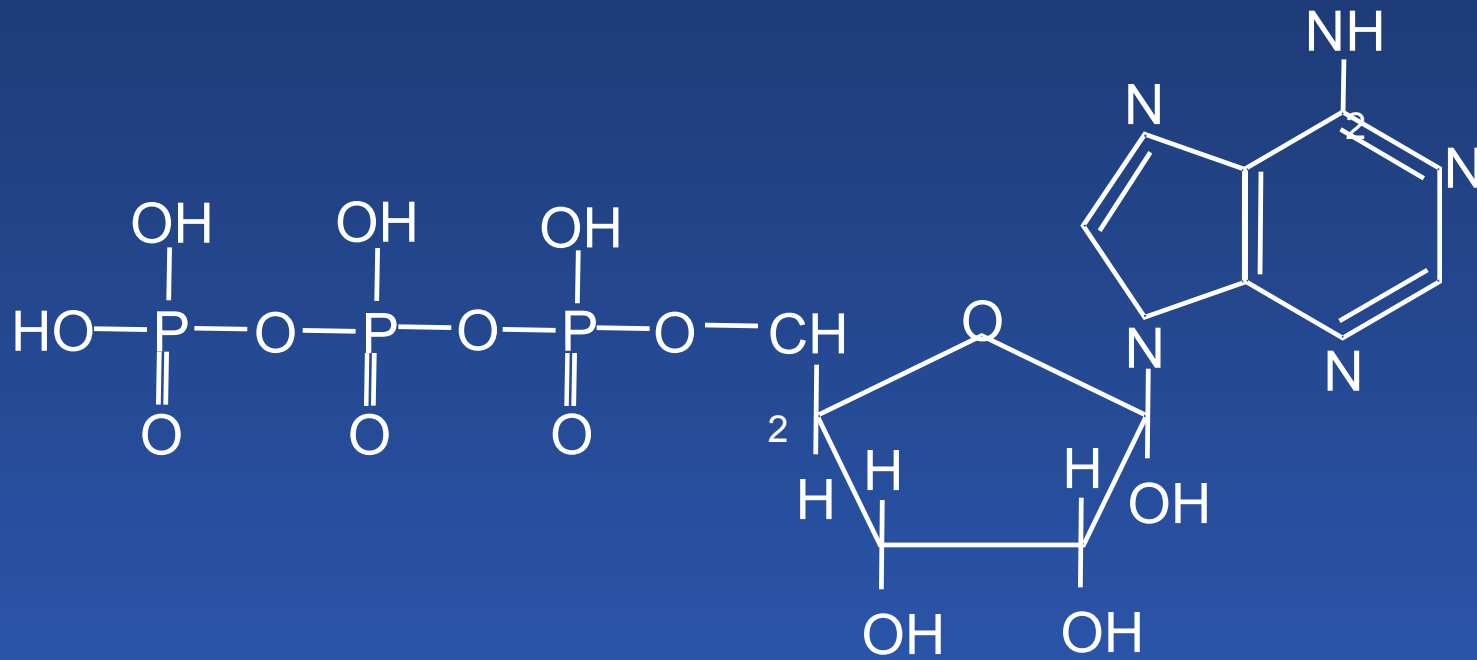


Дезоксирибоза

2 вида нуклеиновых кислот – рибонуклеиновая кислота (РНК), которая содержит рибозу, и дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), в которой на один атом кислорода меньше

# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

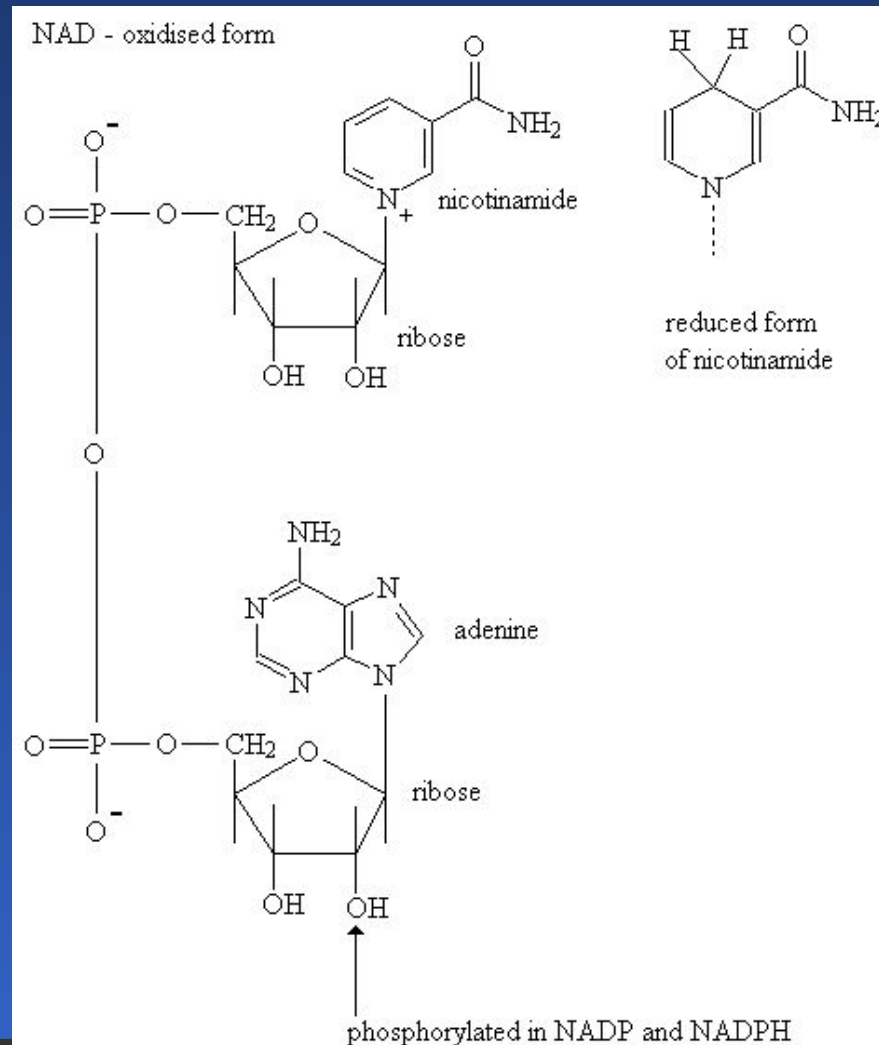
## Образование нуклеотида



Аденозинтрифосфорная  
кислота

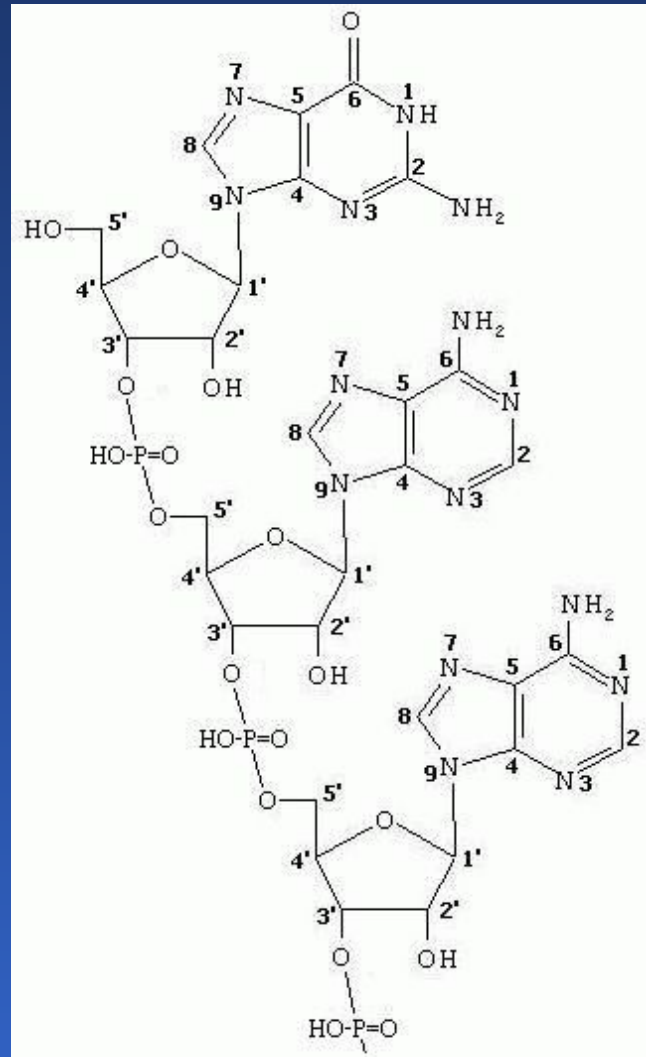
# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

## Структурная формула никотинамиддинуклеотида (НАД)

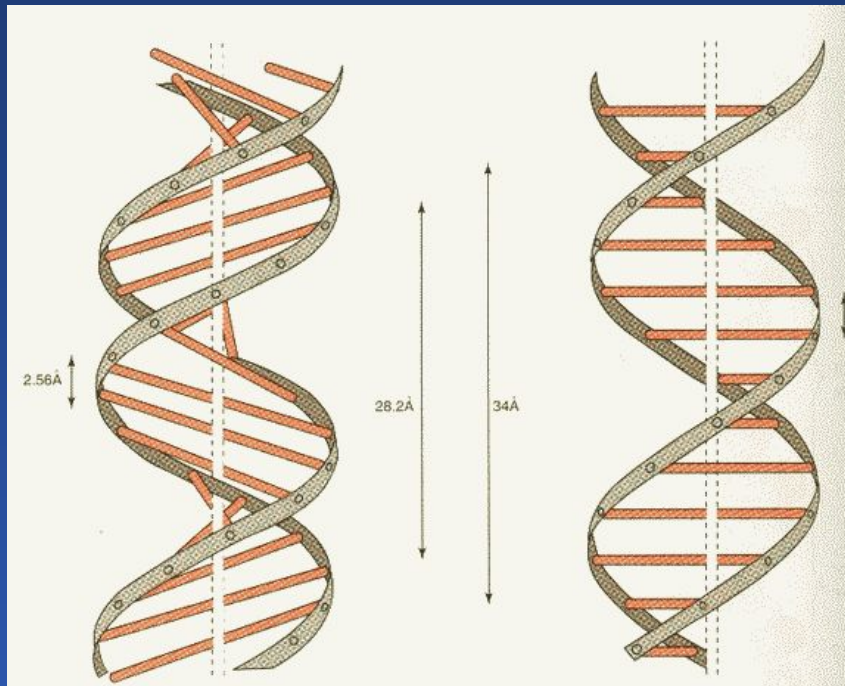


# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

## Фрагмент полинуклеотида



## Структура ДНК



Вторичная структура ДНК

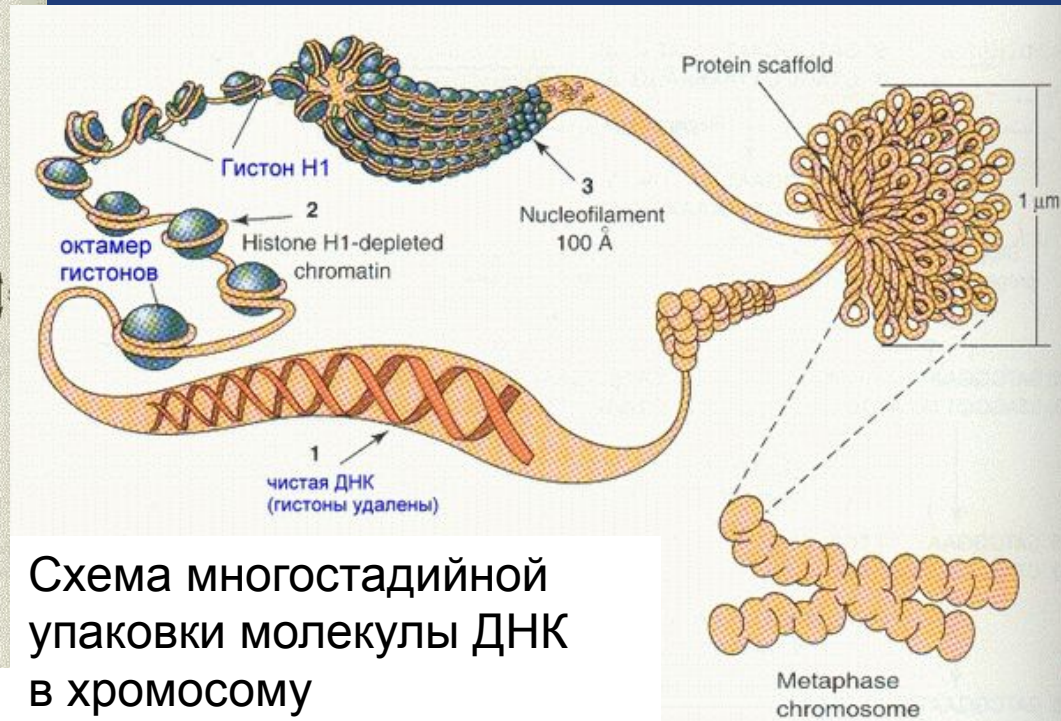
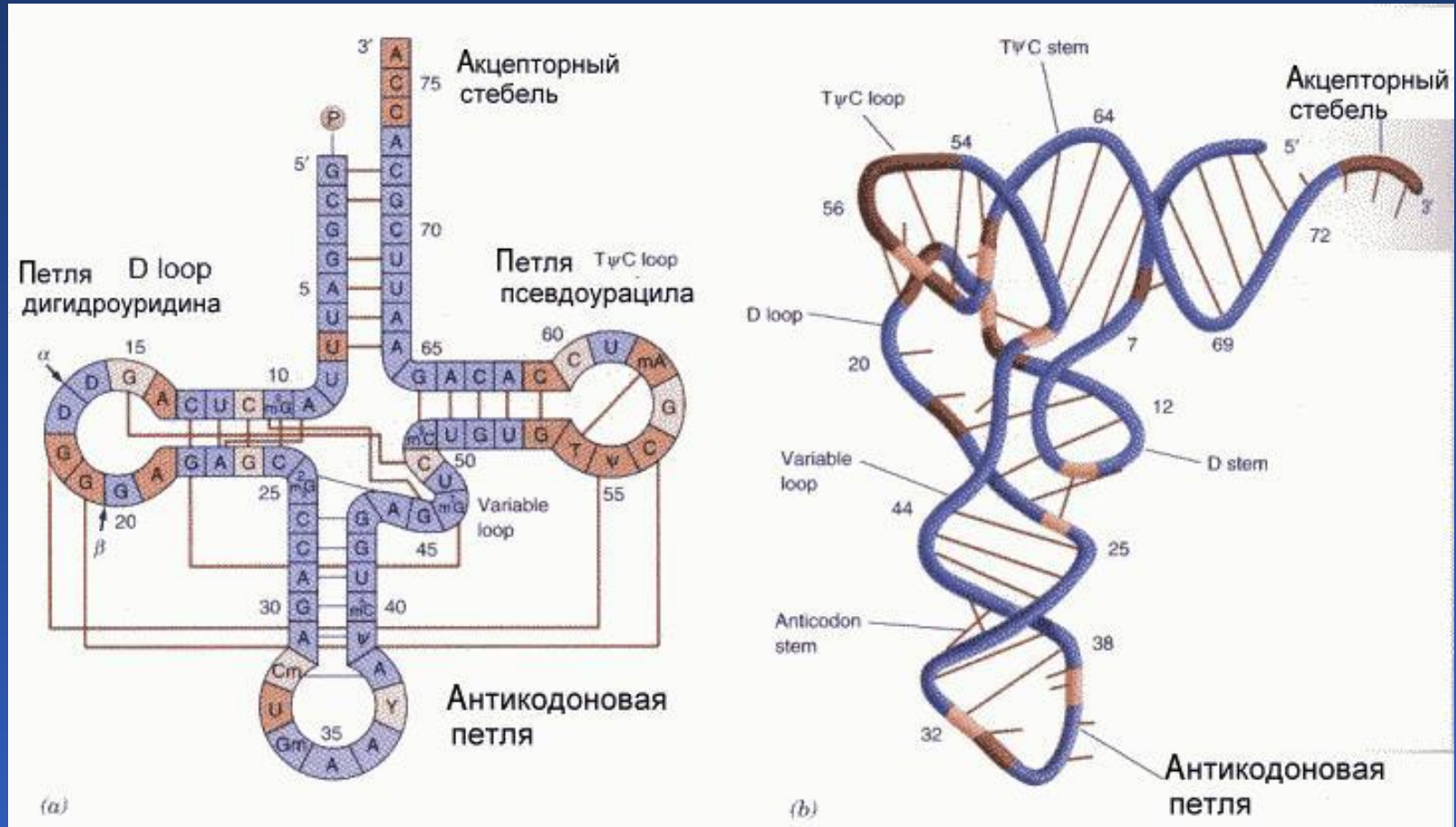


Схема многостадийной упаковки молекулы ДНК в хромосому

# Строение, свойства, биологическая роль нуклеотидов

## Структура РНК



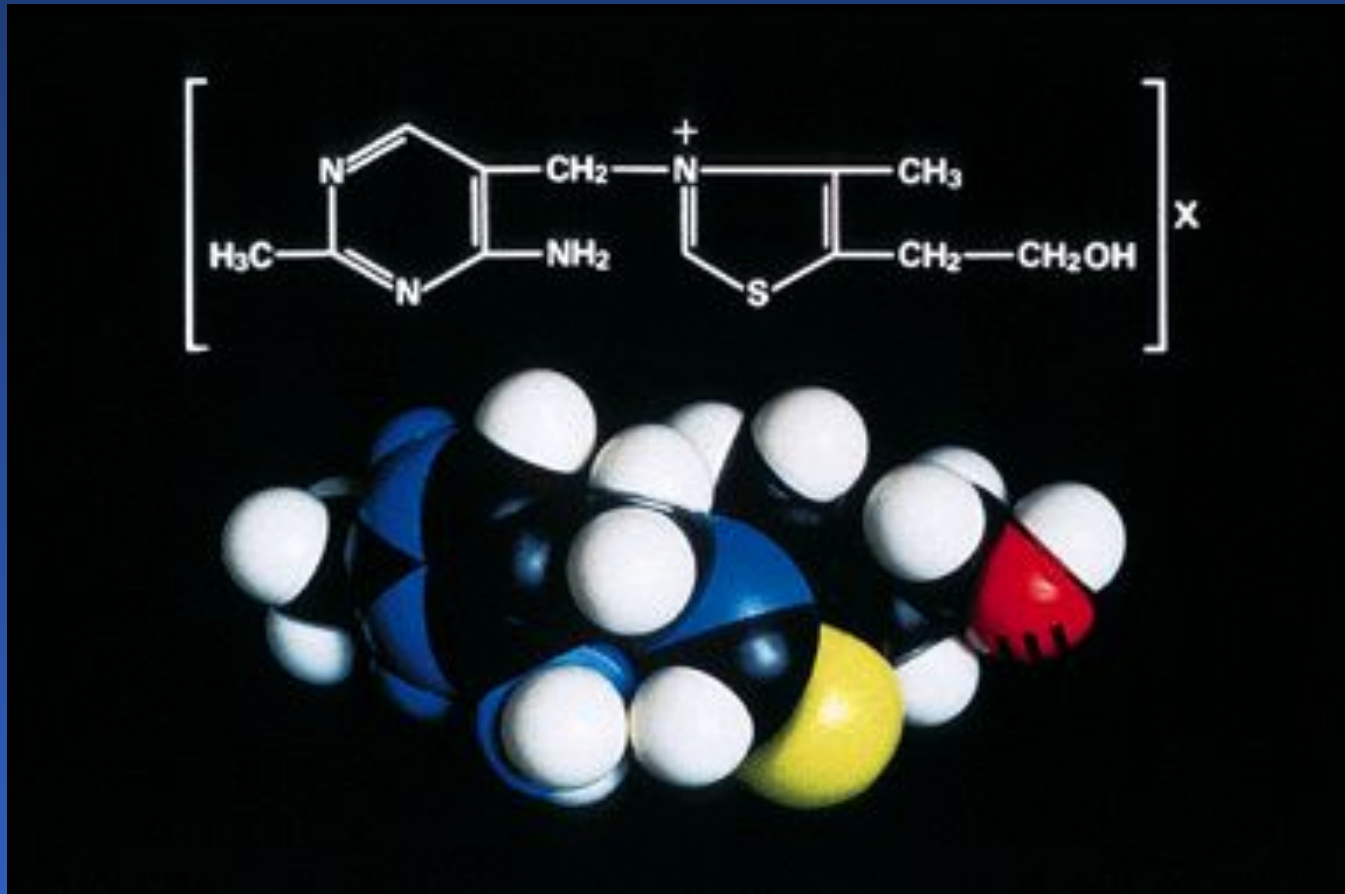
Транспортная РНК



# 1.4. Витамины, ферменты

# Витамины, ферменты

## Водорастворимые витамины



Витамин В1 (тиамин)

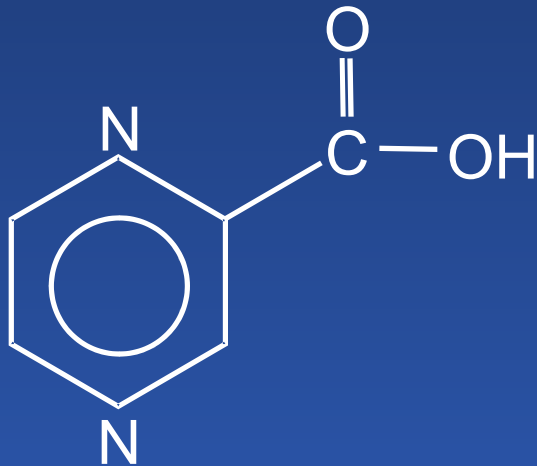
# Витамины, ферменты

## Водорастворимые витамины

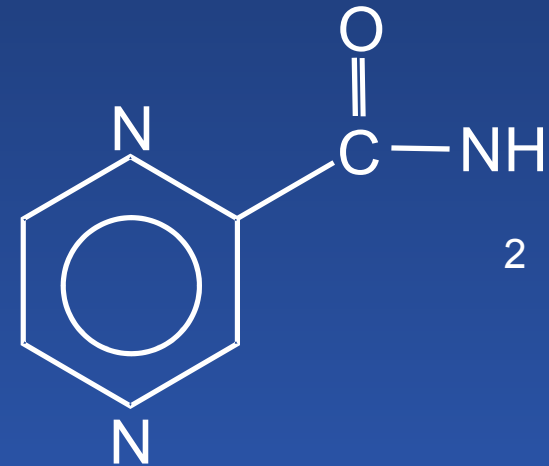


Витамин В2 (рибофлавин)

## Витамин РР (В5). Никотинамид



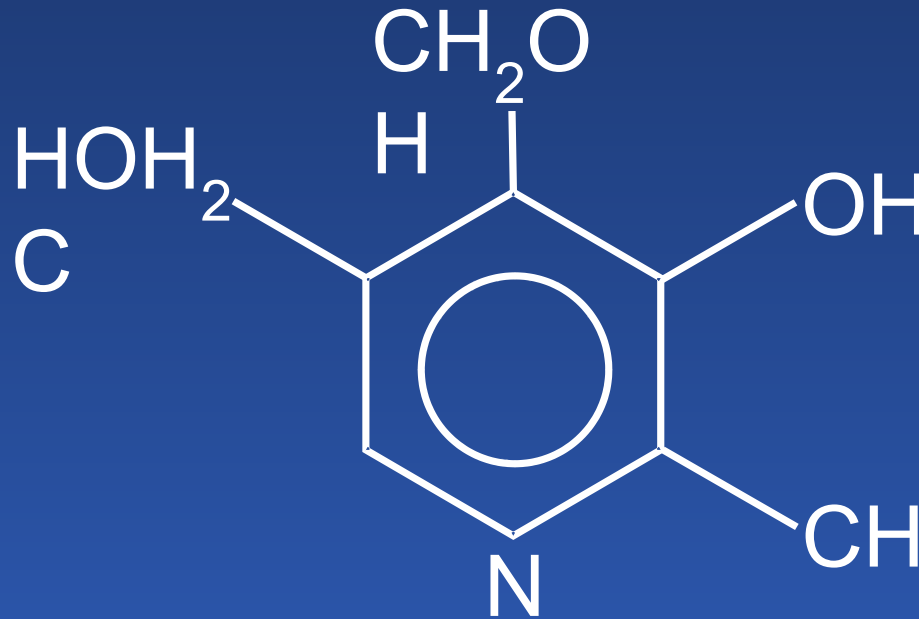
Никотиновая кислота



Никотинамид

# Витамины, ферменты

## Водорастворимые витамины

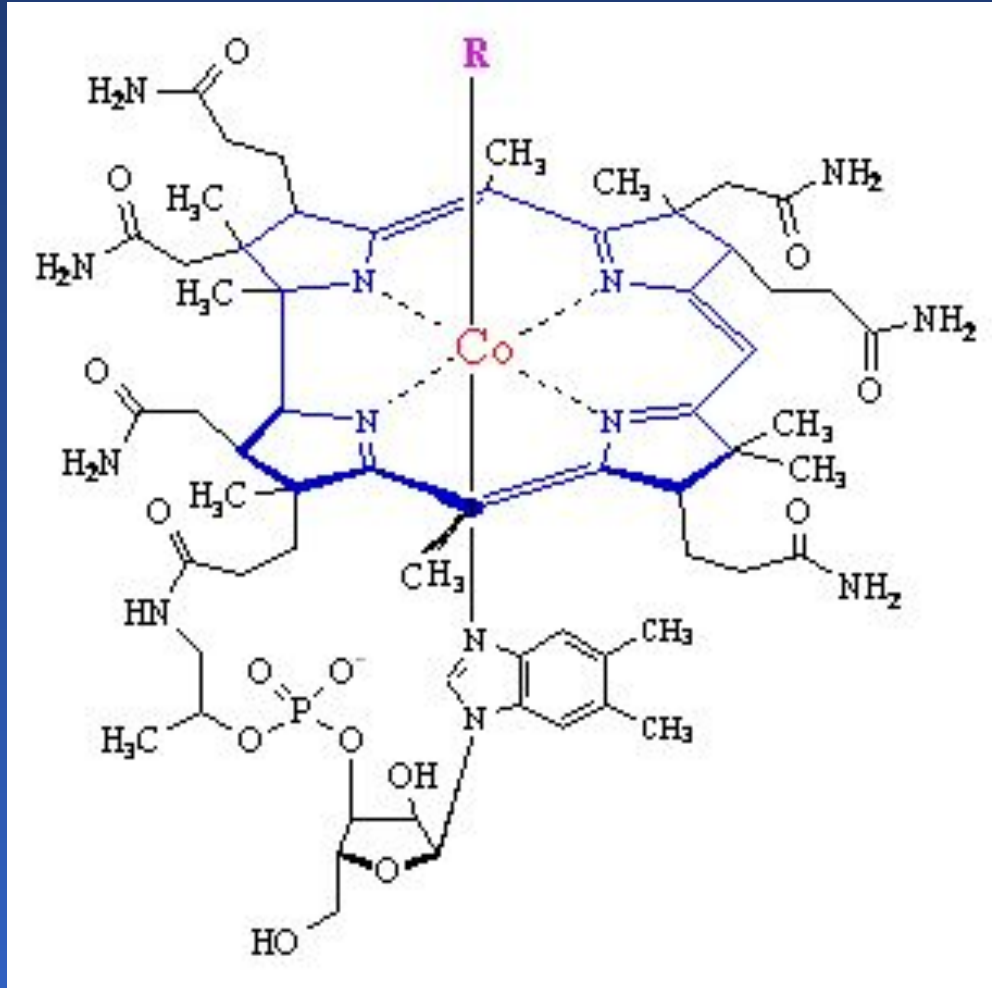


Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин)

# Витамины, ферменты

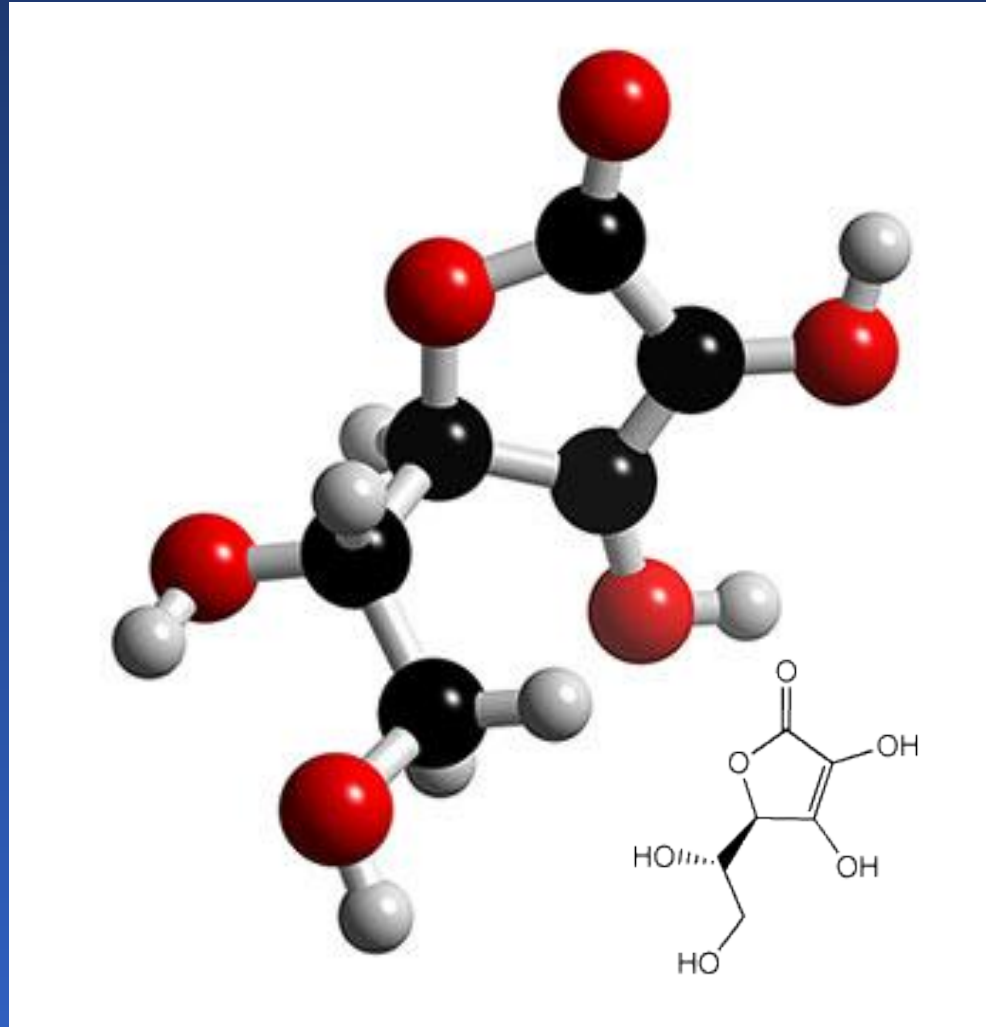
## Витамин В12

(антианемический витамин, кобаламин)



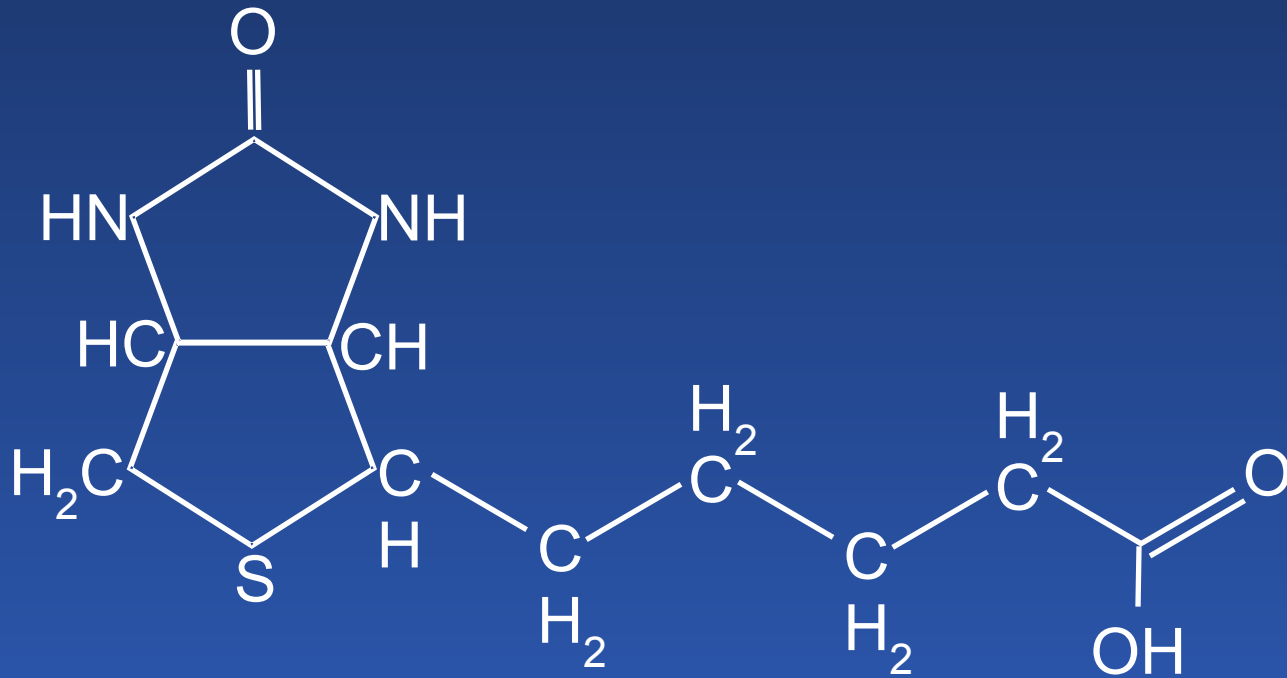
## Витамины, ферменты

# Витамин С (аскорбиновая кислота)



# Витамины, ферменты

## Водорастворимые витамины

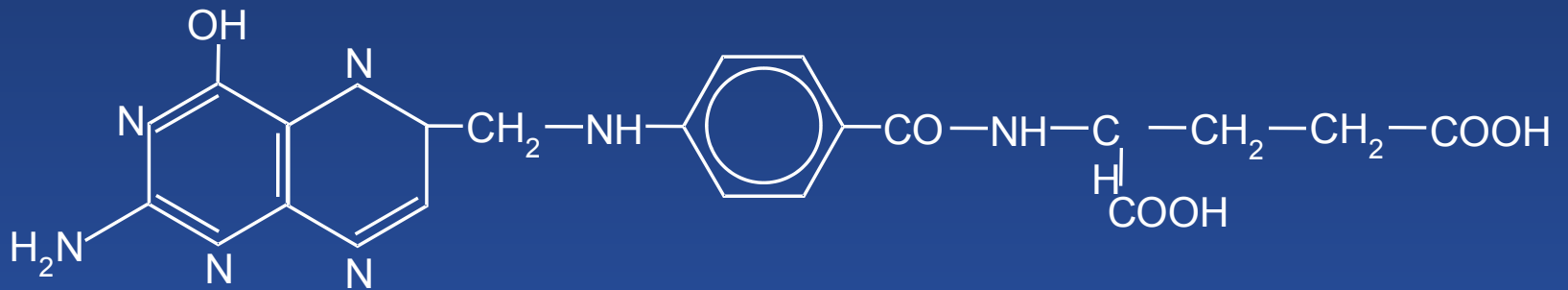


Витамин Н (биотин)



# Витамины, ферменты

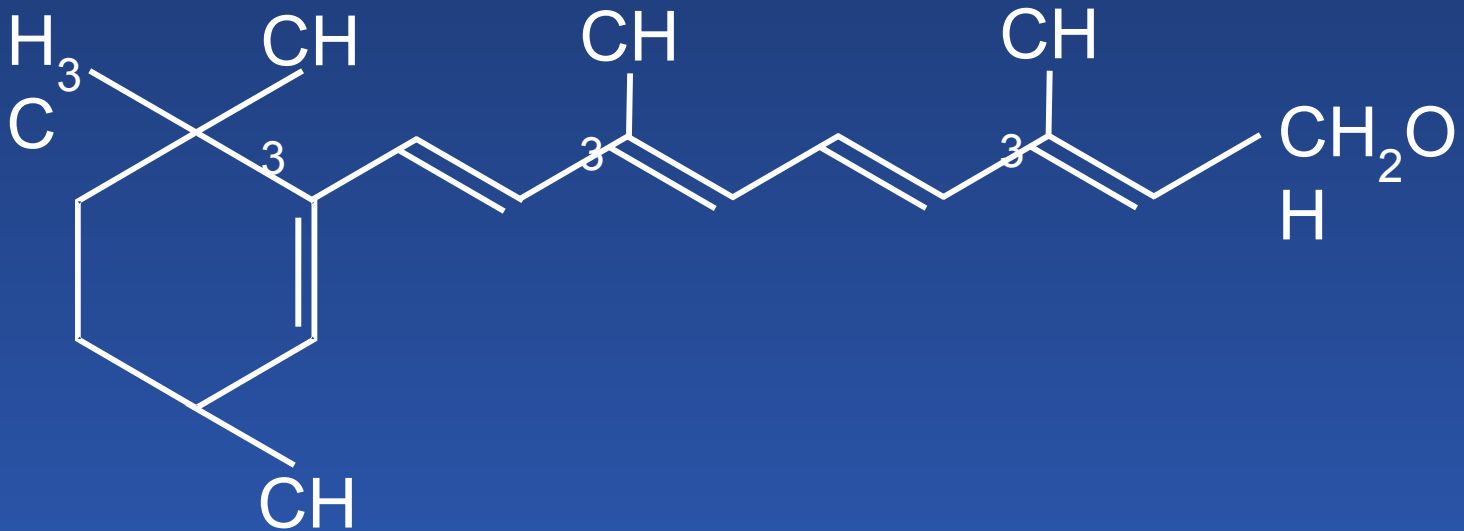
## Водорастворимые витамины



Фолиевая кислота

# Витамины, ферменты

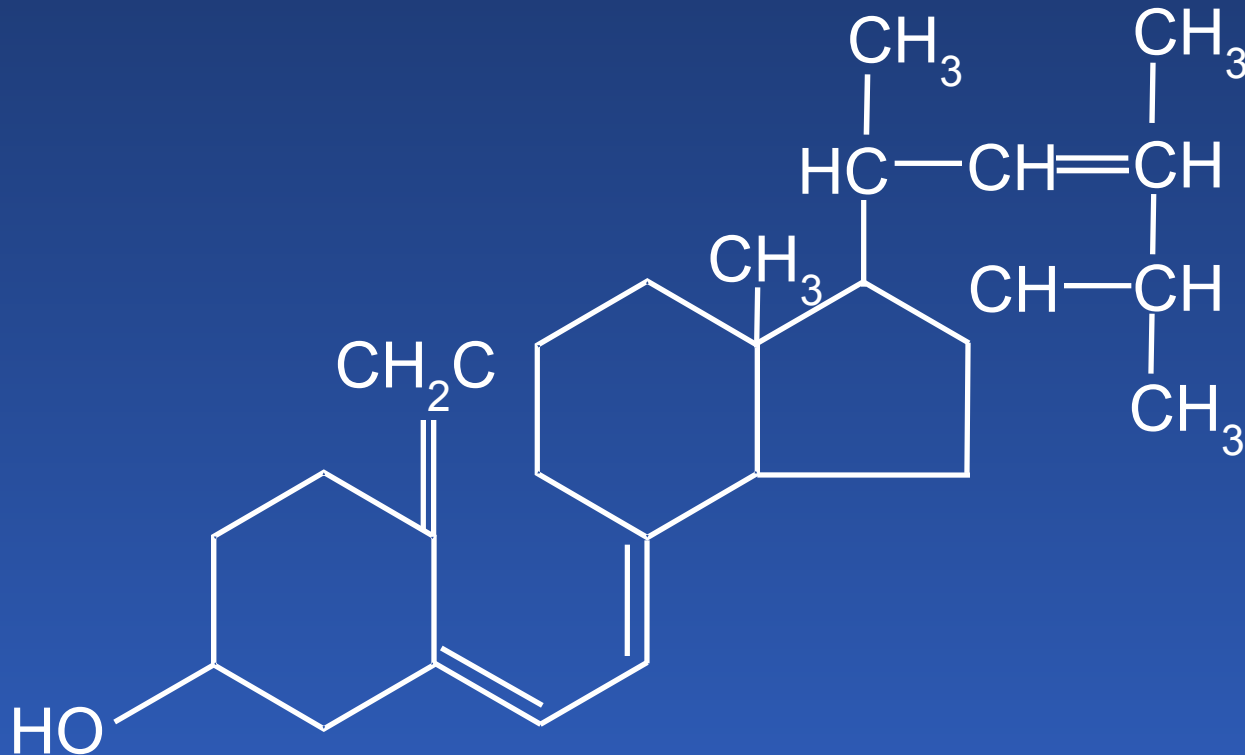
## Жирорастворимые витамины



3 Витамин А (ретинол)

# Витамины, ферменты

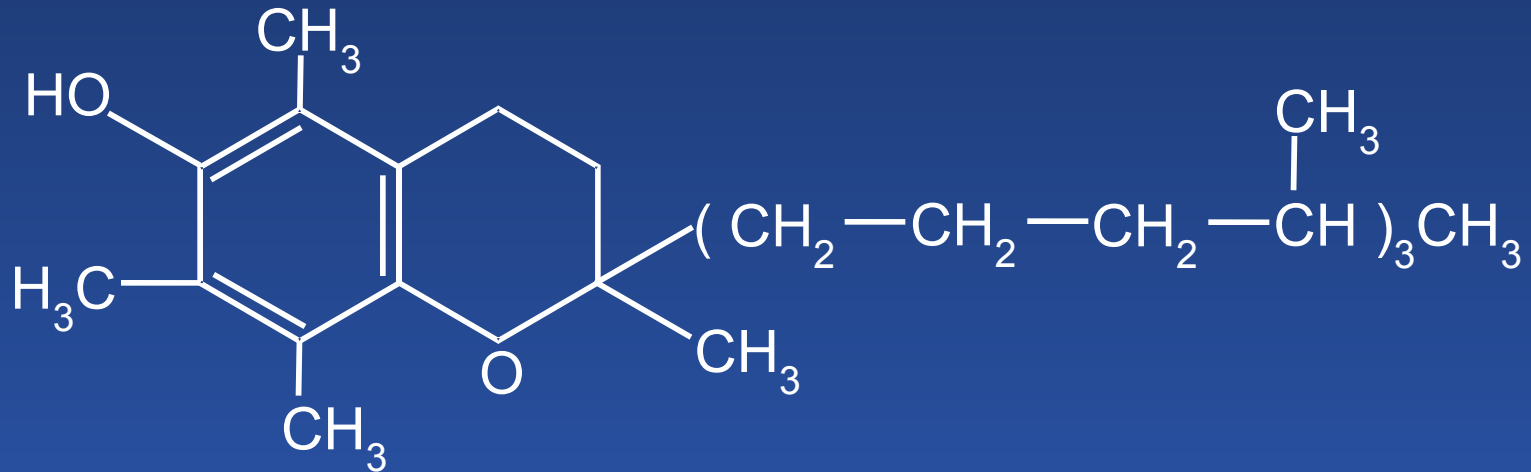
## Жирорастворимые витамины



Витамин D (антирахитический)

# Витамины, ферменты

## Жирорастворимые витамины



Витамин Е (токоферол)

# Ферменты

- Наиболее крупный специализированный класс белковых молекул, катализирующих химические реакции, из которых складывается клеточный обмен.
- Белки, увеличивающие скорости биохимических реакций в  $10^{10}$  раз по сравнению со скоростями тех же реакций в отсутствие ферментов.

### Химическая кинетика

В соответствии с законом действующих масс для реакции



скорость может выражаться уравнением

$$v = K [A] \cdot [B],$$

где  $v$  – скорость реакции;

$K$  – константа скорости, отражающая влияние химической природы вещества и условий, в которых протекает реакция, на ее скорость;  
 $[A]$  и  $[B]$  – концентрация реагентов.

# Кинетика ферментативных реакций

Вещества, реакцию превращения которых ускоряют ферменты ( $E$ ), называются субстратами ( $S$ ). В ходе ферментативной реакции образуется фермент-субстратный комплекс ( $ES$ ). Фермент-субстратный комплекс становится нестабильным и затем преобразуется в комплекс «фермент – продукт», который распадается на фермент и продукты реакции ( $P$ ):



# Кинетика ферментативных реакций

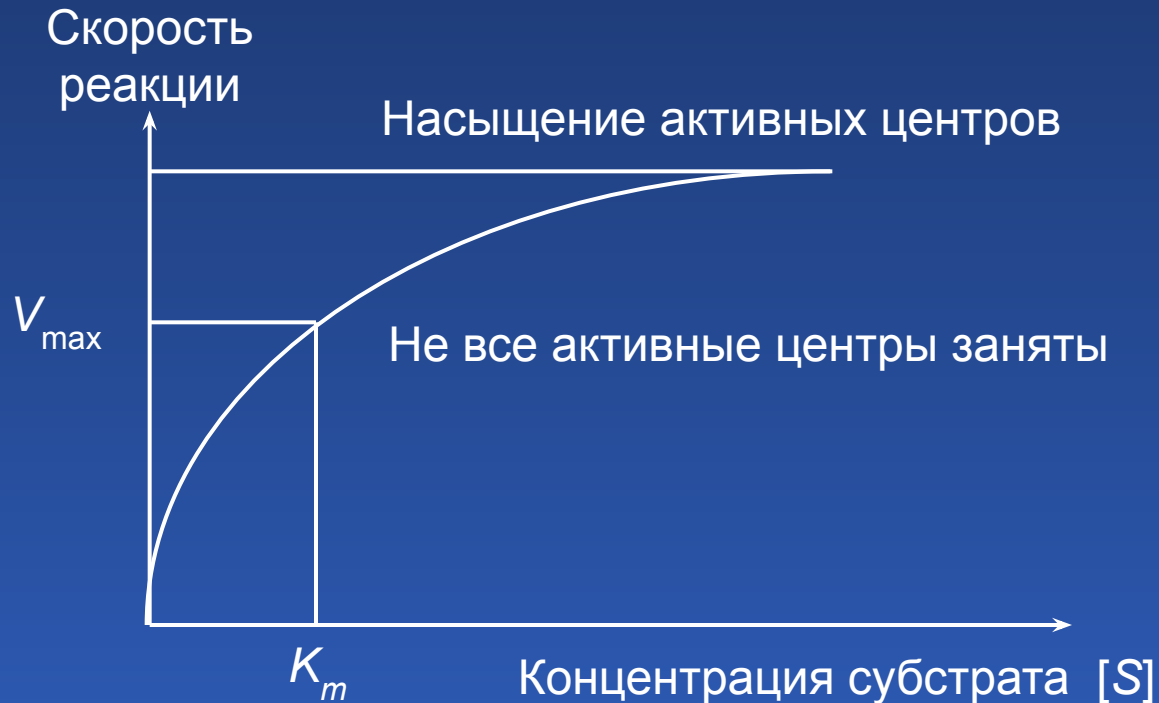
Действие ферментов как катализаторов обладает некоторыми особенностями:

- фермент не способен вызвать новую химическую реакцию, он ускоряет уже идущую;
- фермент не изменяет направление реакции, определяемое концентрациями реагентов, катализирует как прямую, так и обратную реакции.



# Витамины, ферменты

## Константа Михаэлиса



# Фермент увеличивает скорость реакции

- понижая свободную энергию переходного состояния путем стабилизации активированного комплекса;
- увеличивая энергию субстрата, когда тот связывается с ферментом при образовании фермент-субстратного комплекса;
- поддерживая микроокружение активного центра в состоянии, отличном от такового в водной среде;
- располагая реагирующие атомы в правильной ориентации и на необходимом расстоянии друг от друга так, чтобы обеспечить оптимальное протекание реакции.

# Классификация активности ферментов

### Оксидоредуктазы

(окислительно-восстановительные реакции)

Оксидоредуктазы осуществляют перенос атомов  $H$  и  $O$  или электронов от одного вещества к другому.

Дегидрогеназы катализируют окислительно-восстановительные реакции, происходящие путем отнятия электронов и протонов от одного субстрата и переноса их на другой:



Оксидазы катализируют перенос водорода с субстрата на кислород:



Гидроксилазы и оксигеназы ускоряют некоторые реакции биологического окисления, протекающие с присоединением гидроксила или кислорода к окисляемому веществу.

# Классификация активности ферментов

### Трансферазы (перенос функциональных групп)

Ускоряют перенос определенной группы атомов от одного вещества к другому:



Метилтрансферазы переносят метильную группу,  
Ацилтрансферазы – кислотный остаток (ацил),  
Гликозилтрансферазы – моносахаридный остаток (гликозил),  
Аминотрансферазы – аминную группу,  
Фосфотрансферазы – остаток фосфорной кислоты (фосфорил).

# Классификация активности ферментов

### Гидролазы (реакции гидролиза)

Ускоряют реакции гидролиза, при которых из субстрата образуются 2 продукта. К гидролазам относятся все пищеварительные ферменты:



Эстеразы ускоряют гидролиз сложных эфиров (различных липидов) на спирты и кислоты.

Фосфатазы катализируют гидролитическое отщепление фосфорной кислоты от нуклеотидов и фосфорных эфиров углеводов.

Глюкозидазы ускоряют гидролиз сложных углеводов.

Пептидгидролазы ускоряют гидролиз пептидных связей в белках и пептидах.

# Классификация активности ферментов

### Лиазы

Лиазы ускоряют негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группы атомов.

При этом могут разрываться связи:

C–C, C–N, C–O, C–S.

## Классификация активности ферментов

Изомеразы (реакции изомеризации)

Внутримолекулярные перестройки:



# Классификация активности ферментов

### Лигаза (образование связей за счет АТФ)

Лигаза катализируют реакции синтеза высокомолекулярных полимеров из мономеров за счет энергии гидролиза АТФ:





# 1.5. Гормоны: биологическая роль, классификация, механизм действия

## Гормоны

Гормоны – это биологически активные вещества, синтезируемые эндокринными железами, выделяемые ими в кровь или лимфу и регулирующие внутриклеточный метаболизм. Гормональная регуляция биологических процессов есть высшая форма гуморальной регуляции. Гормоны обладают специфичностью и воздействуют только на те клетки-мишени, которые обладают специальными рецепторами белковой или липопротеиновой природы, реагирующими с данным гормоном.

## Механизм действия гормонов

Гормоны регулируют метаболизм клеток-мишеней через изменение активности ферментных систем:

- путем изменения индукции ферментов;
- путем изменения проницаемости плазматических мембран;
- путем изменения количества ц-АМФ.

## Гормоны гипоталамуса

Гормоны гипоталамуса являются относительно простыми по структуре олигопептидами.

К ним относятся:

кортиколиберин, тиролиберин, люлилиберин, фоллиберин, соматолиберин, соматостатин, пролактостатин, пролактолиберин, меланолиберин, меланостатин.

## Гормоны гипофиза

Гипофиз синтезирует тропные и эффекторные гормоны

### Тропные гормоны:

- АКТГ (адренокортикотропный гормон) – пептид, регулирующий биосинтез и секрецию гормонов коры надпочечников;
- ТТГ (тиреотропный гормон) – гликопротеид, регулирующий биосинтез и секрецию гормонов щитовидной железы;
- ФСГ (фолликулостимулирующий гормон), ЛГ (лютеинизирующий гормон) – гликопротеиды, регулирующие биосинтез и секрецию гормонов половых желез.

## Гормоны гипофиза

Гипофиз синтезирует тропные и эффекторные гормоны

### Эффекторные гормоны

- АДГ (антидиуретический гормон, вазопрессин) – простой пептид, регулирующий водный обмен, уменьшает мочеотделение.
- Окситоцин – простой пептид, вызывающий сокращение матки во время родов и активное выделение молока молочными железами.
- Меланостимулирующий гормон – простой пептид, регулирующий сезонное окрашивание кожи, шерсти.
- Пролактин – простой белок, регулирующий выделение молока молочными железами при кормлении.
- Гормон роста (соматотропный) – простой белок, регулирующий рост тела в длину, усиливает процессы анаболизма.

## Гормоны поджелудочной железы

Гормоны поджелудочной железы инсулин (белок из 51 аминокислотного остатка) и глюкагон (одноцепочечный полипептид из 29 аминокислотных остатков) не находятся под контролем гормонов гипофиза. Секреция гормонов регулируется содержанием глюкозы в крови.

## Гормоны щитовидной железы

### Тиреоидные гормоны

Тироксин и трийодтиронин являются производными аминокислотами тирозина и содержат в своем составе 4 и 3 атома йода соответственно. Тиреоидные гормоны регулируют активность ферментных систем обмена углеводов и липоидов, синтеза белка, интенсивность транспорта субстратов и кофакторов, биоэнергетические процессы.



## Гормоны коры надпочечников

Секреция гормонов коры надпочечников регулируется адренокортикотропным гормоном (АКТГ) гипофиза.

Из коры надпочечников выделено 46 соединений стероидной природы, производных циклопентапергидрофенантрена.

Они подразделяются на 3 функциональные группы – глюкокортикоиды, минералокортикоиды и половые гормоны.

## Гормоны мозгового вещества надпочечников

Гормоны мозгового вещества надпочечников – адреналин и норадреналин (катехоламины).

## Гормоны половых желез

Мужские половые гормоны (андрогены) образуются в семенниках, женские половые гормоны (эстрогены, прогестины) продуцируются преимущественно в яичниках. Половые гормоны являются производными циклопентапергидрофенантрена.

## Гормоны паращитовидной железы

Паращитовидные железы секретируют 2 гормона (паратгормон и кальцитонин), которые вместе с витамином Д обеспечивают регуляцию кальциевого обмена.

## Гормоны тимуса (вилочковой железы)

В тимусе продуцируется 5 гормонально-активных факторов (полипептидов по природе):

ТИМОЗИН, гомеостатический тимусный гормон,  
ТИМОПОЭТИНЫ 1 и 11,  
ТИМУСНЫЙ ГУМОРАЛЬНЫЙ ФАКТОР.

Основная функция гормонов вилочковой железы – регуляция созревания определенных популяций лимфоидных клеток, то есть участие в регуляции функционирования иммунной системы.

# БИОХИМИЯ

## ЧАСТЬ 2

### Динамическая биохимия

# Оглавление

- 2.1. Переваривание углеводов в пищеварительном тракте.  
Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата
- 2.2. Аэробный метаболизм углеводов
- 2.3. Липидный обмен
- 2.4. Белковый обмен
- 2.5. Интеграция клеточного обмена

## **2.1. переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата**



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

В обмене веществ выделяют внешний обмен и промежуточный.

Внешний обмен – внеклеточное переваривание веществ на путях их поступления и выделения из организма.

Промежуточный обмен – совокупность всех ферментативных реакций в клетке.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Метаболизм выполняет 4 основные функции:

- 1) извлечение энергии из окружающей среды (либо в форме химической энергии органических веществ, либо в форме энергии солнечного света);
- 2) превращение экзогенных веществ в строительные блоки – в предшественников макромолекулярных компонентов клетки;
- 3) сборку белков, нуклеиновых кислот, жиров и др. клеточных компонентов из этих строительных блоков;
- 4) синтез и разрушение тех биомолекул, которые необходимы для выполнения различных специфических функций данной клетки.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Метаболические пути:

- 1) катаболические;
- 2) анаболические;
- 3) амфиболические.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

### Катаболизм включает 3 основных этапа:

- 1) крупные пищевые молекулы расщепляются на составляющие их строительные блоки (аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты и др.);
- 2) продукты, образовавшиеся на 1-й стадии, превращаются в более простые молекулы, число которых невелико – ацетил-КоА и др.;
- 3) эти продукты окисляются до  $\text{CO}_2$  и воды.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Анаболические пути – это ферментативный синтез сравнительно крупных клеточных компонентов из простых предшественников. Процессы связаны с потреблением свободной энергии, которая поставляется в форме энергии фосфатных связей АТФ. Анаболизм включает в себя также 3 стадии, в результате чего образуются биополимеры.

Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Метаболические пути и обмен энергии

Амфиболические пути – двойственные.

Связывают катаболические и анаболические  
пути.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Переваривание углеводов

Полисахариды и олигосахариды распадаются до более простых соединений путем гидролиза. Расщепление крахмала и гликогена начинается в полости рта под действием амилазы слюны, относящейся к классу гидролаз, подклассу гидролаз гликозидов.

Известны 3 вида амилаз, различающиеся по конечным продуктам:  $\alpha$ -амилаза,  $\beta$ -амилаза и  $\gamma$ -амилаза.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Всасывание моносахаридов

Продукты полного переваривания углеводов – глюкоза, галактоза, фруктоза – через стенки кишечника поступают в кровь.

Моносахариды поступают через клеточные мембраны путем облегченной диффузии, с участием специальных переносчиков.

Для переноса глюкозы и галактозы существует активный транспорт по механизму симпорта.



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

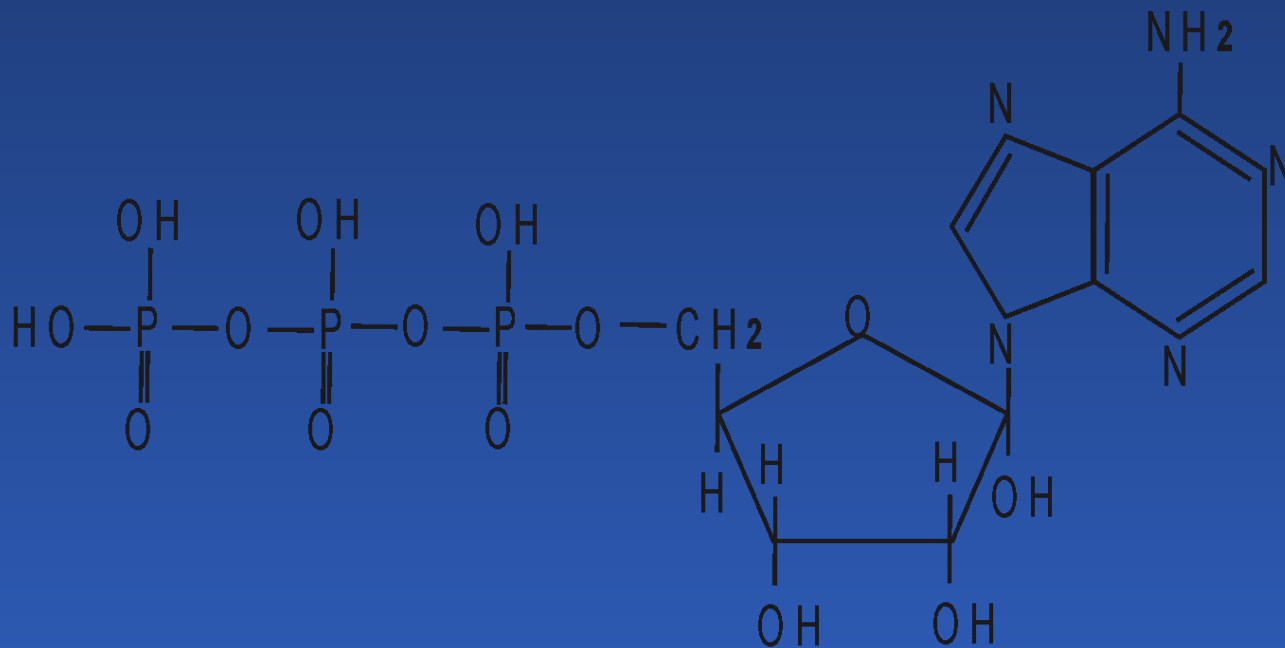
## Гликолиз

**Гликолиз** – центральный путь катаболизма глюкозы в животных, растительных клетках и микроорганизмах. Это наиболее древний путь, в результате которого глюкоза подвергается анаэробному расщеплению. Может протекать в клетке в аэробных и анаэробных условиях.

# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз

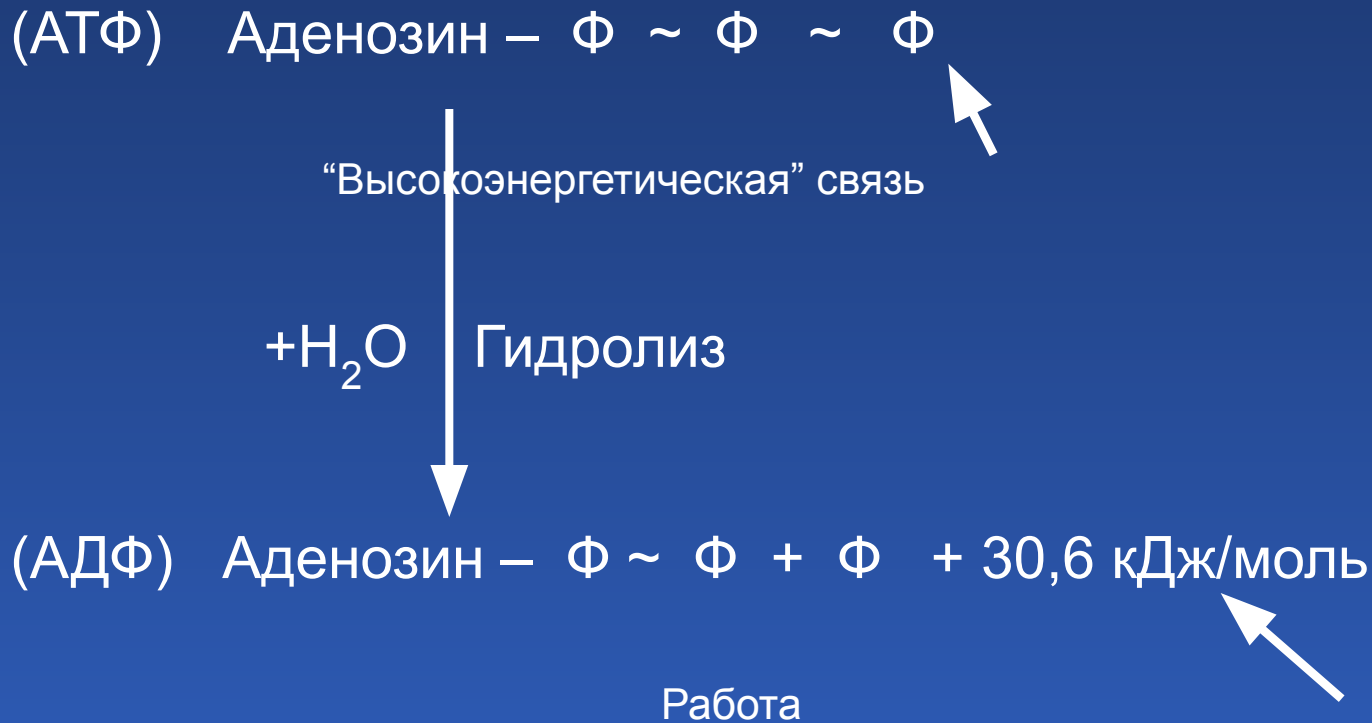
**АТФ** – стандартная единица, в виде которой запасается высвобождающаяся при дыхании энергия.



Аденозинтрифосфорная кислота

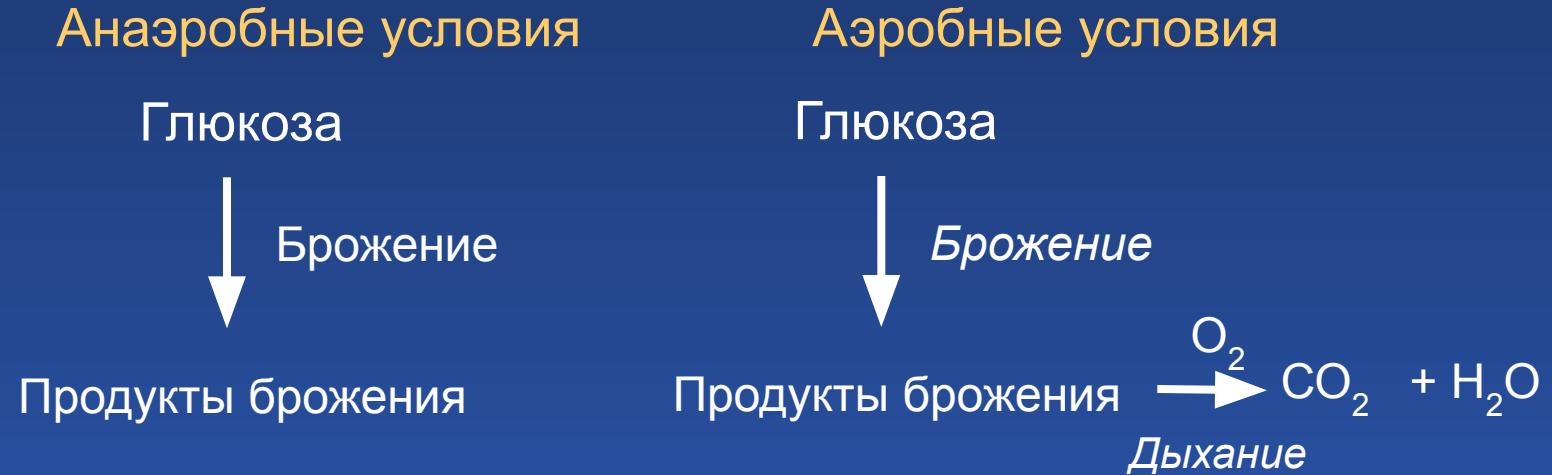
# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Брожение и дыхание



### Гликолиз



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликолиз



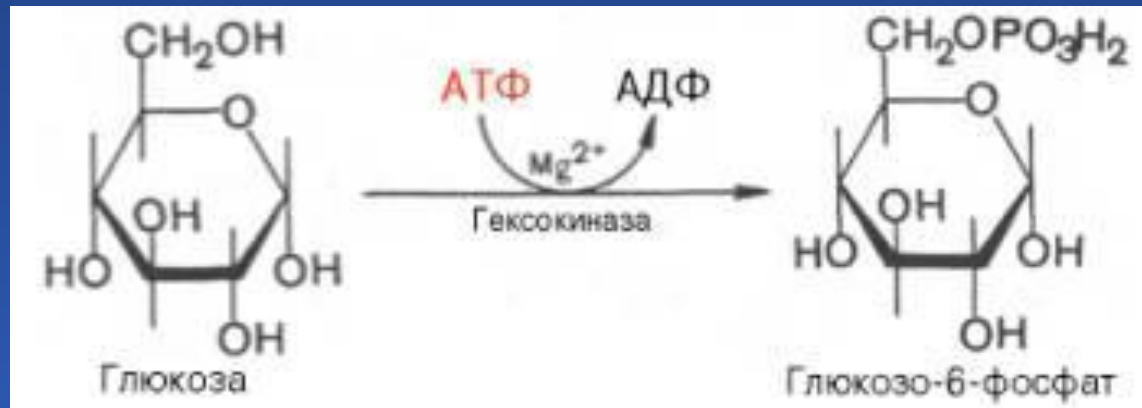
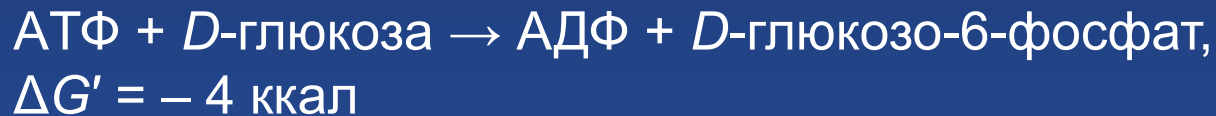
Суммарная реакция:



$$\Delta Gs' = \Delta G1' + \Delta G2' = -47,0 + 14,6 = -32,4 \text{ ккал}$$

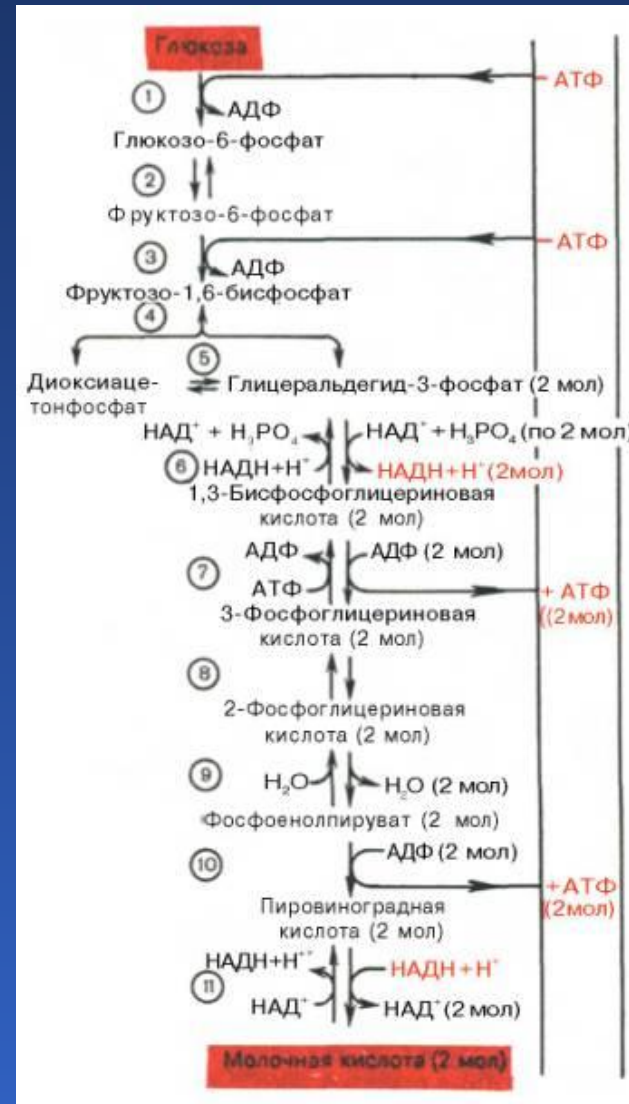
Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

Ферментативные реакции первой стадии гликолиза



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

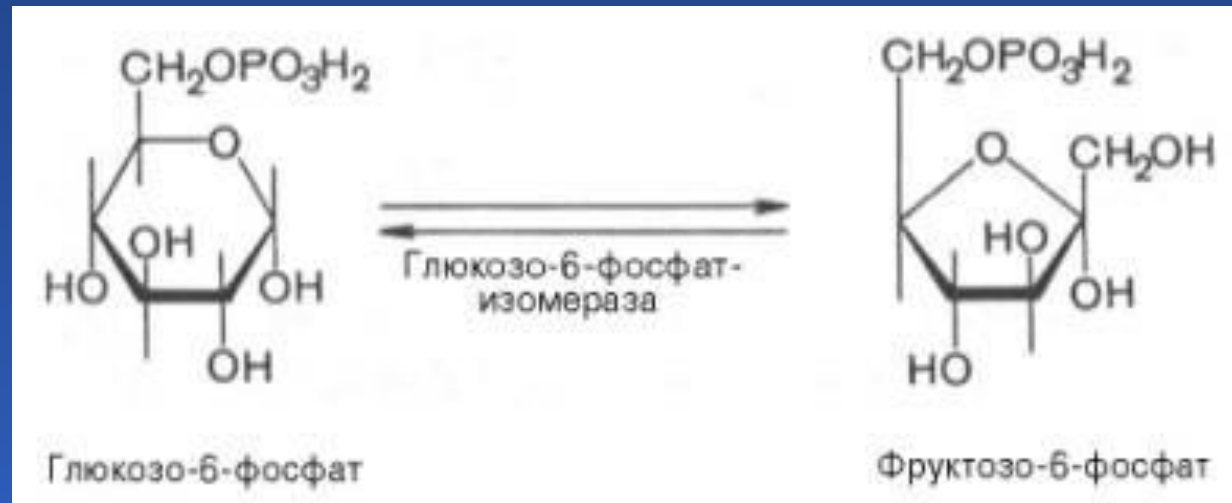
## Гликолиз



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

Превращение глюкозо-6-фосфат  
во фруктозо-6-фосфат

*D*-глюкозо-6-фосфат ↔ *D*-фруктозо-6-фосфат,  $\Delta G' = + 0,4$  ккал

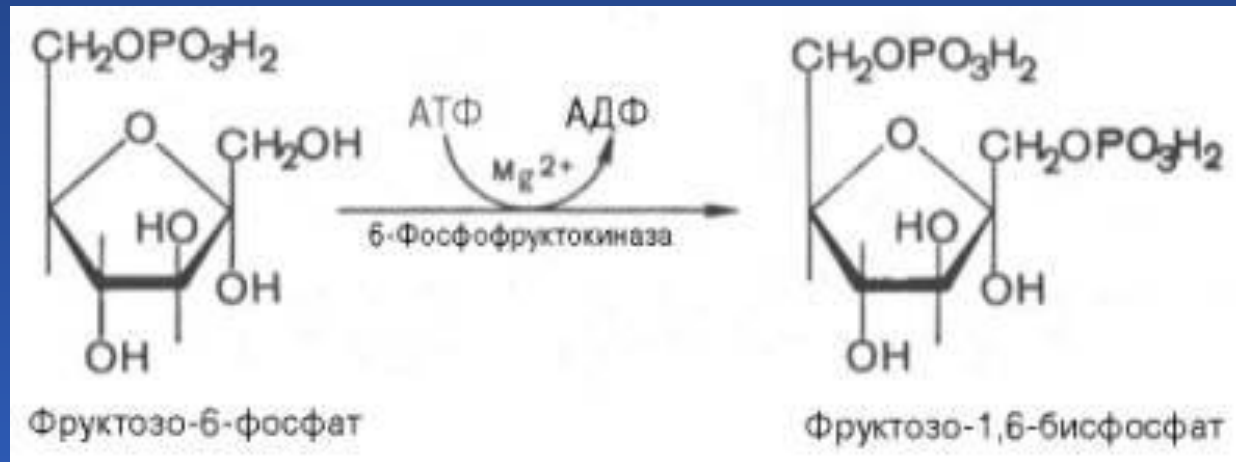
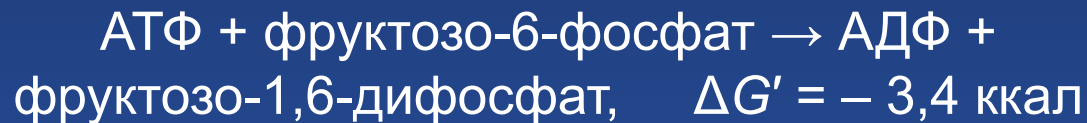




# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.

## Окислительное декарбоксилирование пирувата

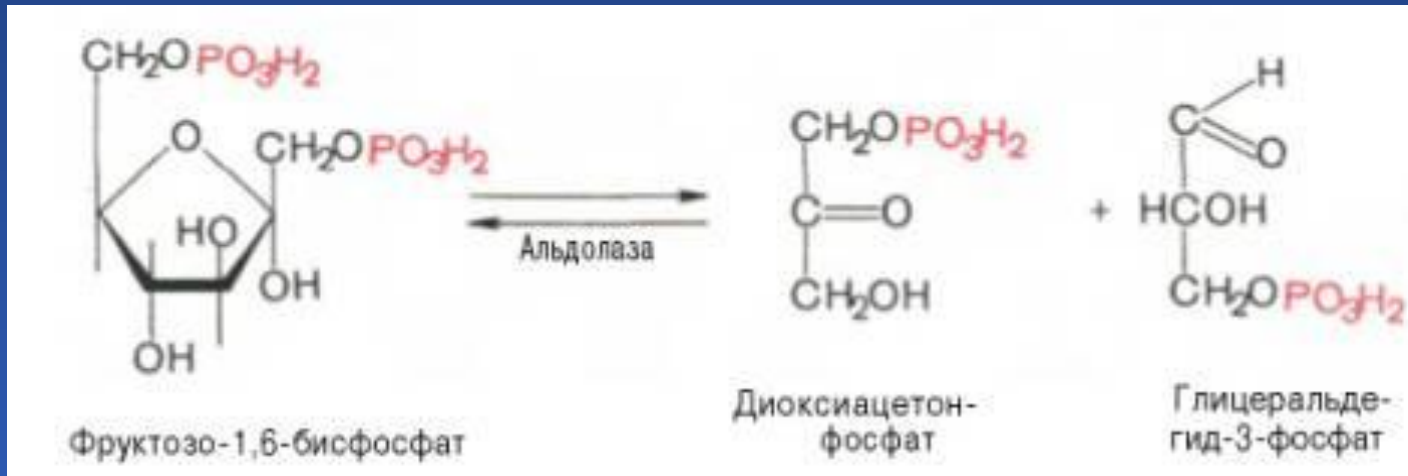
## Образование фруктозо-1,6-дифосфата



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Расщепление фруктозо-1,6-дифосфата

Фруктозо-1,6-дифосфат → Диксиацетонфосфат +  
D-глицеральдегид-3-фосфат,  $\Delta G' = +5,73$  ккал



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Взаимопревращение триозофосфатов

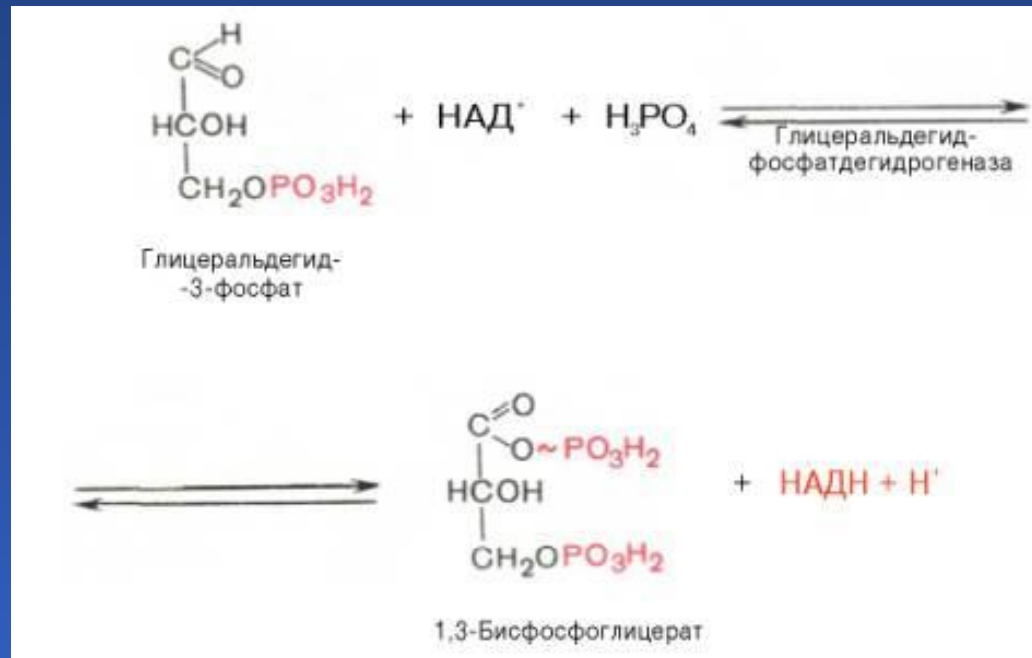
Диоксиацетонфосфат  $\leftrightarrow$  D-глицеральдегид-3-фосфат



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

Окисление глицеральдегид-3-фосфата  
до 1,3-дифосфоглицерата

Глицеральдегид-3-фосфат + НАД<sup>++</sup> Фн → 1,3-дифосфоглицерат + НАД \* Н + Н<sup>+</sup>,  
 $\Delta G' = +1,5$  ккал



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Перенос фосфатной группы от 1,3-дифосфоглицерата на АДФ

1,3-фосфоглицерат + АДФ  $\rightarrow$  3-фосфоглицерат + АТФ,  $\Delta G' = -4,5$  ккал



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

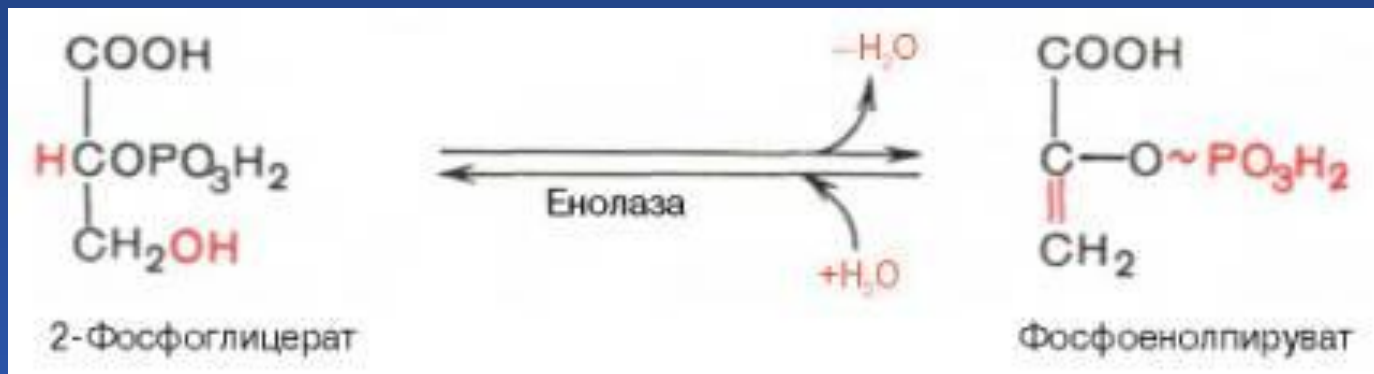
Превращение 3-фосфоглицерата  
в 2-фосфоглицерат

3-фосфоглицерат ↔ 2-фосфоглицерат



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

Дегидратация 2-фосфоглицерата с образованием  
фосфоенолпирувата



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Перенос фосфатной группы от фосфоенолпирувата на АДФ

Фосфоенолпируват + АДФ → Пируват + АТФ,  
 $\Delta G' = -7,5$  ккал

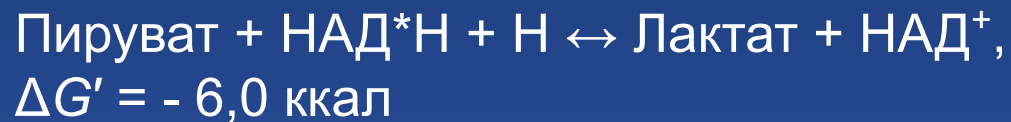




# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.

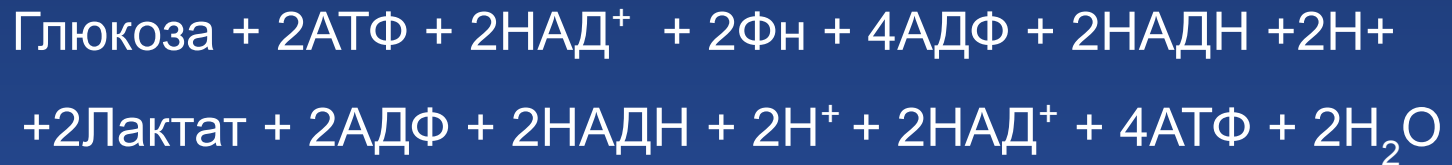
## Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Восстановление пирувата до лактата



Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз.  
Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Полный баланс гликолиза



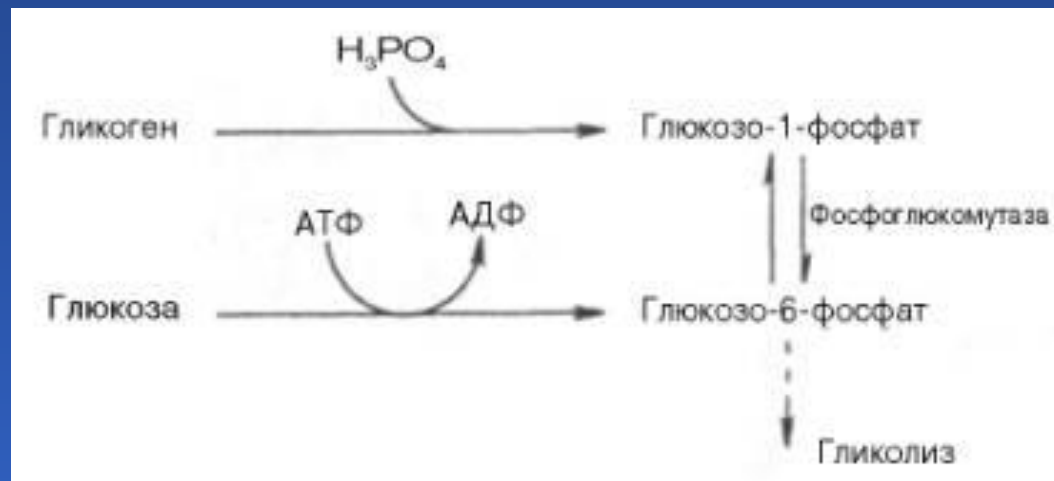
Вычеркнув одни и те же члены получим:



# Переваривание углеводов в пищеварительном тракте. Гликолиз. Окислительное декарбоксилирование пирувата

## Гликогенолиз

Гликоген → глюкозо-1-фосфат → глюкозо-6-фосфат → ...  
→ 2лактат



## **2.2. Аэробный метаболизм углеводов**

## Аэробный метаболизм углеводов

# Энергетика брожения и дыхания

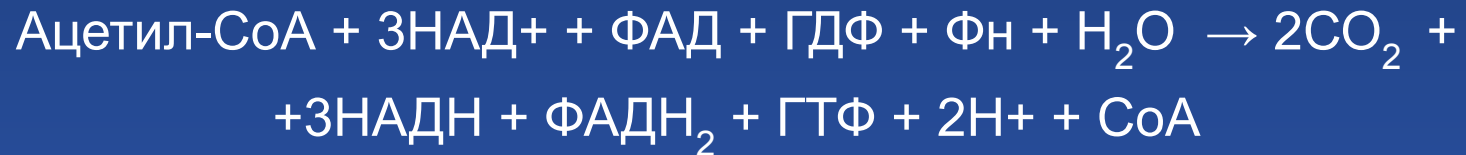
Глюкоза  $\rightarrow$  2Лактат,  $\Delta G' = -47$  ккал (гликолиз)

Глюкоза +  $6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta G' = -686$  ккал  
(дыхание)

## Аэробный метаболизм углеводов

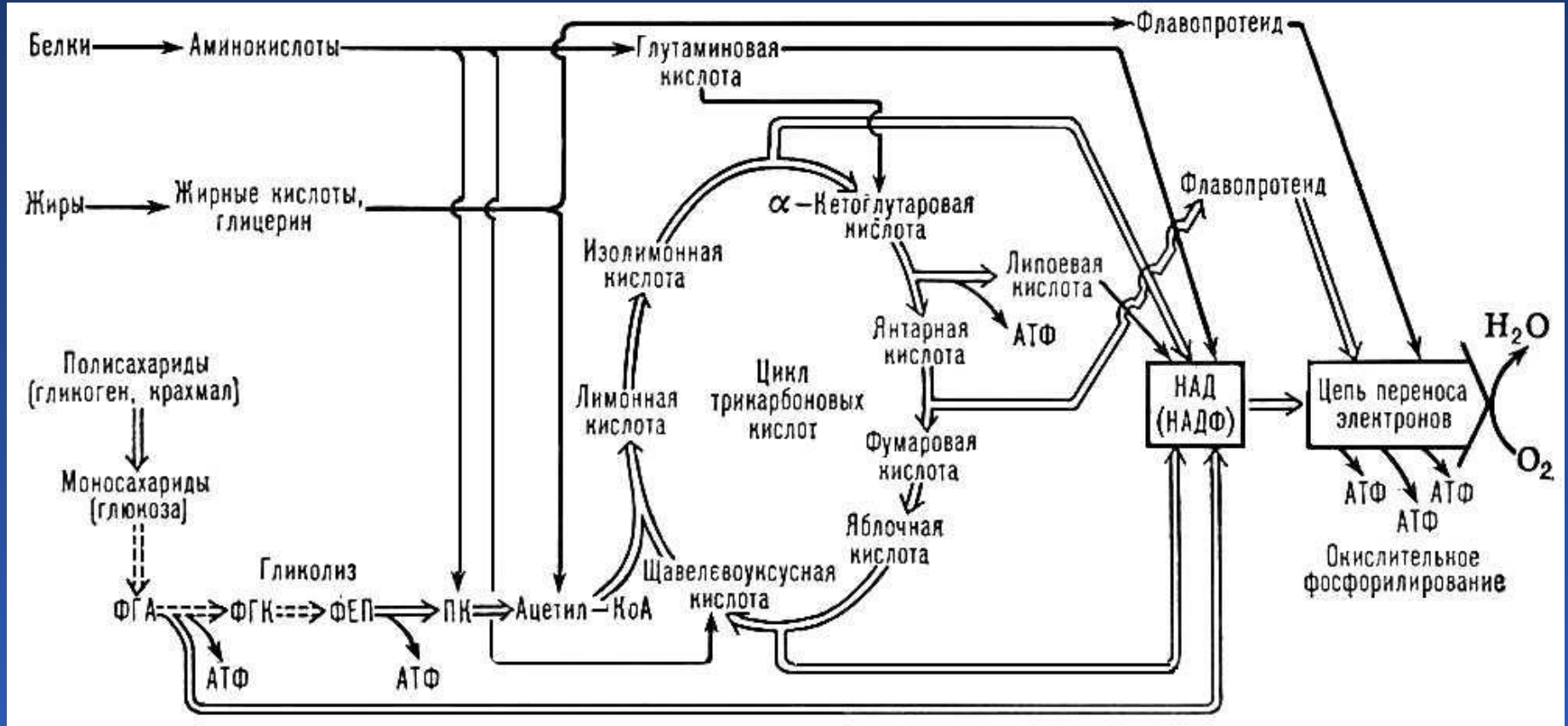
### Общая схема дыхания

Суммарная реакция цикла трикарбоновых кислот описывается уравнением:



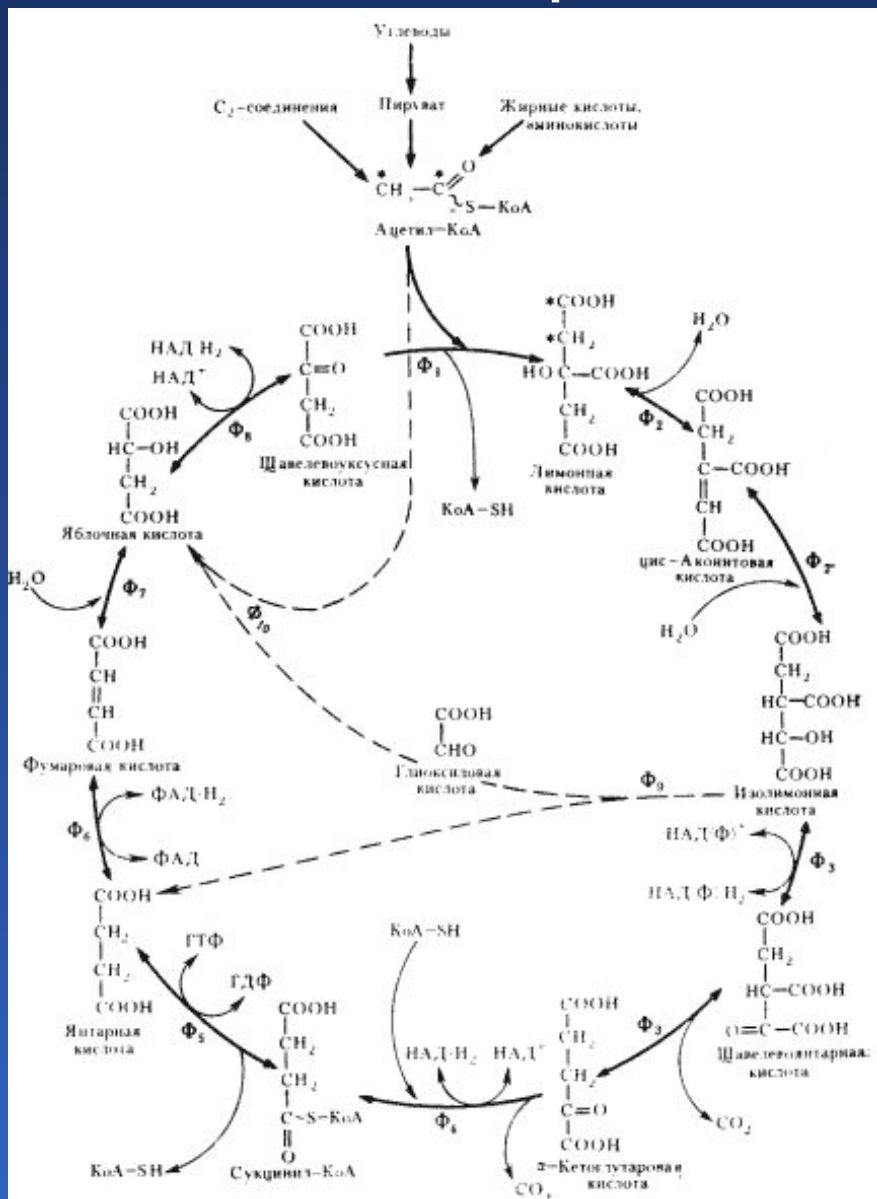
# Аэробный метаболизм углеводов

## Общая схема дыхания



# Аэробный метаболизм углеводов

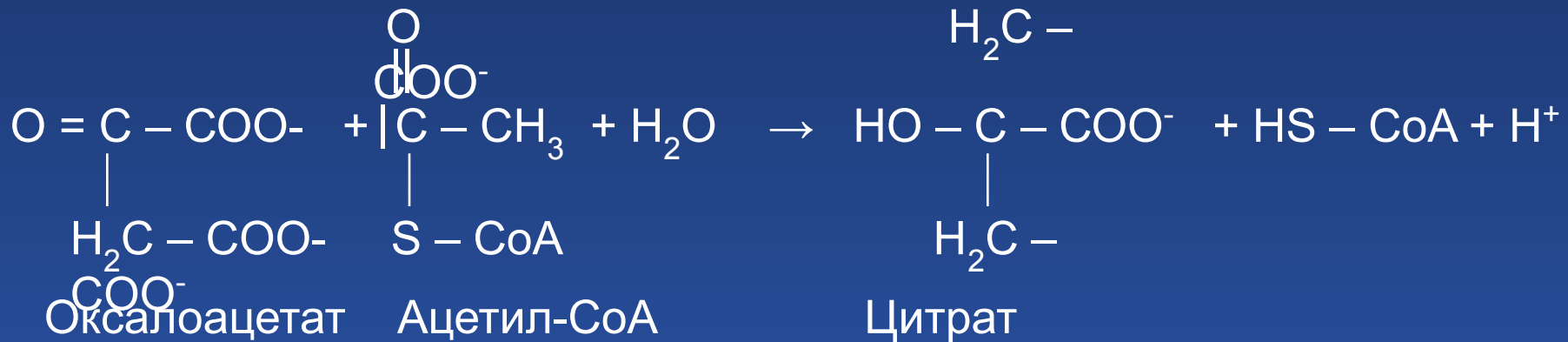
## Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса)





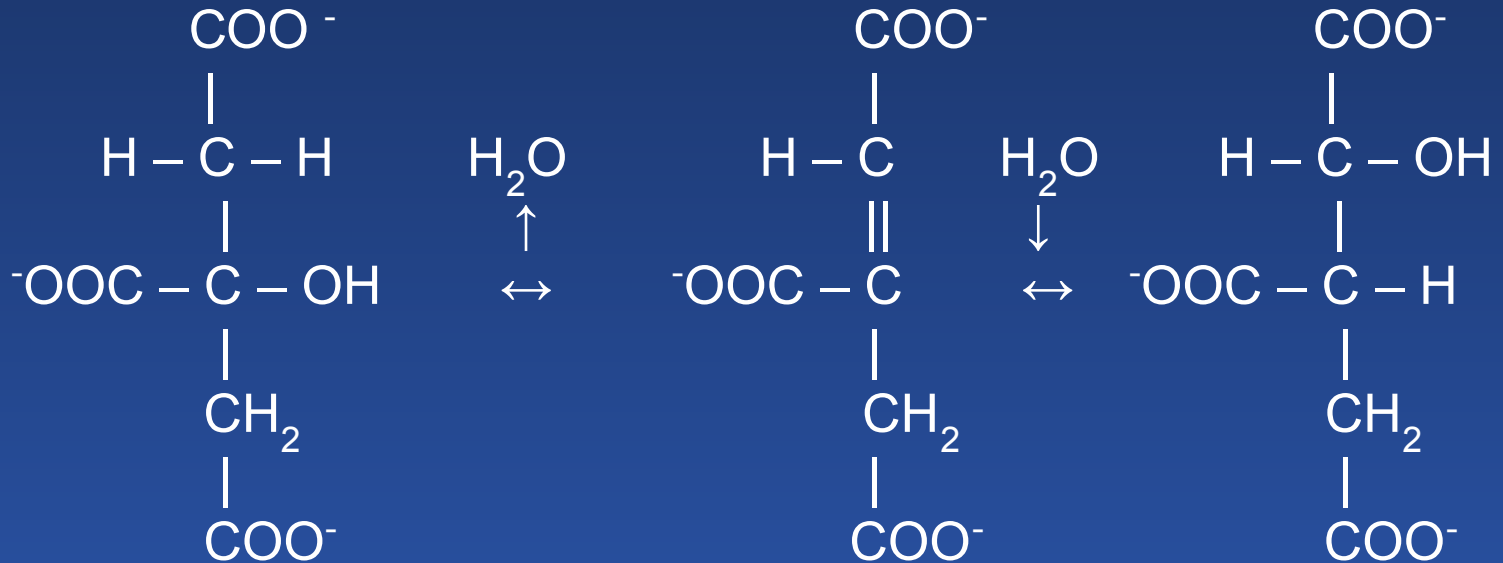
# Аэробный метаболизм углеводов

## Цитрат-синтаза



# Аэробный метаболизм углеводов

## Аконитазное равновесие



Цитрат

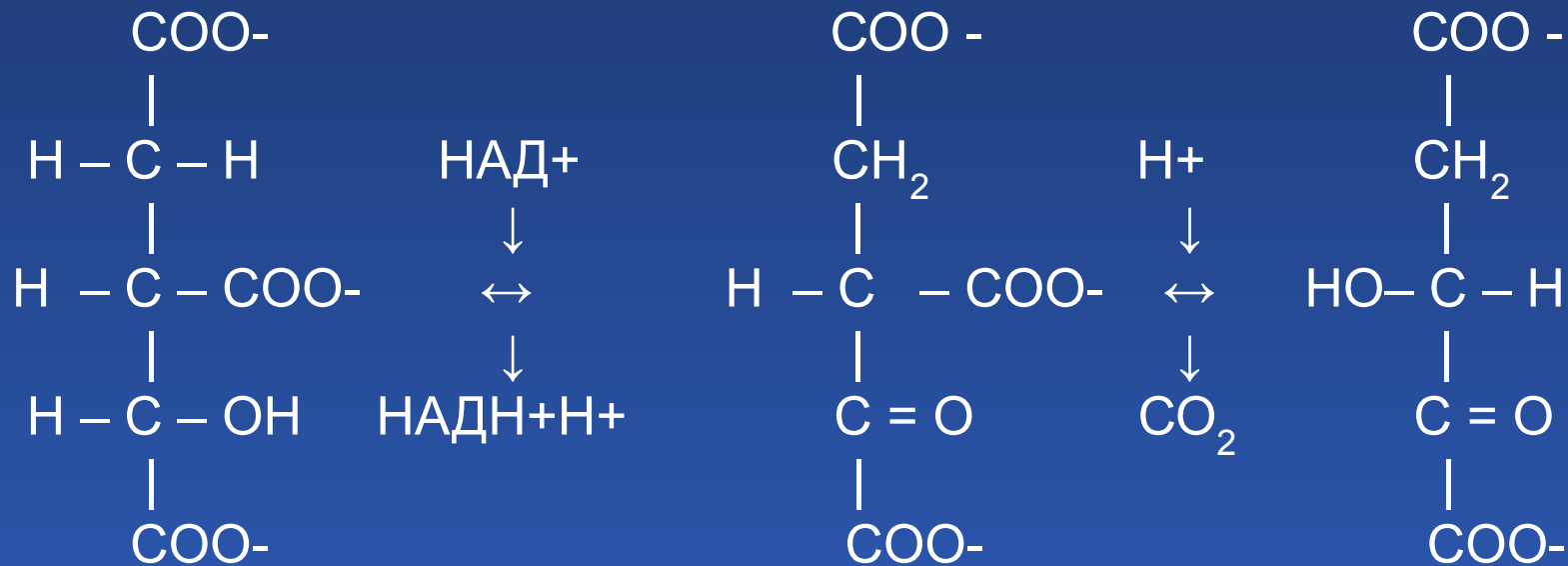
Цисаконитат

Изоцитрат

# Аэробный метаболизм углеводов

## Изоцитратадегидрогеназа

Суммарная реакция, катализируемая изоцитратадегидрогеназой:



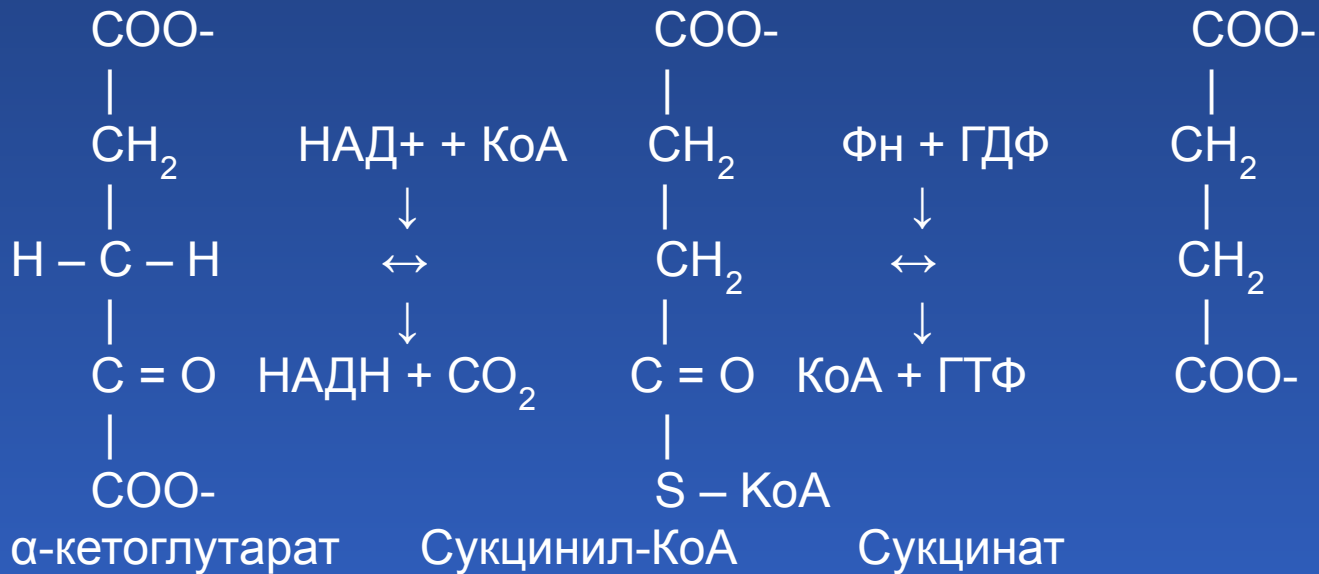
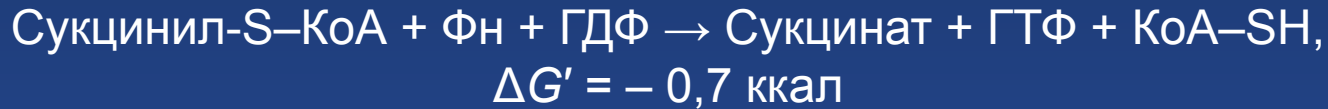
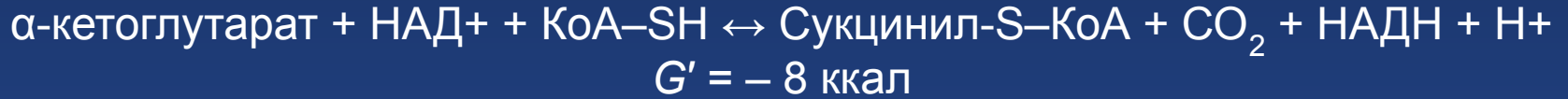
Изоцитрат

Оксалосукцинат

α-кетоглутарат

# Аэробный метаболизм углеводов

## Окисление $\alpha$ -кетоглутарата до сукцината

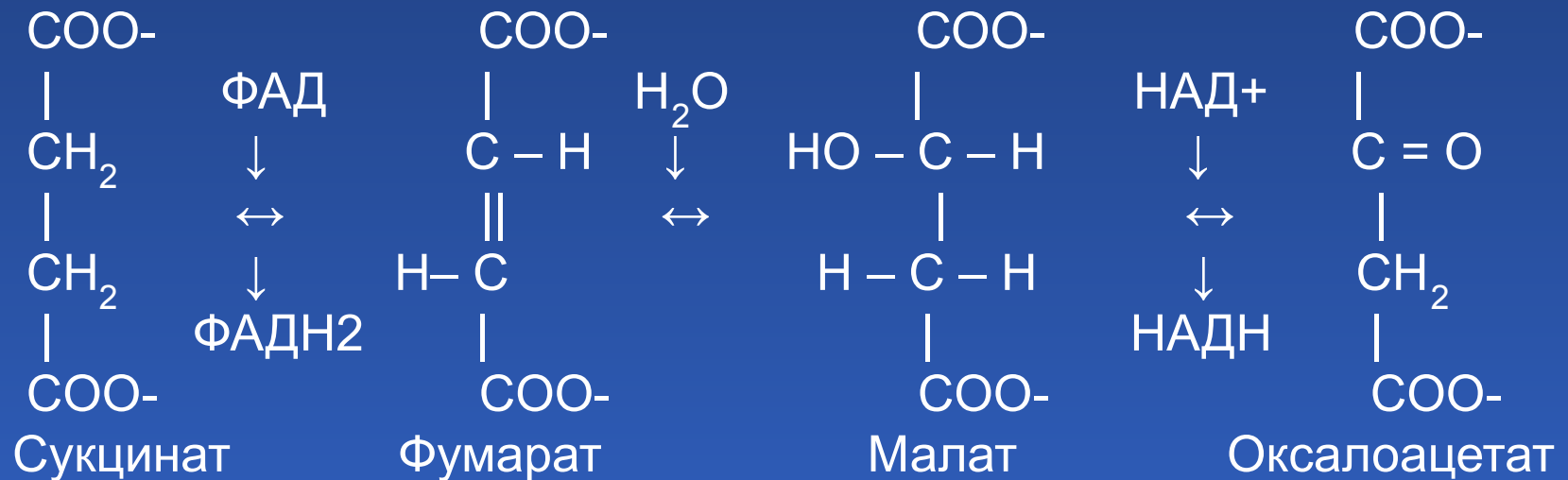


# Аэробный метаболизм углеводов

## Сукцинатдегидрогеназа



### Фумараза



## Аэробный метаболизм углеводов

### Окисление малата до оксалоацетата

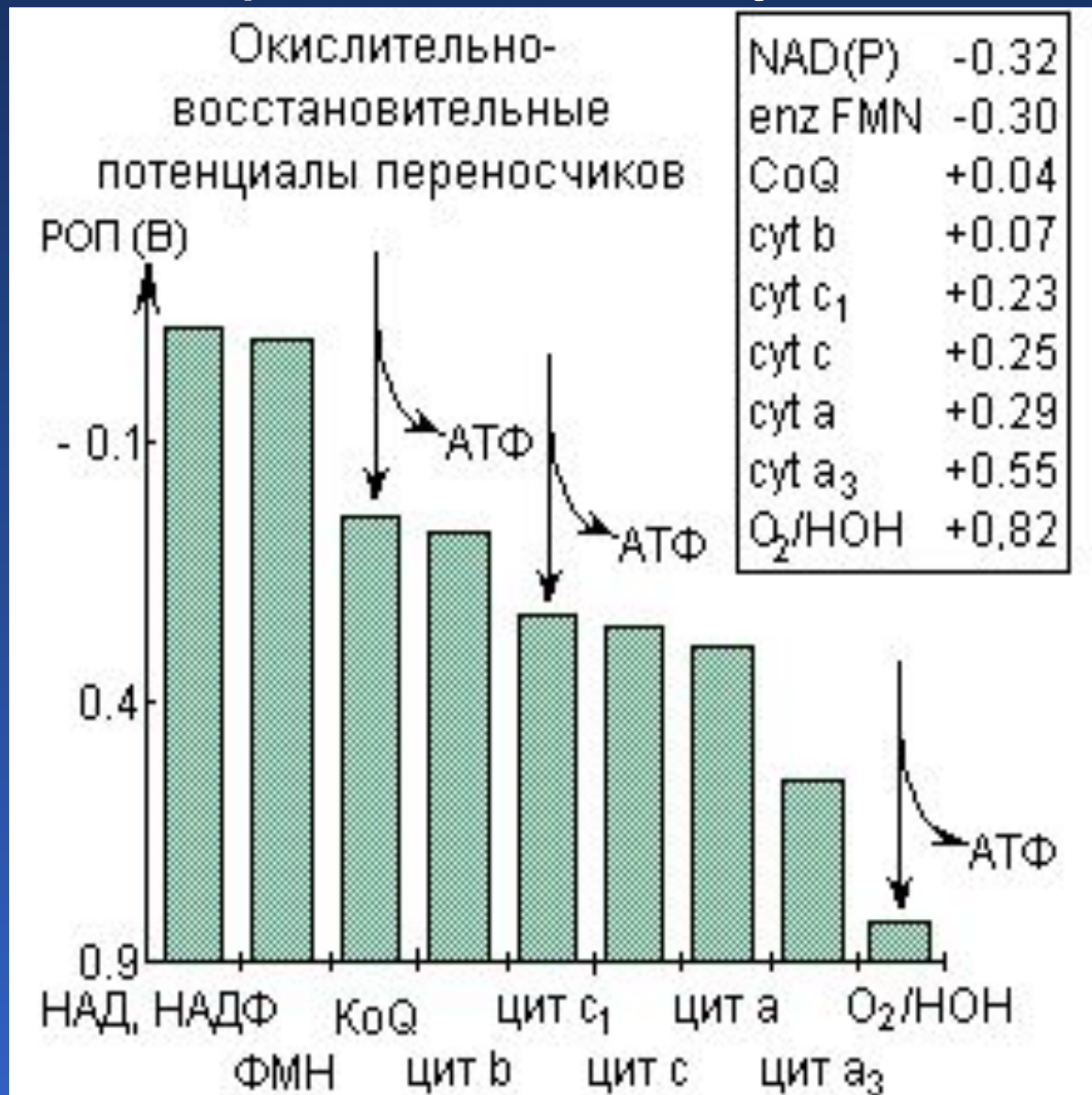


## Аэробный метаболизм углеводов

### Путь переноса электронов – дыхательная цепь



# Аэробный метаболизм углеводов





## Аэробный метаболизм углеводов

Суммарное уравнение процесса фосфорилирования в дыхательной цепи:



Экзергонический компонент:



Эндергонический компонент:



# Аэробный метаболизм углеводов

## Баланс энергии

Суммарные реакции аэробного дыхания:



Суммируя три уравнения пролучим:



Экзергонический компонент:



Эндергонический компонент:

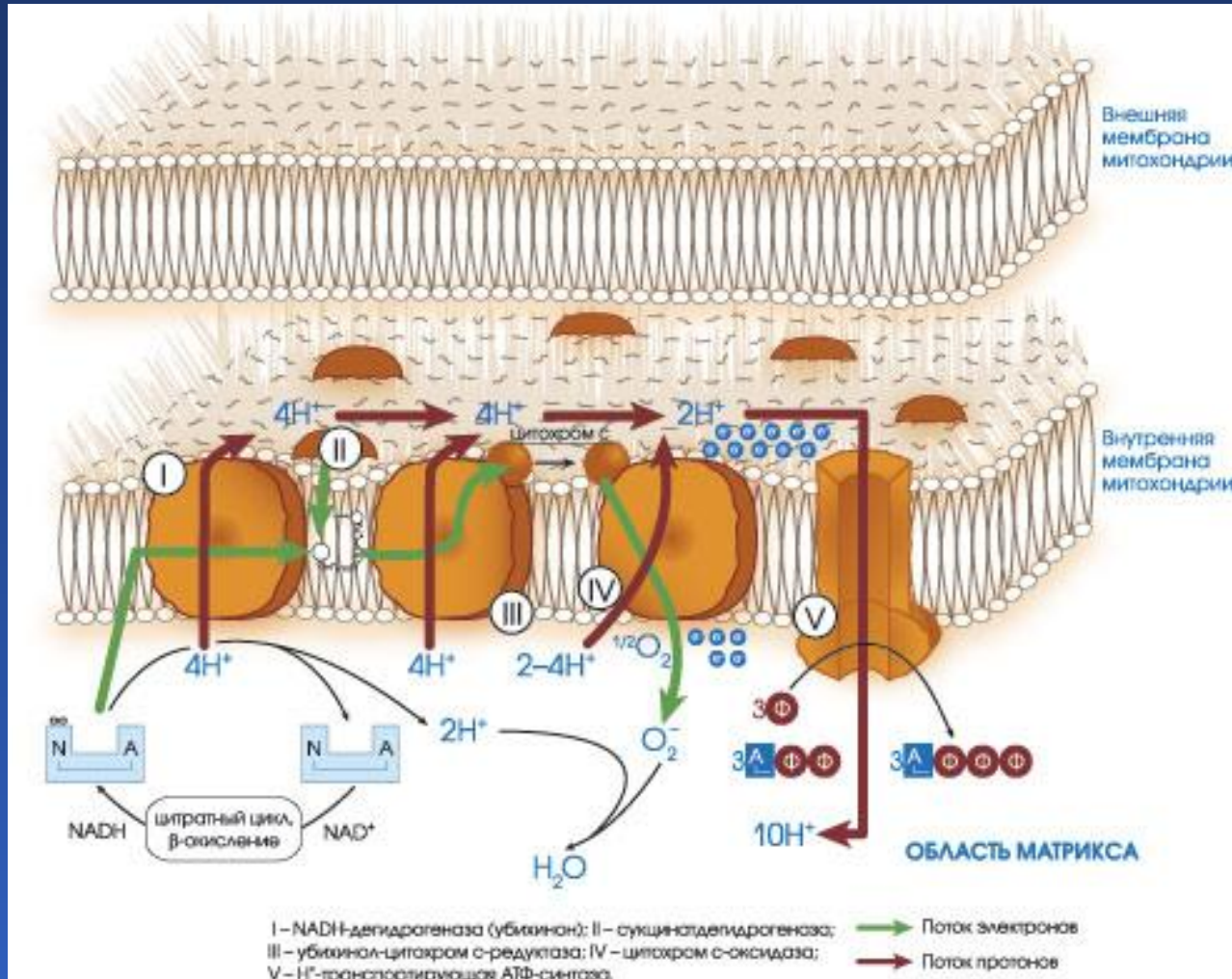


Таким образом, общая эффективность накопления энергии составляет:

$$263/680 \cdot 100 = 39 \%$$

# Аэробный метаболизм углеводов

## Химио-осмотическая гипотеза Митчелла



Дыхательная цепь митохондрий

## 2.3. Липидный обмен

# Липидный обмен

Превращение липидов в процессе пищеварения.

Всасывание продуктов переваривания липидов и ресинтез липидов в кишечной стенке.

Внутриклеточные процессы расщепления и синтеза липидов различных классов.

Обмен триглицеридов и холестерина в тканях.

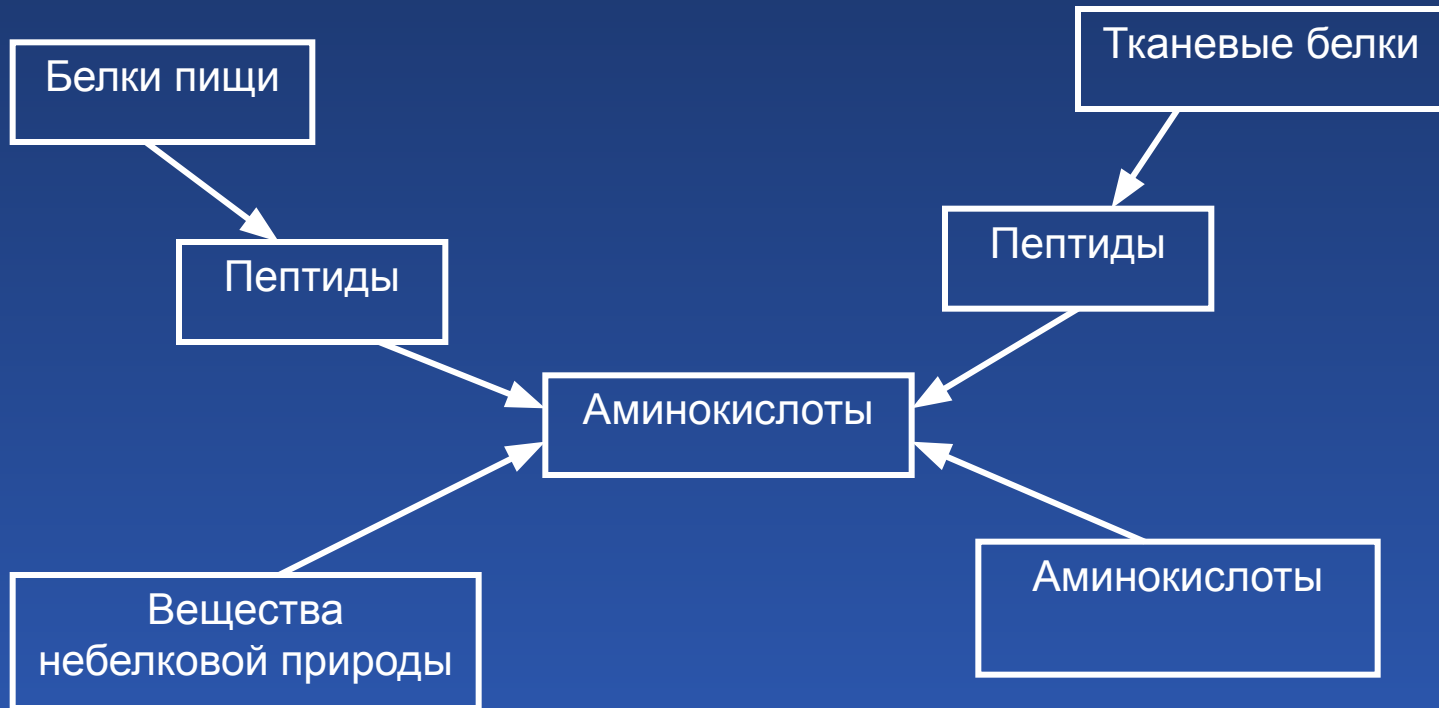
Интеграция и регуляция метаболизма липидов.

Нарушение обмена липидов при ожирении.

## 2.4. Белковый обмен

# Белковый обмен

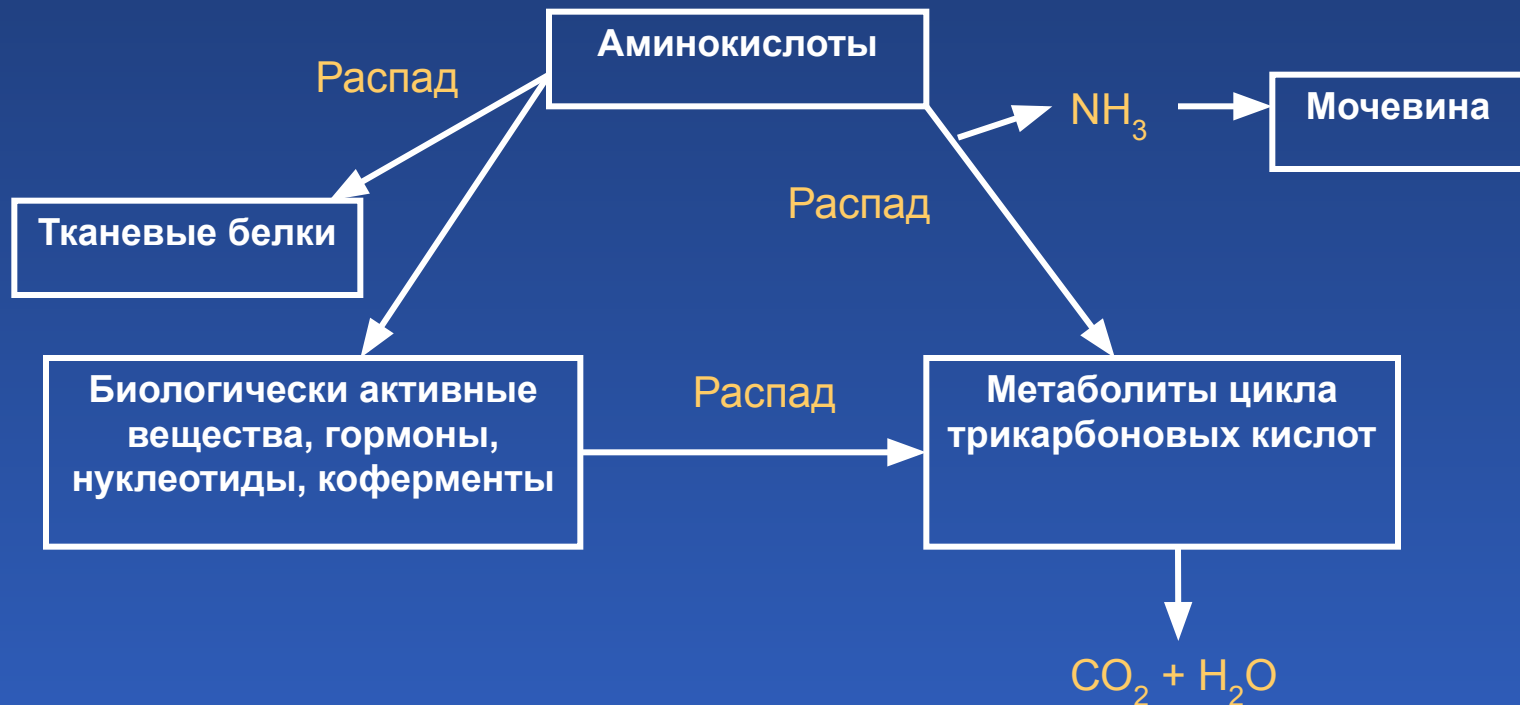
## Общие представления об обмене белков



Общий фонд аминокислот

# Белковый обмен

В клетках аминокислоты могут включаться в синтез новых белков или разрушаться в процессе диссимилиации до конечных продуктов обмена





# Белковый обмен

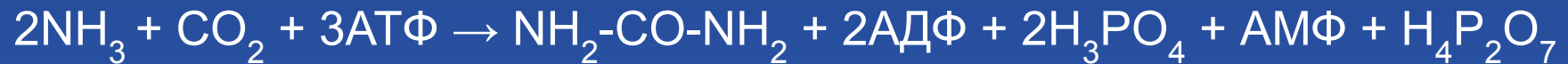
Пищеварение белков.

Синтез белков.

Внутриклеточный распад белков.

Пути выведения аммиака из организма.

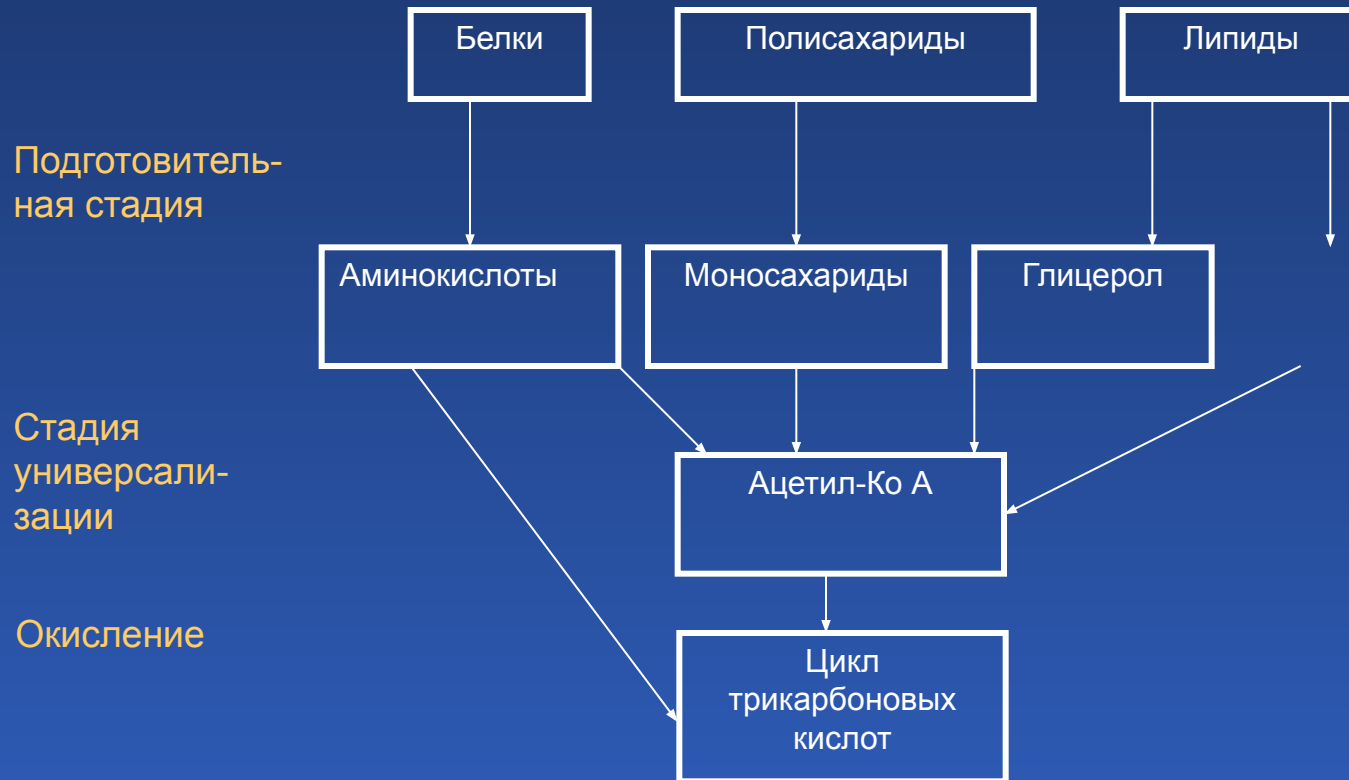
Суммарное уравнение цикла имеет вид:



## 2.5. Интеграция клеточного обмена

# Интеграция клеточного обмена

## Взаимосвязь процессов обмена углеводов, липидов, белков



# Интеграция клеточного обмена

## Внутриклеточная регуляция обмена веществ

В клетке скорость химических реакций определяется:

- 1) доступностью субстратов (концентрация реагирующих веществ);
- 2) активностью ферментов (конкурентное и неконкурентное торможение, аллостерическая регуляция);
- 3) количеством ферментов;
- 4) доступностью кофакторов (АТФ, ФДФ, НАД<sup>+</sup>, НАДФ<sup>+</sup> и др.).

Нервная и гормональная регуляция обмена веществ

# БИОХИМИЯ

## ЧАСТЬ 3

### Спортивная биохимия

# Оглавление

- 3.1. Биохимия мышечного сокращения
- 3.2. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности
- 3.3. Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении
- 3.4. Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы
- 3.5. Закономерности биохимической адаптации под влиянием систематической тренировки
- 3.6. Биохимический контроль при занятиях физической культурой и спортом
- 3.7. Биохимические основы силы, быстроты и выносливости
- 3.8. Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с лицами разного возраста. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой
- 3.9. Библиографический список

# 3.1. Биохимия мышечного сокращения

# Биохимия мышечного сокращения

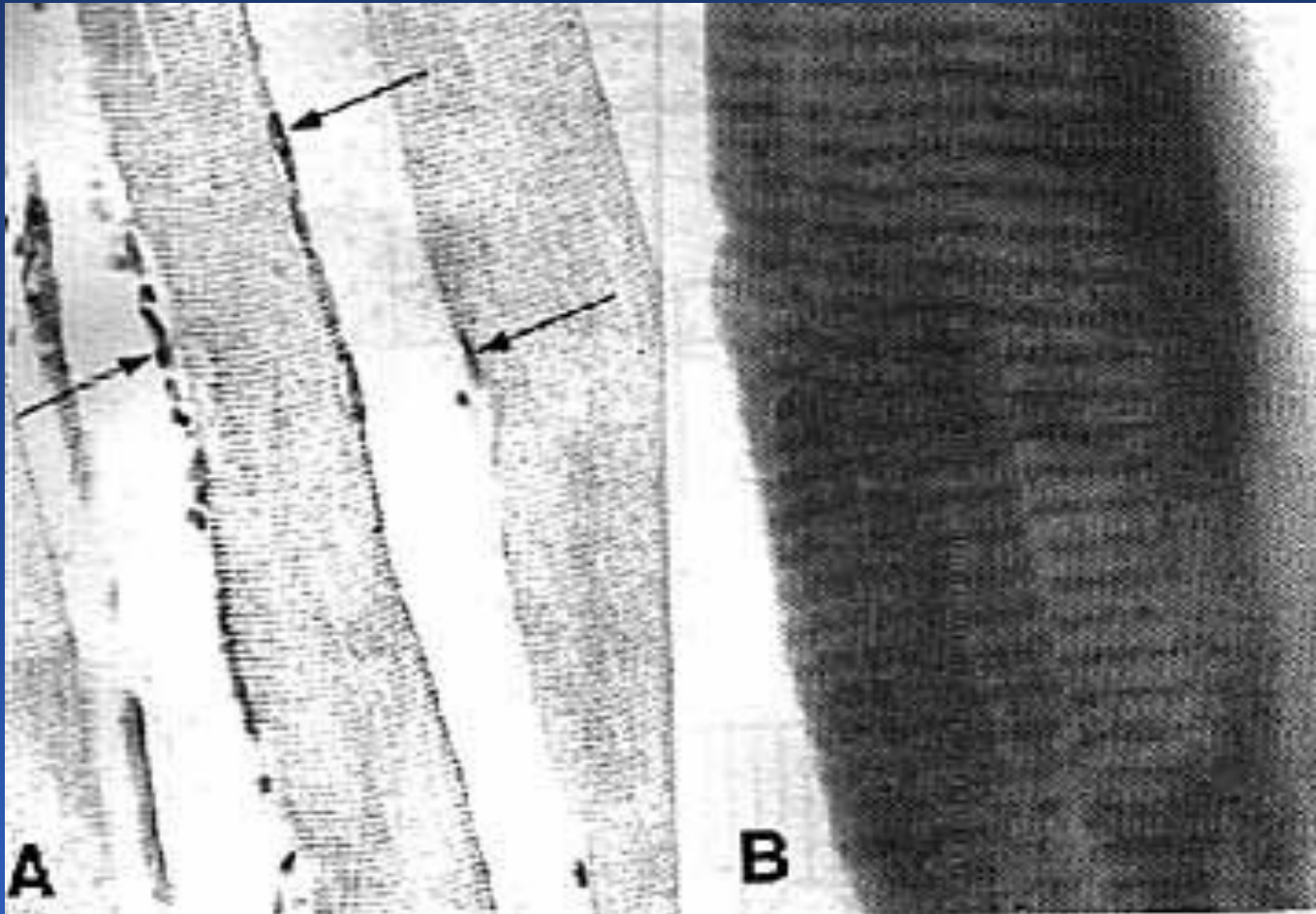
## Типы мышечных волокон:

- скелетные;
- сердечные (миокард);
- гладкие.



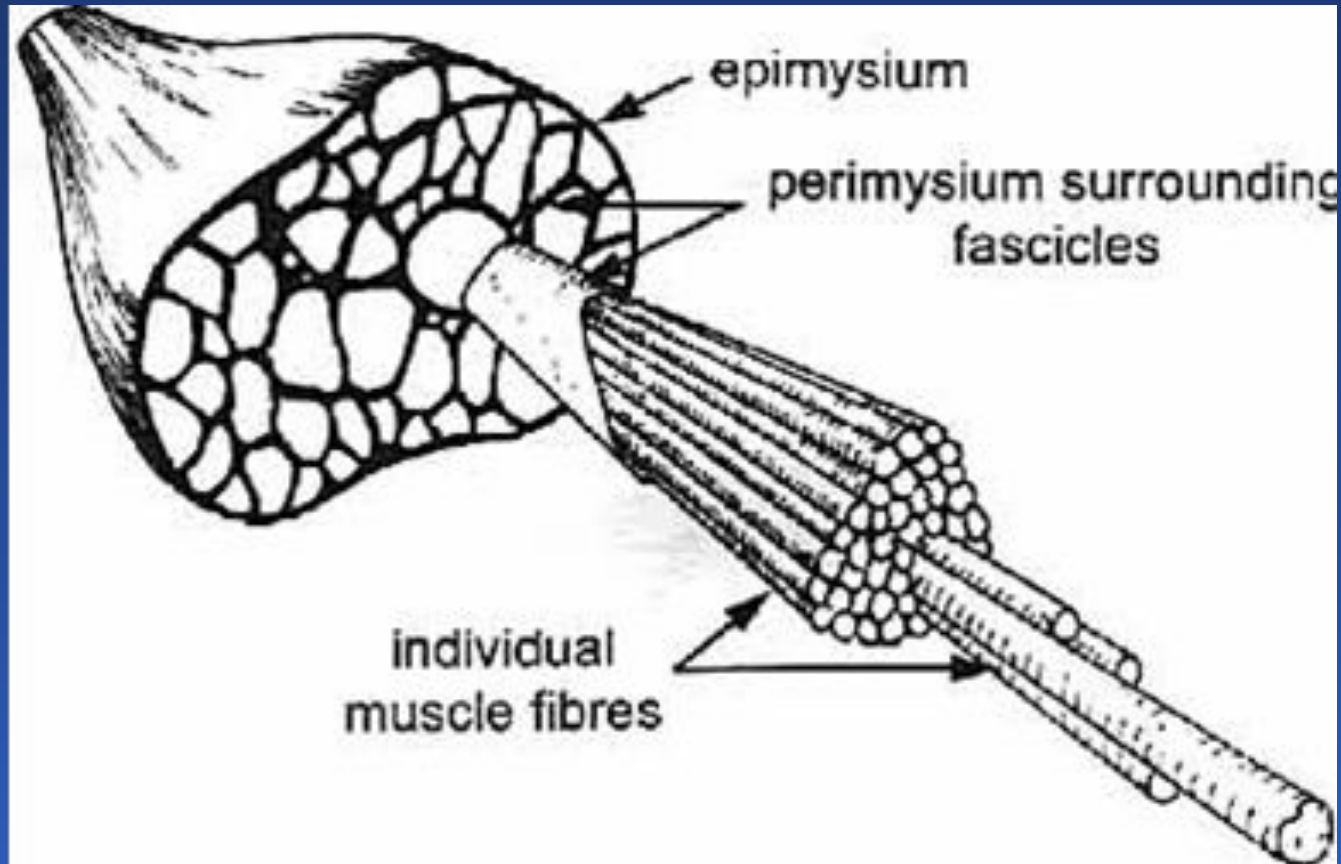
# Биохимия мышечного сокращения

## Поперечно-полосатая скелетная мускулатура



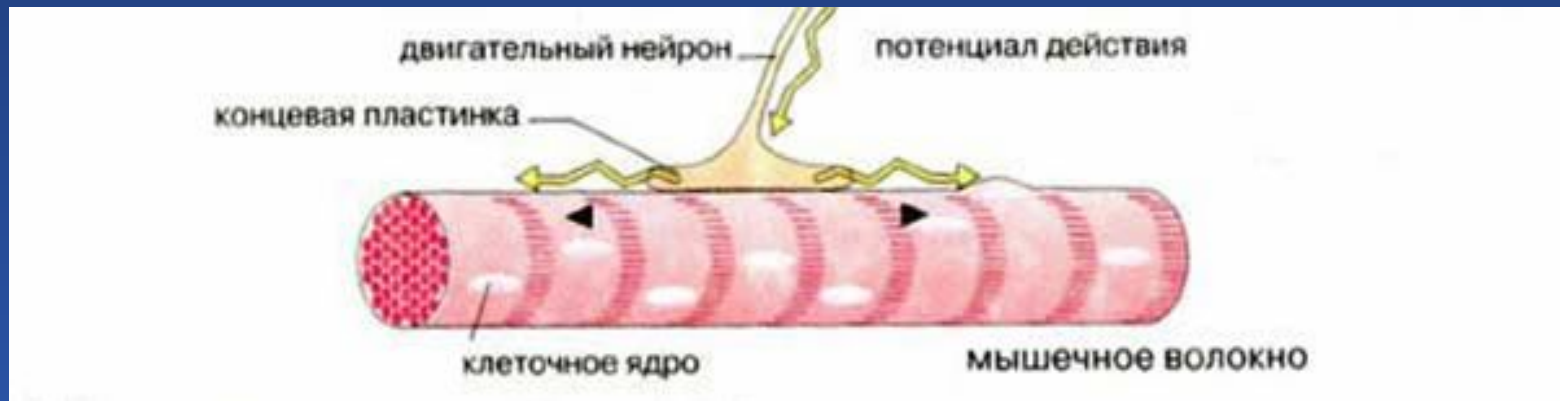
# Биохимия мышечного сокращения

## Строение скелетной мышцы



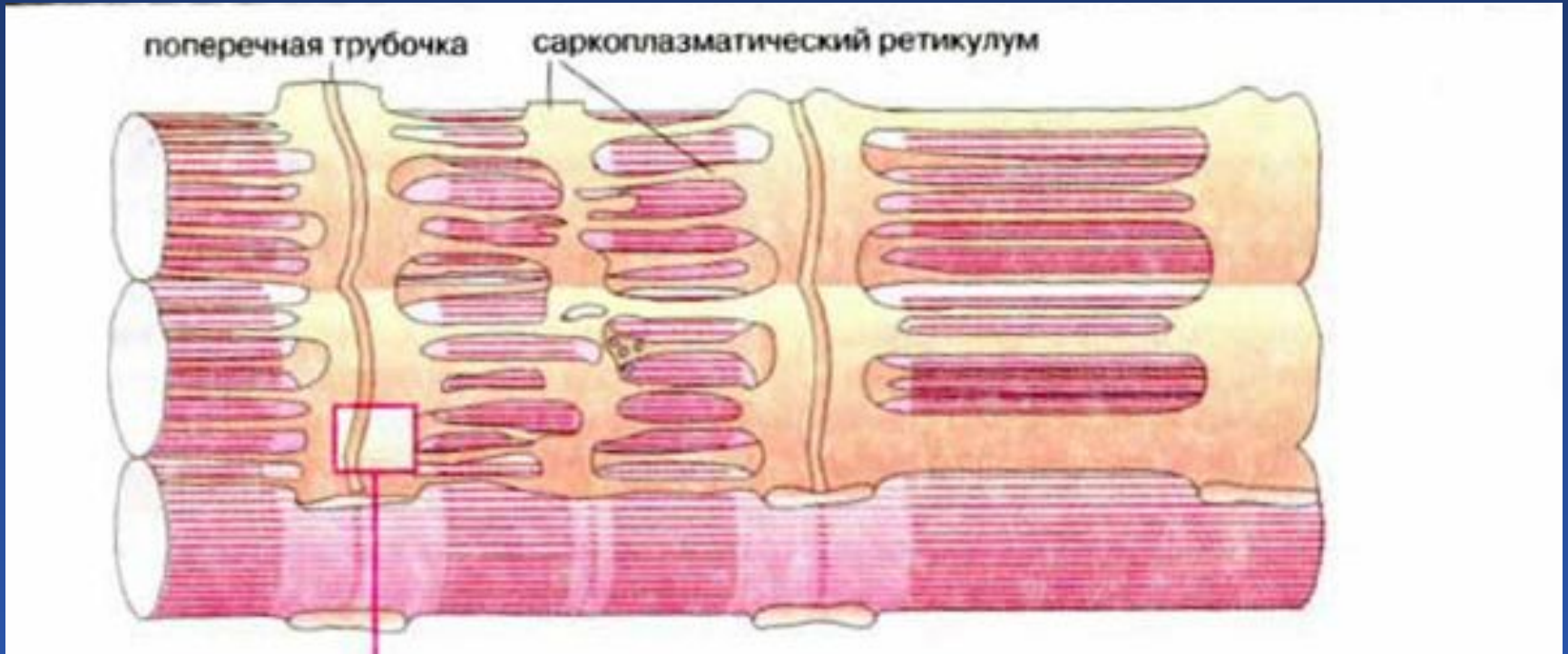
# Биохимия мышечного сокращения

## Ультраструктура мышечного волокна



# Биохимия мышечного сокращения

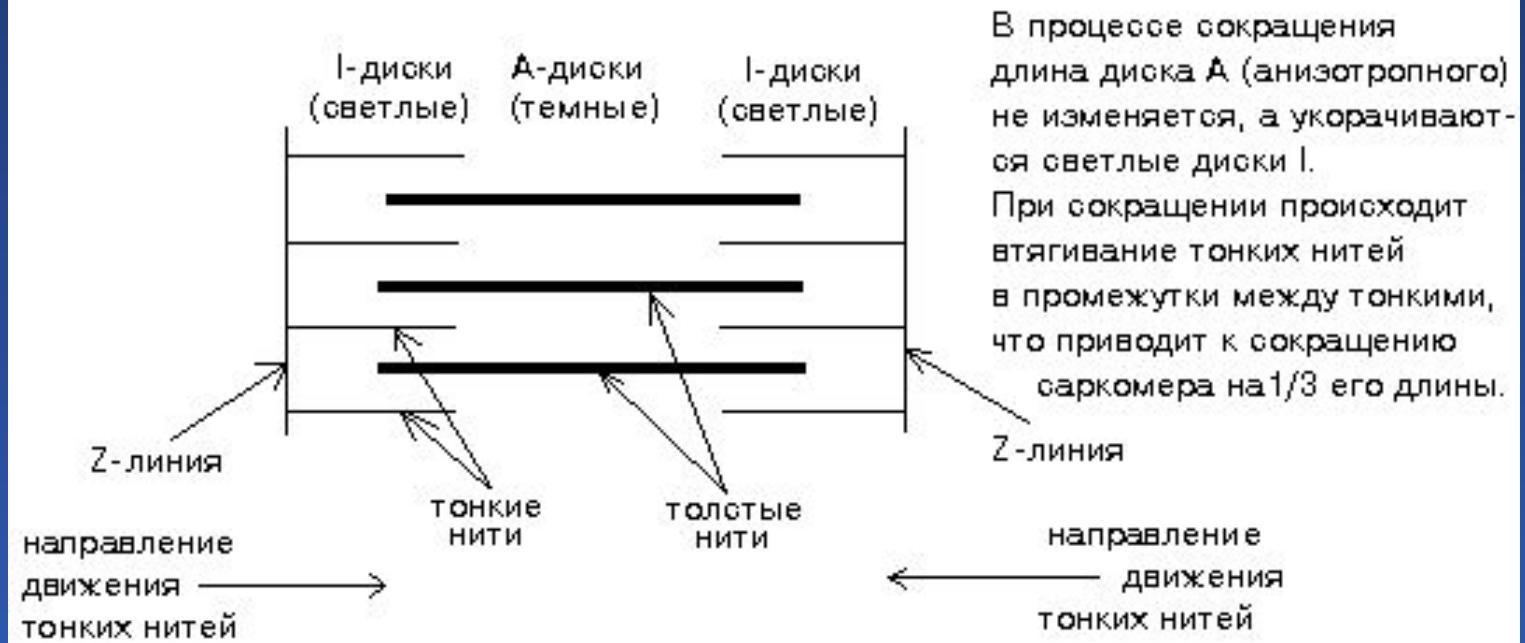
## Строение мышечного волокна



# Биохимия мышечного сокращения

## Структура миофибриллы

Схема строения саркомера



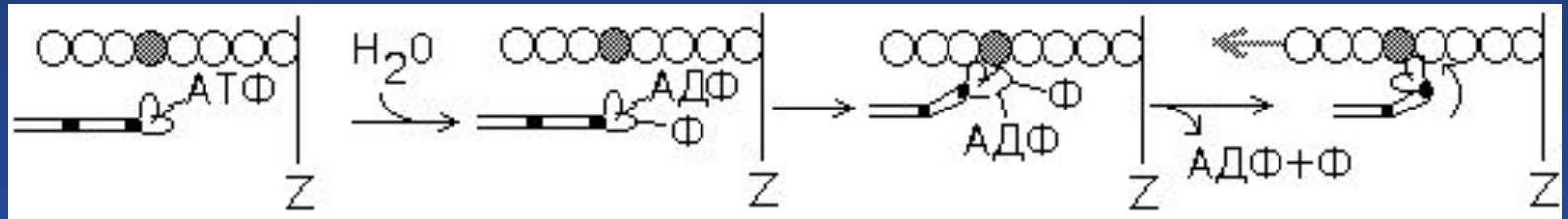
## Биохимия мышечного сокращения

В основе модели скользящих нитей лежат следующие факты:

- при сокращении мышцы длины толстых и тонких нитей саркомера не изменяются;
- саркомер укорачивается за счет перекрывания толстых и тонких нитей, которые скользят друг относительно друга во время сокращения мышцы; это проявляется в том, что при сокращении мышцы полосы  $H$  и  $I$  укорачиваются;
- сила, развиваемая мышцей, создается в процессе движения соседних нитей.

# Биохимия мышечного сокращения

## Гидролиз АТФ до АДФ и неорганического фосфата



## **3.2. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности**



## Ресинтез АТФ:

- анаэробный механизм;
- аэробный механизм.

# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Анаэробные механизмы:

- креатинфосфокиназный (алактатный) механизм, обеспечивающий ресинтез АТФ за счет перифосфорилирования между креатинфосфатом и АДФ;
- гликолитический (лактатный) механизм, обеспечивающий ресинтез АТФ в процессе анаэробного расщепления гликогена мышц или глюкозы крови с образованием молочной кислоты;
- миокиназный механизм, осуществляющий ресинтез АТФ за счет реакции перифосфорилирования между двумя АДФ с участием миокиназы (аденилаткиназы).

## Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

Общий КПД при преобразовании энергии метаболических процессов в механическую работу ( $E_m$ ) зависит от двух показателей:

- эффективности преобразования выделяемой в ходе метаболических превращений энергии в энергию ресинтезируемых АТФ, т. е. эффективности фосфорилирования ( $E_f$ );
- эффективности преобразования АТФ в механическую работу, т. е. эффективности электромеханического сопряжения ( $E_e$ );

$$E_m = (E_f/E_e) \cdot 100$$

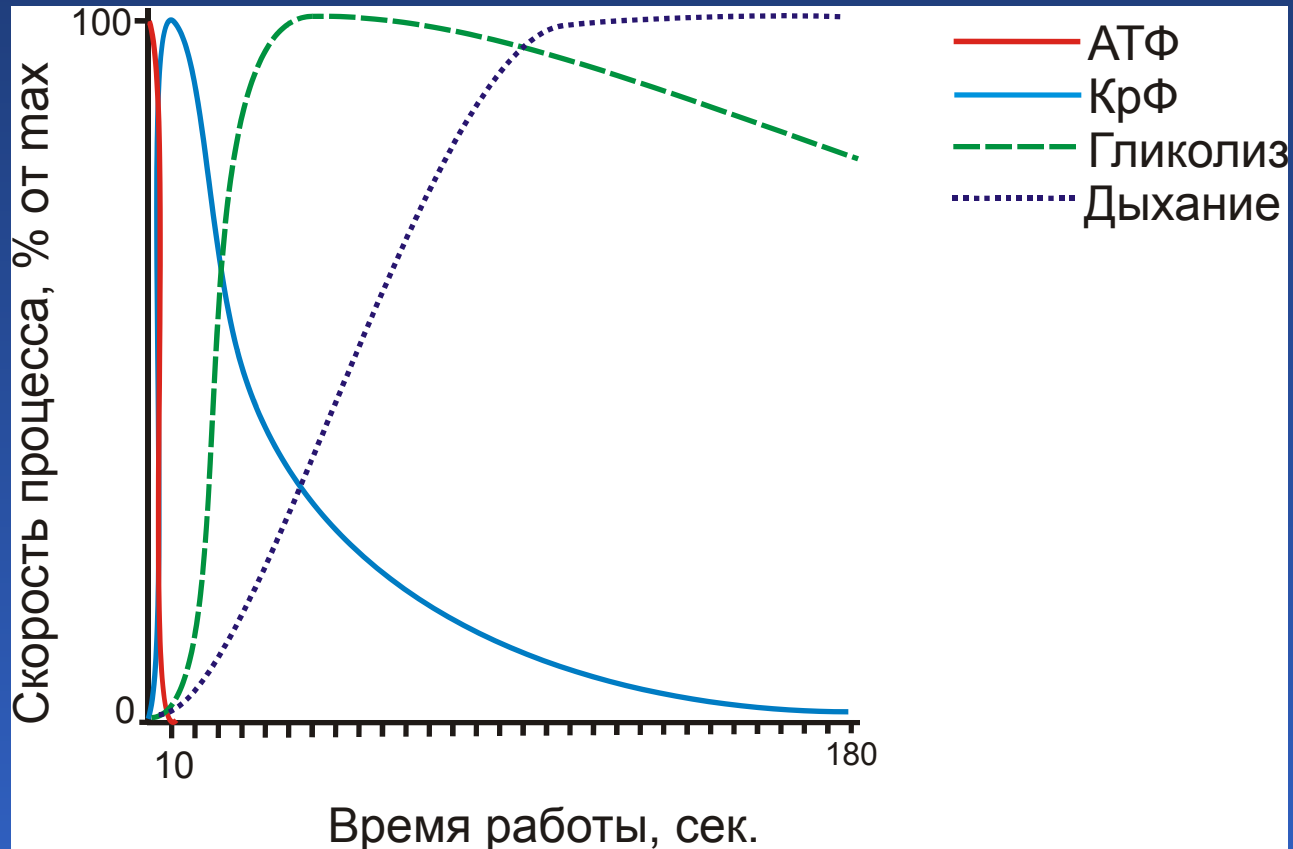
# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Критерии оценки механизма энергообеспечения мышечной деятельности

Механизм ресинтеза АТФ	Мах мощность		Время удержания мах мощности, с	Мах емкость		Эффективность, %		
	Дж/кг в мин	Моль в мин		Кдж/кг	Моль/кг	Еф	Ее	Ем
КФК	3770	3,6	6–12	630	0,7	80	50	40
Гликолиз	2500	1,6	30–60	1050	1,2	36–52	50	22
Аэробный	1250	1,0	600	∞	90	60	50	30

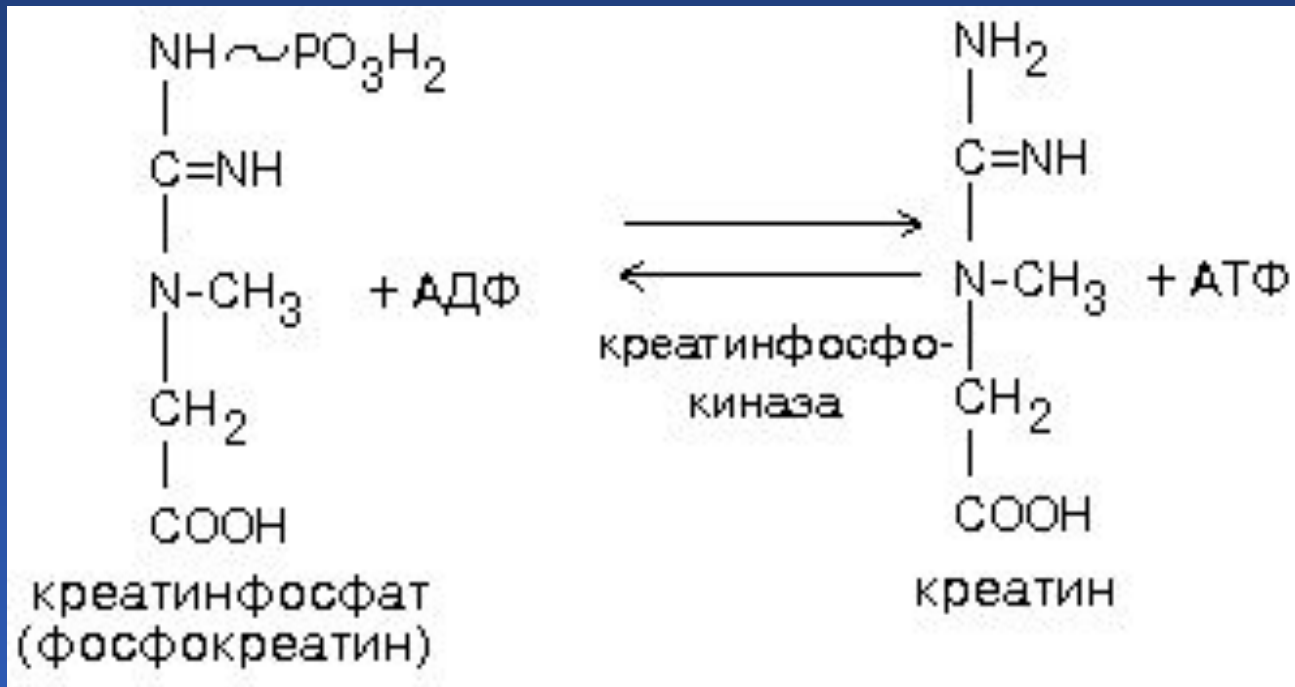
# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

Изменение скорости энергопоставляющих процессов в работающих мышцах в зависимости от продолжительности упражнения



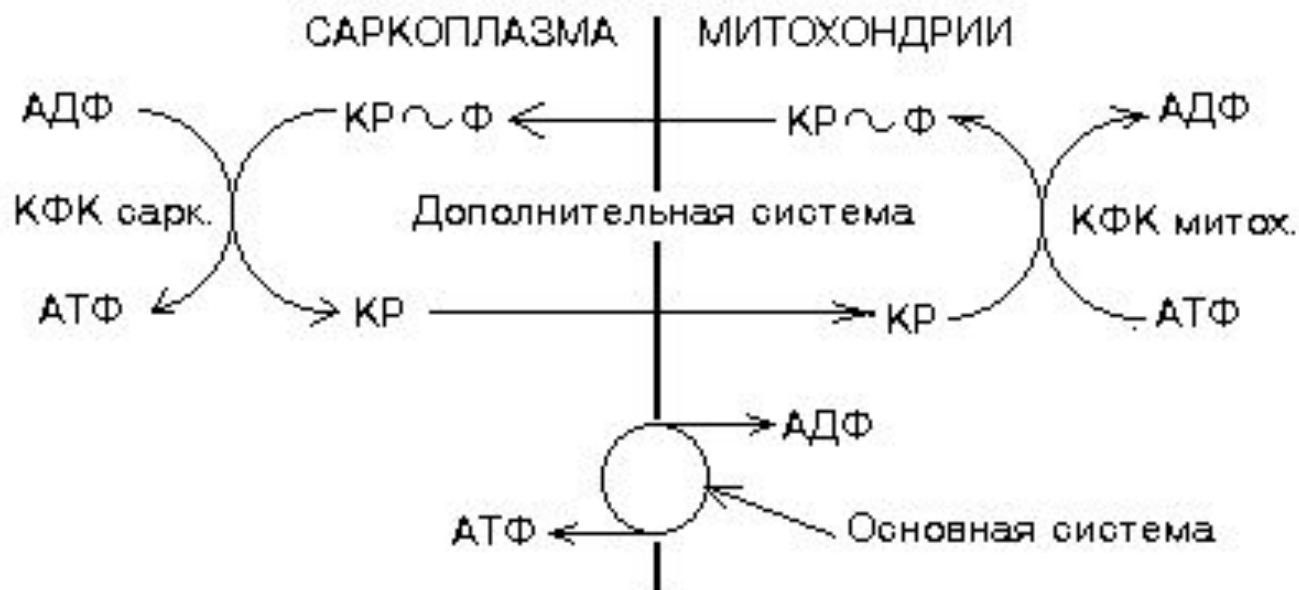
# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Креатинфосфокиназный механизм ресинтеза АТФ



# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

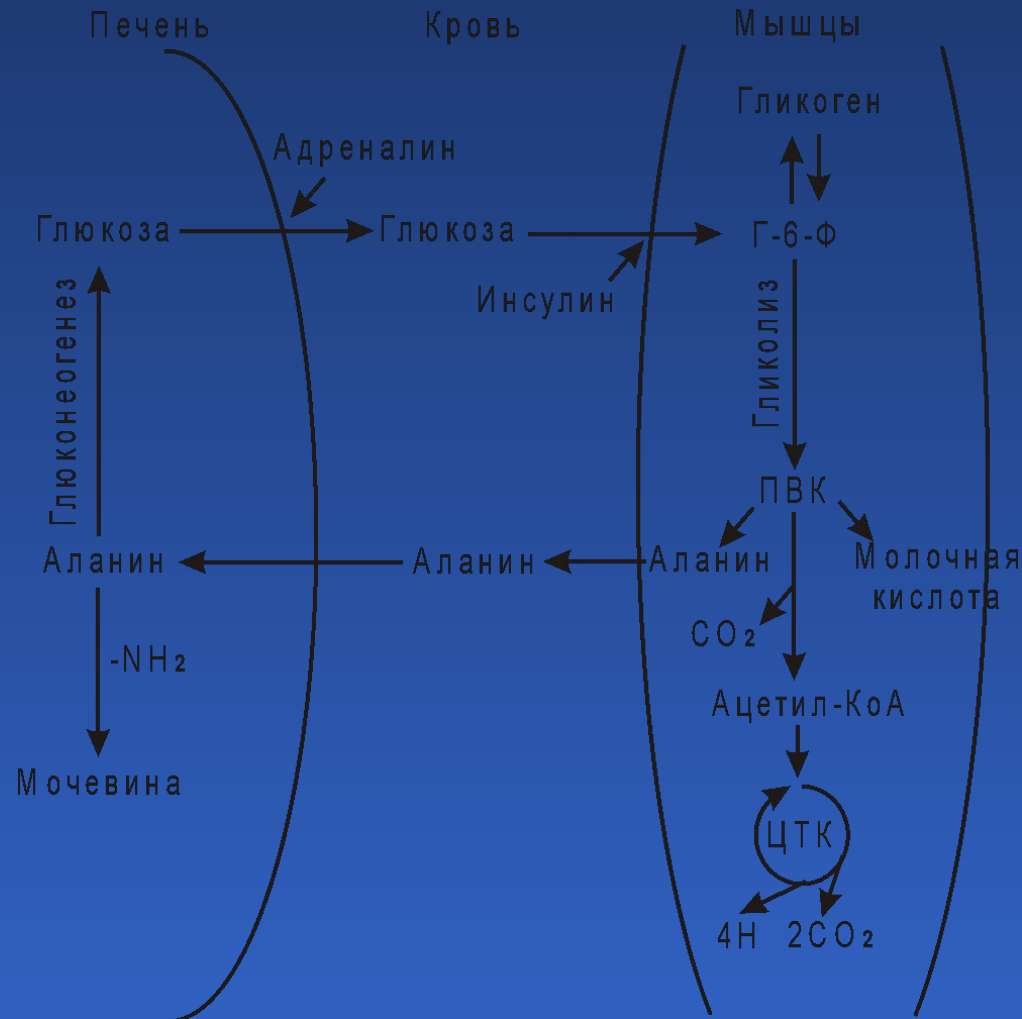
СХЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА МАКРОЭРГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ИЗ МИТОХОНДРИЙ В САРКОПЛАЗМУ



# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Гликолитический механизм ресинтеза АТФ

Активация глюкозо-аланинового цикла при мышечной работе





# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

Миокиназный механизм ресинтеза АТФ



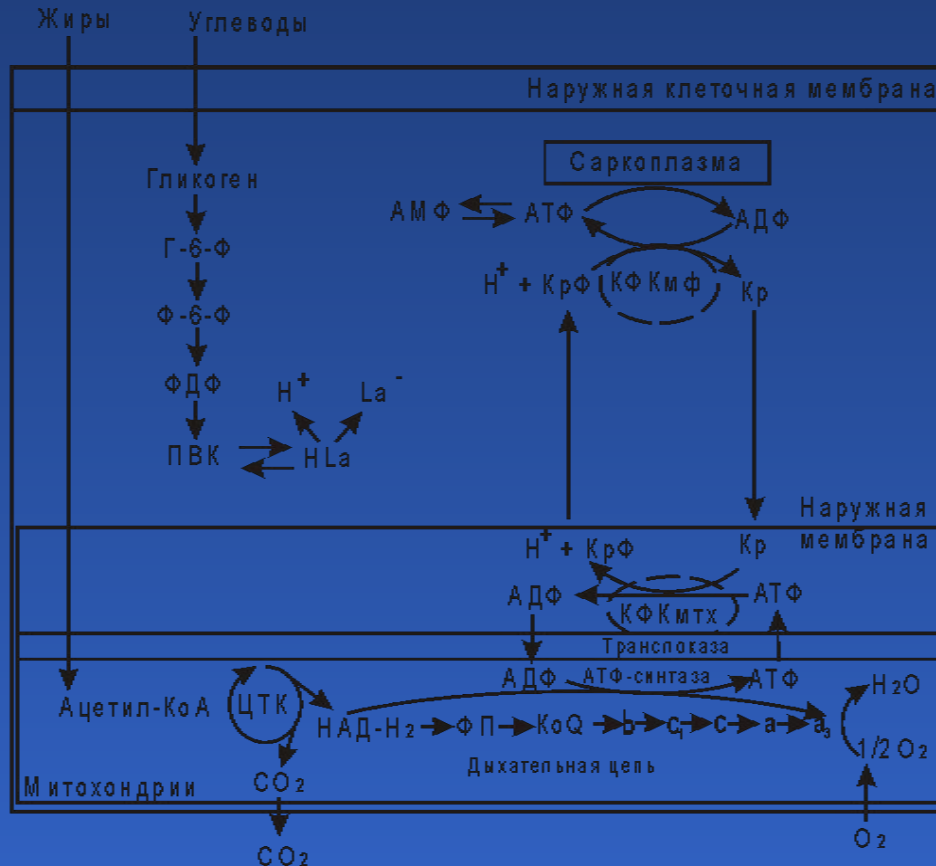
## Аэробный механизм ресинтеза АТФ

Скорость образования АТФ в процессе окислительного фосфорилирования зависит от:

- соотношения АТФ/АДФ, при отсутствии АДФ синтез АТФ не происходит;
- количества кислорода и эффективности его использования;
- активности окислительных ферментов;
- целостности мембран митохондрий;
- количества митохондрий;
- концентрации гормонов, ионов кальция и других регуляторов.

# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

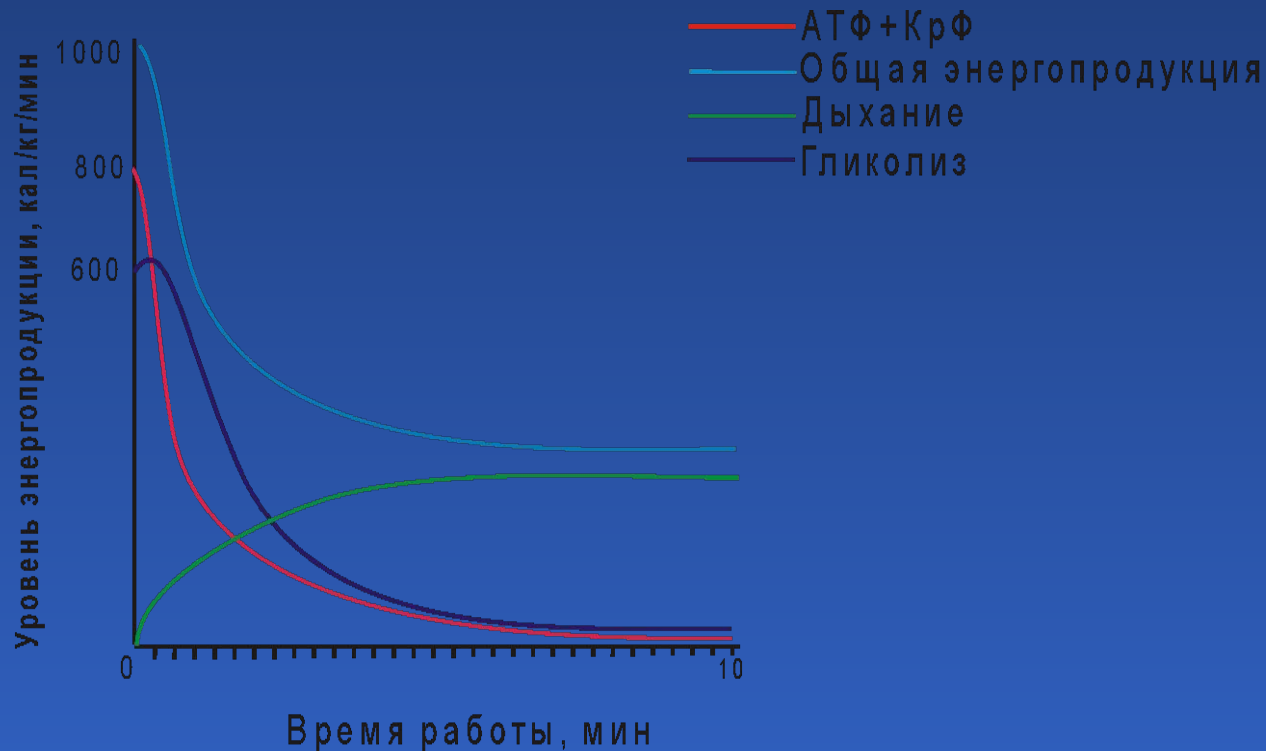
Взаимосвязь анаэробных и аэробных превращений в скелетных мышцах: энерго-транспортный «челнок» с участием миофибриллярных и митохондриальных изоферментов креатинфосфокиназы



# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Соотношение анаэробных и аэробных механизмов ресинтеза АТФ при мышечной нагрузке

Изменения скорости анаэробного и аэробного образования энергии в зависимости от предельного времени упражнения.



# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Биохимические факторы спортивной работоспособности

### Факторы, лимитирующие физическую работоспособность человека:

- биоэнергетические (аэробные или анаэробные) возможности человека;
- нейромышечные (мышечная сила и техника выполнения упражнения);
- психологическая мотивация (мотивация и тактика ведения спортивного состязания).

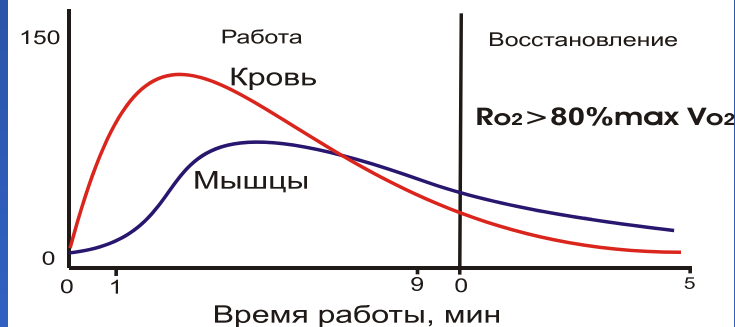
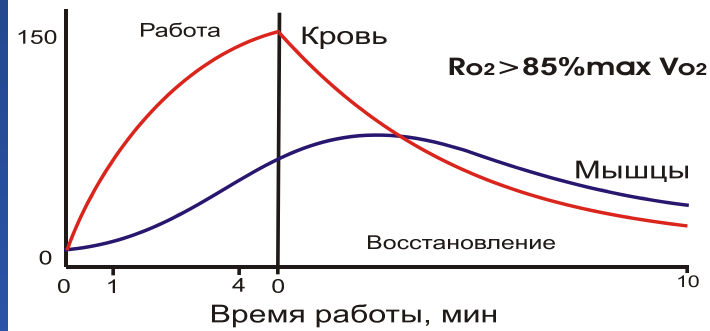
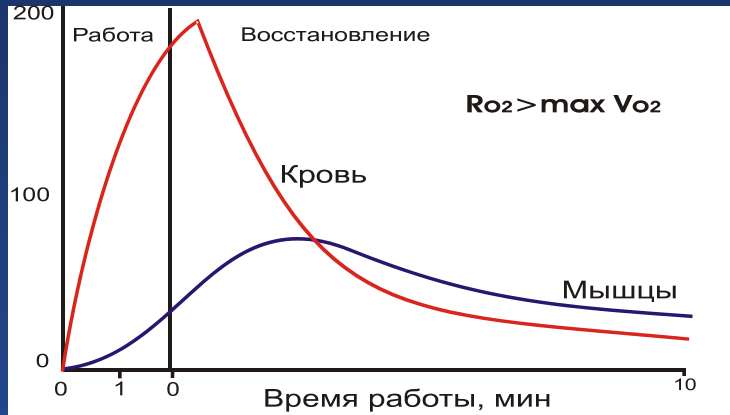
# Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

## Основные особенности человека, определяющие его физическую работоспособность

- Алактатная анаэробная способность, связанная процессами анаэробного ресинтеза АТФ и КФ в работающей мышце с
- Гликолитическая анаэробная способность, отражающая возможность усиления при работе анаэробного гликолитического процесса, в ходе которого происходит накопление лактата
- Аэробная способность, связанная с возможностью выполнения работы за счет усиления аэробных процессов в тканях при одновременном увеличении доставки и утилизации кислорода

3.3. Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении. Общие изменения в организме при физической нагрузке

# Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении



Накопление молочной кислоты в мышцах и крови при работе разной мощности и продолжительности



## Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

При переходе от состояния покоя к интенсивной мышечной деятельности происходят следующие процессы:

- анаэробные механизмы ресинтеза АТФ;
- использование креатинфосфата;
- гликолиз.

Далее изменения метаболизма зависят от интенсивности мышечной работы:

- работа в "аэробной зоне";
- работа в "смешанной зоне";
- кислородная задолженность.

# Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

## Специализация мышц по типу энергетического обеспечения

- Красные мышцы – “медленные”, оксидативные.
- Белые мышцы – “быстрые”, гликолитические.

**Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении**

## **Систематизация упражнений по характеру биохимических изменений при физической работе**

В зависимости от количества мышц, участвующих в работе, ее делят на:

- локальную (менее  $\frac{1}{4}$  всех мышц тела);
- региональную;
- глобальную (более  $\frac{3}{4}$  всех мышц тела).

# Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

## Режимы работы мышц:

- статический (изометрический) происходит пережимание капилляров, велика доля участия анаэробных реакций;
- динамический (изотонический) обеспечивается гораздо лучшее кровоснабжение тканей кислородом.

Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

## Зависимость биохимических процессов от мощности выполняемой мышечной работы

Уровни мощности работы:

- критический – максимальное потребление кислорода;
- порог анаэробного обмена – усиление анаэробных реакций;
- мощность истощения – наивысшее развитие гликолиза;
- максимальная анаэробная мощность – предельных значений достигает скорость образования энергии в креатинфосфокиназной реакции.

# Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

## Зоны относительной мощности по классификации В. С. Фарфеля:

- максимальная – обеспечение энергией за счет АТФ и креатинфосфата, частично – за счет гликолиза;
- субмаксимальная – обеспечение энергией за счет анаэробного гликолиза;
- большая – аэробные источники энергии;
- умеренная – аэробные источники энергии.

# Биохимические изменения в организме при работе различного характера. Биохимические изменения при утомлении

## Первопричины утомления

- снижение энергетических ресурсов;
- уменьшение активности ключевых ферментов из-за угнетающего действия продуктов метаболизма тканей;
- нарушение целостности функционирующих структур из-за недостаточности их пластического обеспечения;
- изменение нервной и гормональной регуляции и др.

# 3.4. Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы. Срочное и отставленное восстановление



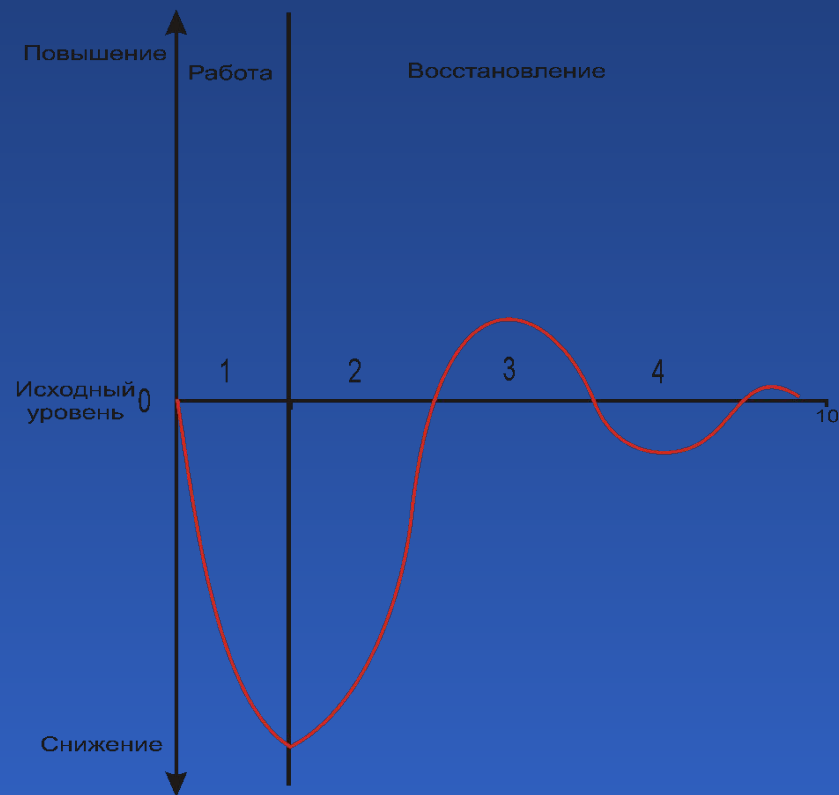
# Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

Время, необходимое для завершения восстановления различных биохимических процессов в период отдыха после напряженной мышечной работы

Процесс	Время восстановления
Восстановление $O_2$ -запасов в организме	От 10 до 15 с
Восстановление алактатных анаэробных резервов в мышцах	От 2 до 5 мин
Оплата алактатного $O_2$ -долга	От 3 до 5 мин
Устранение молочной кислоты	От 0,5 до 1,5 ч
Оплата лактатного $O_2$ -долга	От 0,5 до 1,5 ч
Ресинтез внутриклеточных запасов гликогена	От 12 до 48 ч
Восстановление запасов гликогена в печени	От 12 до 48 ч
Усиление индуктивного синтеза структурных и ферментных белков	От 12 до 72 ч

# Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

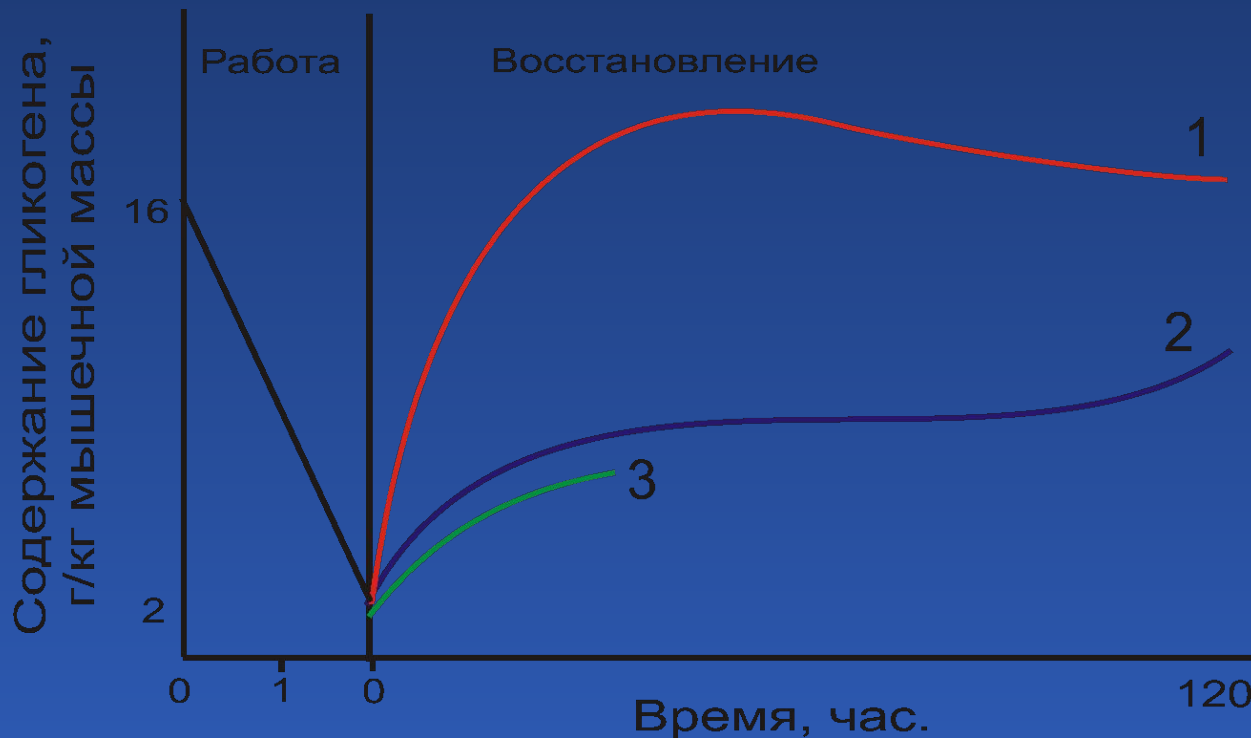
Явление суперкомпенсации при восстановлении энергетических ресурсов в период отдыха после истощающей работы



- 1 – фаза истощения;
- 2 – фаза восстановления;
- 3 – фаза сверхвосстановления;
- 4 – фаза упроченного состояния

# Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

Влияние приема углеводов с пищей на восстановление запасов гликогена в мышцах в период отдыха после работы

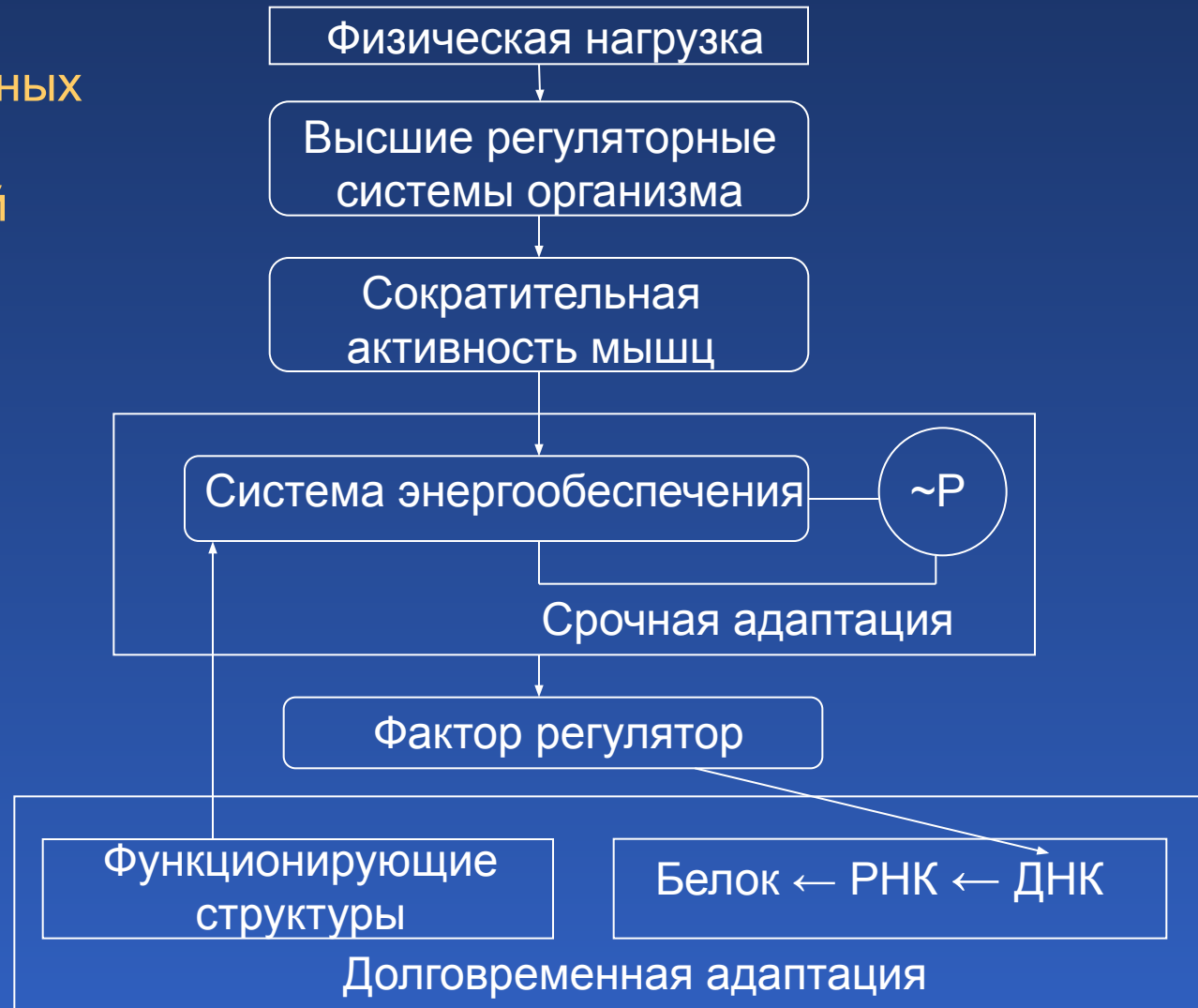


- 1 – диета с высоким содержанием углеводов;
- 2 – белково-жировая диета;
- 3 – без пищи

## 3.5. Закономерности биохимической адаптации под влиянием систематической тренировки

# Закономерности биохимической адаптации под влиянием систематической тренировки

Взаимосвязь отдельных звеньев срочной и долговременной адаптации



# Закономерности биохимической адаптации под влиянием систематической тренировки

## Принципы тренировок на основе закономерностей биологической адаптации:

- свертотягощение;
- специфичность;
- обратимость действия;
- положительное взаимодействие;
- последовательная адаптация;
- цикличность.

# Закономерности биохимической адаптации под влиянием систематической тренировки

## Сверхотягощение

Развитие адаптации под воздействием тренировки обеспечивается:

- системой внутриклеточного энергетического обмена;
- гормональными симпато-адреналовой и гипофизарно-адренокортикальной системами.

# 3.6. Биохимический контроль при занятиях физической культурой и спортом. Биохимический контроль за развитием систем энергообеспечения организма и уровнем тренированности, утомления и восстановления организма



# Биохимический контроль при занятиях физической культурой и спортом

## О более высоком уровне тренированности свидетельствуют

- меньшее накопление лактата (по сравнению с нетренированными) при выполнении стандартной нагрузки, что связано с увеличением доли аэробных механизмов;
- большее накопление лактата при выполнении предельной нагрузки, что связано с увеличением гликолитической мощности;
- повышение мощности работы, при которой резко возрастает уровень лактата у тренированных лиц по сравнению с нетренированными;
- более длительная работа на предельном уровне;
- меньшее возрастание лактата при повышении мощности работы (совершенствование анаэробных процессов и экономичность энергозатрат);
- увеличение скорости утилизации лактата в период восстановления после физической нагрузки.

# Биохимический контроль при занятиях физической культурой и спортом

## Контроль за применением допинга в спорте

Регулярное применение допингов вызывает нарушение функции многих систем:

- сердечно-сосудистой;
- эндокринной, в особенности половых желез (атрофия) и гипофиза, что приводит к нарушению детородной функции, появлению мужских вторичных признаков у женщин (вирилизация) и увеличению молочных желез у мужчин (гинекомастия);
- функционирования печени, вызывая желтуху, отеки, циррозы;
- иммунной, что приводит к частым простудам, вирусным заболеваниям;
- нервной, проявляющееся в виде психических расстройств (агрессивность, депрессия, бессонница);
- прекращение роста трубчатых костей, что опасно для растущего организма.

# Биохимический контроль при занятиях физической культурой и спортом

## Контроль за применением допинга в спорте

По фармакологическому действию допинги делятся на 5 классов:

- психостимуляторы (амфетамин, эфедрин, фенамин, кофеин, кокаин, и др.);
- наркотические средства (морфин, алкалоиды-опиаты, промедол, фентанил и др.);
- анаболические стероиды (тестостерон, его производные, метан-дростенолон, ретаболил, андродиол, и др), а также анаболические пептидные гормоны (соматотропин, гонадотропин, эритропоэтин);
- бета-блокаторы (анапримин, пропранолол, оксопреналол, надолол, атеналол и др.);
- диуретики (новурит, дихлотиазид, фуросимид (лазикс), клопамид, диакарб, верошпирон и др.).

## 3.7. Биохимические основы силы, быстроты и выносливости

- Морфологические и биохимические основы скоростно-силовых качеств
- Биохимические основы методов скоростно-силовой подготовки спортсменов
- Биохимические основы выносливости
- Методы тренировки, способствующие развитию выносливости

# 3.8. Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с лицами разного возраста. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой

Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с лицами разного возраста. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой

## Биохимические основы рационального питания спортсменов

Основными химическими компонентами пищи являются 6 групп веществ:

- поставщики энергии (углеводы, белки, жиры);
- незаменимые аминокислоты;
- незаменимые жирные кислоты;
- витамины;
- минеральные вещества;
- вода.

# Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с лицами разного возраста. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой

## Пищевые добавки способствуют:

- увеличению мышечной массы;
- коррекции компонентного состава тела (уменьшение жирового компонента, увеличение мышечного и костного);
- увеличению скорости метаболизма и энергообразования;
- восстановлению электролитического баланса;
- активации регуляторных механизмов энергообмена;
- снижению массы тела и др.

## Графики взяты из книги:

Биохимия: учеб. для институтов физической культуры / ред. В. В. Меньшикова, Н. И. Волкова. – М.: Физкультура и спорт, 1986.



## Основной библиографический список

1. Биохимия : учеб. для институтов физической культуры / ред. В. В. Меньшикова, Н. И. Волкова. – М. : Физкультура и спорт, 1986.
2. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / ред. Е. С. Северина, А. Я. Николаева. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2001.
3. Волков, Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков. – М. : Олимпийский спорт, 2001.
4. Николаев, А. Я. Биологическая химия / А. Я. Николаев. – М. : Высш. шк., 1989.
5. Лабораторный практикум по биохимии для студентов факультета физической культуры и спорта. – СФУ, 2007.
6. Лекции по биохимии для студентов факультета физической культуры и спорта. – СФУ, 2007.
7. Учебно-методические указания для самостоятельной работы студентов факультета физической культуры и спорта. – СФУ, 2007.
8. Электронный лабораторный практикум для студентов факультета физической культуры и спорта. – СФУ, 2007.

## Дополнительный библиографический список

1. Березов, Т. Т. Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – М. : Медицина, 1998.
2. Мусил, Я. Современная биохимия в схемах / Я. Мусил, О. Новакова, К. Кунц. – М. : Мир, 1984.
3. Пустовалова, Л. М. Практикум по биохимии / Л. М. Пустовалова. – Ростов-н/Дону : Феникс, 1999.
4. Филлипович, Ю. Б. Основы биохимии / Ю. Б. Филлипович. – М. : Агар, 1999.
5. Молекулярная биология клетки: в 3 тт. – 2-е изд. – М. : Мир, 1994.