

ЛОБАЕВА Т.А., ЖДАНОВ Д.Д.,  
РЫСКИНА Е.А.

# ОСНОВЫ БИОХИМИИ

УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
МЕДИЦИНСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Москва  
2022

18+

**Татьяна Александровна Лобаева  
Елена Анатольевна Рыскина  
Дмитрий Дмитриевич Жданов  
Основы биохимии.  
Учебно-тренировочные  
задания для студентов  
медицинских специальностей**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=67186123](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=67186123)*

*SelfPub; 2023*

*ISBN 978-5-532-92483-3*

### **Аннотация**

В сборнике представлены краткие сведения теоретического курса по биохимии, включая основные термины и понятия дисциплины, формулы биоорганических соединений и их метаболитов, вопросы для самоконтроля, рекомендуемые контрольные работы (логические задания, ситуационные задачи), задания для проведения коллоквиума (вопросы и тесты), итоговые задания для самостоятельной работы по вариантам. Пособие соответствует требованиям ФГОС ВО по направлениям подготовки 34.03.01 Сестринское дело (бакалавриат) и 31.05.03 Стоматология (специалитет) и может быть для

проведении аудиторных занятий по биохимии, а также для самостоятельной работы и аттестации студентов. Рецензенты: Радыш Иван Васильевич – д.м.н., проф., зав. кафедрой управления сестринской деятельностью МИ РУДНСмирнова Ксения Валерьевна – к.б.н., зав. лабораторией вирусного канцерогенеза НИИ канцерогенеза ФГБУ "НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина" Минздрава России, доцент кафедры биохимии и молекулярной биологии РНИМУ им. Н.И. Пирогова

# Содержание

Предисловие к изданию	6
Коллектив авторов	9
Требования к освоению дисциплины	10
«Биохимия»:	
Список сокращений и условных обозначений, принятых в биохимии	13
Раздел I. Аминокислоты и простые белки.	17
Ферменты. Витамины. Гормоны	
1. Теоретический блок	17
1.1. Основные теоретические сведения и термины раздела	17
Аминокислоты	18
Белки и пептиды	21
Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты	27
Ферменты	31
Витамины	39
Гормоны	42
1.2. Формулы биоорганических соединений и их метаболитов	47
1.3. Вопросы для самоконтроля по теме раздела	77
2. Контрольная работа	84
2.1. Логические задания	84



# **Татьяна Лобаева, Дмитрий Жданов, Елена Рыскина Основы биохимии. Учебно- тренировочные задания для студентов медицинских специальностей**

## **Предисловие к изданию**

**Науки о жизни** (англ. **life sciences**) – крупный раздел и структурная единица естествознания, мультидисциплинарное комплексное направление основанное на изучении живых организмов и их природных связях, в котором ежегодно публикуются наиболее интересные открытия и исследования ученых всего мира. В 2014 году в России науки о жизни включены в список приоритетных направлений развития науки и технологий до 2030 года. Одним из важнейших направлений **life sciences** является биохимия.

**Биохимия** – одна из фундаментальных теоретических наук, которая изучает состав, структуру и свойства хими-

ческих соединений, формирующих живые системы, а также их взаимодействие и взаимопревращение в процессе метаболизма. Это важнейшая наука, формирующая мировоззрение биологов и медиков. Это наука, изучение которой базируется на важнейших представлениях о химии, биологии, физике.

Представленная авторами книга, является продолжением серии учебно-методических пособий и учебников по биохимии, которые активно используются в учебно-методическом комплексе (УМК) при изучении данной дисциплины студентами-медиками в МИ РУДН.

Пособие «Основы биохимии. Учебно-тренировочные задания для медицинских специальностей» составлены сотрудниками кафедры биохимии им. академика Берёзова Т. Т. Российского университета дружбы народов и факультета биологии и биотехнологии (базовая кафедра ИБХ РАН) Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в соответствии с ФГОС и рассчитано для использования в учебном процессе ВУЗа по направлениям подготовки 34.03.01 Сестринское дело (бакалавриат) и 31.05.03 Стоматология (специалитет).

Сборник включает разноплановый комплект учебно-методических материалов:

1. Основные теоретические сведения курса «Основы биохимии»

2. Основные термины и формулы биоорганических соединений и их метаболитов
3. Вопросы для самоконтроля
4. Контрольные работы с заданиями разной степени сложности (логические задания и задачи с развернутым решением)
5. Материалы к проведению коллоквиумов, включающие задания к рубежной аттестации с примерами тестов.
6. Итоговые задания для самостоятельной работы по вариантам.

Пособие адресовано студентам, аспирантам, стажерам и преподавателям для использования в учебном процессе при проведении аудиторных и дистанционных занятий по биохимии.



# **Коллектив авторов**

**Лобаева Татьяна Александровна** – кандидат биологических наук, доцент по специальности «биохимия», доцент кафедры биохимии им. акад. Берёзова Т. Т. МИ РУДН, директор направления 06.06.01 Биологические науки (подготовка кадров высшей квалификации) в РУДН

**Жданов Дмитрий Дмитриевич** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией медицинской биотехнологии ИБМХ им. В. Н. Ореховича, доцент по специальности «биохимия», доцент кафедры биохимии им. акад. Берёзова Т. Т. МИ РУДН

**Рыскина Елена Анатольевна** – доктор биологических наук, профессор факультета биологии и биотехнологии НИУ «Высшая школа экономики», старший научный сотрудник лаборатории микрофлюидных технологий для биомедицины отдела функционирования живых систем ИБХ РАН.

# **Требования к освоению дисциплины «Биохимия»:**

**В результате изучения дисциплины студенты должны знать:**

- правила техники безопасности и работы в биохимических лабораториях с реактивами, приборами, животными;
- физико-химическую сущность процессов, происходящих в живом организме на молекулярном, клеточном, тканевом и органном уровнях;
- строение и химические свойства основных классов биологически важных органических соединений;
- основные метаболические пути превращения углеводов, липидов, аминокислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, роль клеточных мембран и их транспортных систем в обмене веществ;
- строение и функции наиболее важных химических соединений (нуклеиновых кислот, природных белков, водорастворимых и жирорастворимых витаминов, гормонов и др.);
- физико-химические методы анализа в медицине (титриметрический, хроматографический, спектрофотометрический, фотоэлектроколориметрический);
- роль биогенных элементов и их соединений в живых организмах;

- основы химии гемоглобина, его участие в газообмене и поддержании кислотно-основного состояния;
- теоретические основы информатики в медицинских и биологических системах, использование информационных компьютерных систем.

**В результате изучения дисциплины студенты должны уметь:**

- ✓ пользоваться учебной, научной, научно-популярной литературой, сетью Интернет и учебным порталом для профессиональной деятельности;
- ✓ пользоваться физическим, химическим и биологическим оборудованием;
- ✓ производить расчёты по результатам эксперимента, проводить элементарную статистическую обработку экспериментальных данных;
- ✓ классифицировать химические соединения, основываясь на их структурных формулах;
- ✓ прогнозировать направление и результат физико-химических процессов и химических превращений биологически важных веществ;
- ✓ отличать в сыворотке крови нормальные значения уровней метаболитов (глюкозы, мочевины, билирубина, мочевой кислоты, молочной и пировиноградной кислот и др.) от патологически изменённых, читать протеинограмму и объяснять причины различий; трактовать данные энзимоди-

агностических исследований сыворотки крови.

**По окончании курса «Биохимия» студенты должны владеть:**

- ▶ химической и биохимической терминологией;
- ▶ базовыми технологиями поиска и преобразования информации, в том числе с использованием учебных образовательных ресурсов;
- ▶ понятием ограничения в достоверности и специфику наиболее часто встречающихся лабораторных тестов

# **Список сокращений и условных обозначений, принятых в биохимии**

**АДФ – аденозиндифосфат**

**АлАТ – аланинаминотрансфераза**

**АМК – аминокислота**

**АМФ – аденозинмонофосфат**

**цАМФ – циклический АМФ**

**АПБ – ацилпереносящий белок**

**АсАТ – аспартатаминотрансфераза**

**АТФ – аденозинтрифосфат**

**АТФаза – аденозинтрифосфатаза**

**ГАМК – гамма-аминомасляная кислота**

**ГАФ – глицеральдегид-3-фосфат**

**ГДФ – гуанозиндифосфат**

**ГМФ – гуанозинмонофосфат**

**ГМГ-КоА –  $\beta$ -гидрокси- $\beta$ -метил-глутарил-КоА**

**цГМФ – циклический ГМФ**

**ГТФ – гуанозинтрифосфат**

**ДАГ – диацилглицеролы**

**ДАФ – диоксиацетонфосфат**

**ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота**

**ДНКаза – дезоксирибонуклеаза**

**ДНФГ- 2,4-динитрофенилгидразин**

**ДОФА – диоксифенилаланин**

**ИМФ – инозинмонофосфат**

**кат – катал**

**КоА – кофермент (коэнзим) А**

**КоQ – кофермент (коэнзим) Q**

**КФ – классификация ферментов**

**КФК – креатинфосфокиназа**

**ЛДГ – лактатдегидрогеназа**

**ЛП – липопротеины**

**ЛПВП – липопротеины высокой плотности**

**ЛПНП – липопротеины низкой плотности**

**ЛПОНП – липопротеины очень низкой плотности**

**МАГ – моноацилглицеролы**

**МАО – моноаминоксидаза**

**МДА – малоновый диальдегид**

**НАД<sup>+</sup> – никотинамидадениндинуклеотид окисленный**

**НАДН(Н<sup>+</sup>) – никотинамидадениндинуклеотид восстановленный**

**НАДФ<sup>+</sup> – никотинамидадениндинуклеотидфосфат окисленный**

**НАДФН(Н<sup>+</sup>) – никотинамидадениндинуклеотидфосфат восстановленный**

**ПВК – пировиноградная кислота**

**ПФ – пиридоксальфосфат**

**РНК – рибонуклеиновая кислота**

**т-РНК – транспортная РНК**

**РНКаза – рибонуклеаза**

**СДГ – сукцинатдегидрогеназа**

**ТАГ – триацилглицеролы**

**ТГФК – тетрагидрофолиевая кислота**

**ТДФ – тимидиндифосфат**

**ТМФ – тимидинмонофосфат**

**ТПФ – тиаминпирофосфат**

**ТТФ – тимидинтрифосфат**

**ТХУ – трихлоруксусная кислота**

**УДФ – уридиндифосфат**

**УМФ – уридинмонофосфат**

**УТФ – уридинтрифосфат**

**ФАД – флавинадениндинуклеотид окисленный**

**ФАДН<sub>2</sub> – флавинадениндинуклеотид восстановлен-**

**ный**

**ФЕП – фосфоенолпируват**

**ФМН – флавинаденинмононуклеотид**

**Фн – неорганический фосфат**

**ФФн – неорганический пирофосфат**

**ФРПФ – 5-фосфорибозил-1-пирофосфат**

**ФФК – фосфофруктокиназа**

**ФЭК – фотоэлектроколориметр**

**ХЭ – холинэстераза**

**ЦДФ – цитидиндифосфат**

**ЦМФ – цитидинмонофосфат**

**ЦТК – цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса)**

**ЦТФ – цитидинтрифосфат**

**ЩУК – щавелевоуксусная кислота**

**ЭПС – эндоплазматическая сеть**

**D – оптическая плотность**

**D<sub>оп</sub> – оптическая плотность опытного  
образца**

**D<sub>ст</sub> – оптическая плотность стандартного образца**

**D<sub>к</sub> – оптическая плотность контрольного образца**

**D<sub>х</sub> – оптическая плотность исследуемого образца**

**K<sub>М</sub> – константа Михаэлиса**

**V<sub>max</sub> – максимальная скорость реакции**

**SAM – S-аденозилметионин**



# **Раздел I. Аминокислоты и простые белки. Ферменты. Витамины. Гормоны**

## **1. Теоретический блок**

### **1.1. Основные теоретические сведения и термины раздела**

**Биохимия** – это фундаментальная наука, которая изучает состав, строение и свойства веществ, входящих в состав биологических систем, а также их превращения в процессе жизнедеятельности.

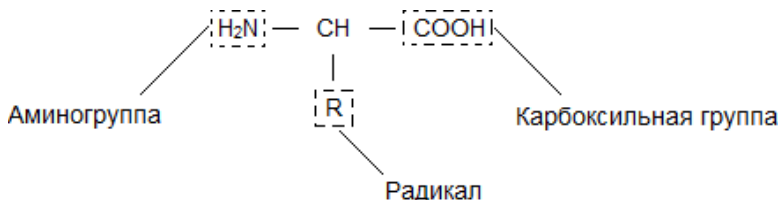
Главной задачей биохимии является установление связи между молекулярной структурой и биологической функцией химических компонентов организма.

#### **Таблица 1**

Вещества в составе биосистем	
Органические	Неорганические
Аминокислоты и белки	Катионы ( $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ и др.)
Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты	Анионы ( $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ и др.)
Витамины	
Гормоны	
Углеводы	
Липиды	
<b>Бионеорганические металлсодержащие белки и ферменты</b> (Кальмодулин, кальцитонин, пируваткарбоксилаза, аргиназа, холинэстераза, фосфоглюкомутаза, гемоглобин, пероксидаза, каталаза, трансферрин, аконитаза, тирозиназа, аминоксидаза, церулоплазмин, супероксиддисмутаза, карбоксипептидаза, алкогольдегидрогеназа, железосерные белки и др.)	

## Аминокислоты

**Аминокислоты** – это органические карбоновые кислоты, у которых, один атом водорода замещен на аминогруппу. Таким образом, аминокислоты содержат **карбоксильную группу** ( $-\text{COOH}$ ), **аминогруппу** ( $-\text{NH}_2$ ), **асимметричный атом углерода** и **боковую цепь** (радикал –  $\text{R}$ ). Именно строением боковой цепи аминокислоты и отличаются друг от друга.



**Рис. 1. Общий план строения аминокислот**

**Аминокислоты**, кодируемые генетическим кодом и включающиеся в процессе трансляции в белки человека, называют *протеиногенными*. Таких аминокислот 20, часть из них может синтезироваться в организме человека (заменимые аминокислоты), а часть поступает с пищей (незаменимые аминокислоты).

В основу современной классификации аминокислот положено химическое строение их радикалов. Согласно этой классификации протеиногенные аминокислоты делятся на 3 группы: гидрофобные, гидрофильные (незаряженные, отрицательно и положительно заряженные) и амфифильные.

Каждая аминокислота имеет не только своё название (тривиальное и химическое), но и принятое трехбуквенное сокращение, а также латинский однобуквенный символ: Ala Аланин (A), Leu Лейцин (L), Arg Аргинин (R), Lys Лизин (K), Asn Аспарагин (N), Met Метионин (M), Asp Аспарагиновая кислота (D), Phe Фенилаланин (F), Cys Цистеин (C), Pro Пролин (P), Gln Глутамин (Q), Ser Серин (S), Glu Глутамин. к-та (E), Thr Треонин (T), Gly Глицин (G), Trp Триптофан (W), His Гистидин (H), Tyr Тирозин (Y), Ile Изолейцин (I), Val Валин (V).

## **Таблица 2. Описание аминокислот**

Аминокислота	Аббревиатура	Молекулярная масса	Изоэлектрическая точка
Глицин	Гли, Gly, G	75	5,97
Лизин	Лиз, Lys, K	146	9,74
Аспарагиновая кислота	Асп, Asp, D	133	2,77
Лейцин	Лей, Leu, L	131	5,98
Гистидин	Гис, His, H	155	7,59
Глутаминовая кислота	Глу, Glu, E	147	3,22

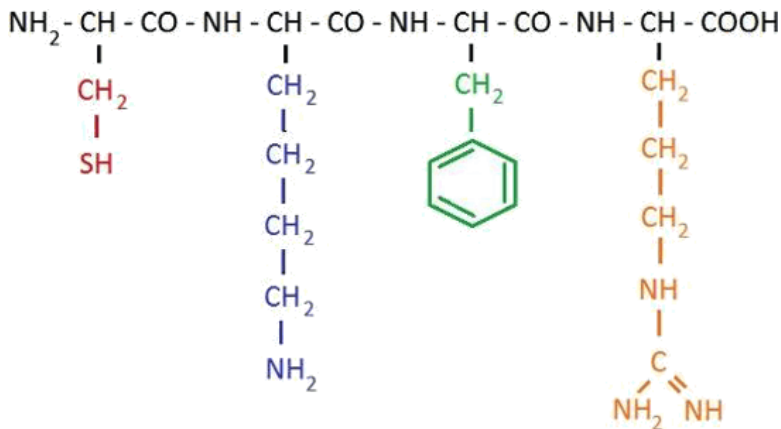
Следует отметить, что аминокислоты являются не только структурными элементами пептидов и белков, но и входят в состав других природных соединений (коферментов, конъюгированных желчных кислот, антибиотиков). Некоторые аминокислоты являются предшественниками биологически активных веществ (гормонов, биогенных аминов) или важнейшими метаболитами (глюконеогенез, биосинтез и деградация протеиногенных аминокислот, цикл мочевинообразования).

### Таблица 3. Подходы к классификации аминокислот

Группа аминокислот	Описание
<b>Алифатические</b>	в боковой цепи нет гетероатомов, циклических группировок; они обладают гидрофобными свойствами (валин, лейцин, изолейцин, аланин).
<b>Ароматические</b>	содержащие бензольное кольцо (фенилаланин, тирозин, триптофан).
<b>Гликогенные</b>	их безазотистые остатки используются для образования глюкозы (аланин, глицин, глутаминовая кислота и аспарагиновая кислота, серин и др.)
<b>Кетогенные</b>	в процессе метаболизма превращаются в ацетоацетат или ацетил-КоА (лейцин) и могут использоваться в синтезе кетонных тел.
<b>Заменимые</b>	синтезируются в организме из незаменимых аминокислот или других соединений (аланин, серин, цистеин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, глицин, пролин, тирозин).
<b>Незаменимые (эссенциальные)</b>	не синтезируются в организме и должны поступать с пищей (фенилаланин, триптофан, лизин, лейцин, изолейцин, треонин, аргинин, гистидин, валин и метионин).
<b>Непротеиногенные</b>	не входят в состав природных белков ( $\beta$ -аланин, орнитин, цитруллин).
<b>Протеиногенные</b>	кодируются генетическим кодом и включаются в белки в процессе трансляции.

## Белки и пептиды

**Пептиды** – это органические соединения, построенные из остатков аминокислот, соединенных с помощью пептидной связи. Пептиды, последовательность которых короче 10–20 аминокислотных остатков, могут также называться **олигопептидами**, при большей длине последовательности они называются **полипептидами**.



**Рис. 2. Общий план строения пептида**

**Белками** обычно называют полипептиды, содержащие 50 аминокислотных остатков и более.

Белки оставляют основу структурных элементов клеток и тканей, а также выполняют многообразные жизненно важные функции (транспортные, защитные, регуляторные, каталитические), обусловленные способностью за счет своей уникальной пространственной конфигурации распознавать другие молекулы и взаимодействовать с ними.

Полипептидная цепь состоит из остова (скелета), имеющего повторяющуюся последовательность и отдельных боковых цепей (радикалов). Последовательность аминокислот в цепи изображают, начиная с N-конца. Единственным отли-

чем одних белков от других является сочетание радикалов, входящих в него.

Каждый белок характеризуется специфической аминокислотной последовательностью и индивидуальной пространственной структурой (конформацией).

**Таблица 4. Уровни структурной организации белков**

Группа аминокислот	Описание
<b>Первичная структура</b>	<i>последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи, соединенных пептидными связями</i>
<b>Вторичная структура</b>	<i>пространственное расположение полипептидной цепи, стабилизированное водородными связями между функциональными группами остатков аминокислот; Описаны такие регулярные структуры белков, как <math>\alpha</math>-спираль и <math>\beta</math>-складчатая структура</i>
<b>Третичная структура</b>	<i>пространственная структура виде глобулы или фибриллы, стабилизированная гидрофобными, дисульфидными, ионными и водородными связями за счет взаимодействия между радикалами аминокислот</i>
<b>Четвертичная структура</b>	<i>наличие нескольких полипептидных цепей (протомеров) в пространстве, объединенных с помощью гидрофобных, ионных и водородных взаимодействий</i>

**Белки** условно подразделяют на *простые* (при гидролизе образуют смесь аминокислот) и *сложные*, или *конъюгированные* (состоят из белкового и небелкового компонентов). В качестве небелковой части (простетической группы) сложных белков могут выступать различные химические соединения, что находит отражение в классификации данной группы биологических соединений.

**Таблица 5. Подходы к классификации сложных белков**

Группа сложных белков	Описание	Примеры белков
<b>Хромопротеины</b>	содержат окрашенную простетическую группу и делятся на гемопротеины и флавопротеины	гемоглобин, миоглобин, цитохромы, каталаза, пероксидаза ферменты класса оксидоредуктаз, содержащие производные рибофлавина
<b>Нуклеопротеины</b>	в качестве простетической группы содержат нуклеиновые кислоты – ДНК или РНК, что объясняет их участие в экспрессии генов и биосинтезе белка.	дезоксирибонуклеопротеины, рибонуклеопротеины
<b>Липопротеины</b>	имеют в качестве простетической группы липидный компонент, например триацилглицеролы (ТАГ), жирные кислоты, холестерин, фосфолипиды и отличаются друг от друга процентным содержанием белка и плотностью.	ЛПВП — липопротеины высокой плотности, ЛПНП — липопротеины низкой плотности, хиломикроны
<b>Фосфопротеины</b>	содержат в качестве простетической группы остаток фосфорной кислоты, могут участвовать в процессе эмбриогенеза. * Фосфорилирование и дефосфорилирование белков и ферментов — важный способ изменения их функциональной активности.	Казеиноген молока, Вителлин, Фосвитин куриного желтка
<b>Гликопротеины</b>	в качестве простетической группы выступает углевод	Гликоконъюгаты, к которым относят большинство белковых гормонов, антитела (иммуноглобулины), белки плазмы крови и молока, интерфероны, факторы комплемента, рецепторные белки.
<b>Металлопротеины</b>	представляют белки, содержащие в своей структуре ионы металла (железа, меди, кобальта, марганца, молибдена, цинка, магния, кальция и др.).	Ферритин, трансферрин, гемосидерин.

Большинство методов анализа белков и аминокислот свя-



заны с физико-химическими свойствами последних, например, с наличием определенных функциональных групп, размером и формой молекул, подвижностью в электрическом поле, различным распределением в системе подвижной и неподвижной фазы при разных видах хроматографии, способностью к поглощению в ультрафиолетовой области спектра.

**Таблица 6. Методы очистки и анализа белков и аминокислот**

Метод	Описание
<b>Вестерн-блоттинг (иммуноэлектроблоттинг, белковый блоттинг)</b>	это современный высокочувствительный аналитический метод, используемый для идентификации уникальных белков. В его основе лежит явление высокоспецифичного взаимодействия антиген-антитело; антигеном (мишенью) является определяемый белок, а зондом – антитело к нему.
<b>Диализ</b>	метод очищения коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных веществ от низкомолекулярных примесей, основанный на свойствах некоторых мембран пропускать только вещества с малой молекулярной массой.
<b>Спектрофотометрия</b>	метод количественного и качественного анализа веществ, основанный на измерении их спектров поглощения или излучения путем сравнения с эталонным спектром; применяется в лабораторной практике.
<b>Хроматография</b>	метод разделения смеси веществ на фракции, основанный на распределении компонентов между подвижной (газ, жидкость) и неподвижной (твердое вещество) фазами.
<b>Центрифугирование</b>	метод разделения неоднородных смесей на составные части в зависимости от их плотности, в основе которого используется большая центробежная сила
<b>Электрофорез</b>	электрокинетическое явление перемещения заряженных частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) в дисперсной среде под действием внешнего электрического поля.

## Основные термины раздела:

***α-Аминокислоты*** – производные карбоновых (органических) кислот, у которых один из атомов водорода у α-углеродного атома замещен на аминогруппу; аминокислоты являются мономерами для биосинтеза пептидов и белков.

***Белки*** – высокомолекулярные соединения, биополимеры, состоящие из остатков аминокислот, соединенных пептидными связями, имеющие определённую структурную и пространственную организацию и обладающие различными функциями.

***Изоэлектрическая точка (ИЭТ, pI)*** – величина pH среды, при которой определённая молекула или её поверхность не несёт электрического заряда, то есть электронейтральна.

***Полипептиды*** – биополимеры, содержащие от 10 до 50 аминокислотных остатков, связанных пептидными связями.

***Посттрансляционная модификация*** – процесс образования функционально активных белков из синтезированных на рибосомах полипептидных цепей, включающий реакции ограниченного протеолиза, присоединения простетических групп, модификации аминокислотных радикалов (гидрокси-

лирование, карбоксилирование, фосфорилирование, окисление и др.), образования дисульфидных связей, а также формирования третичной структуры и сборку субъединиц в олигомерные соединения.

**Фолдинг** – процесс формирования трехмерной пространственной структуры белка из вновь синтезированной полипептидной цепи при участии специфических белков-шаперонов.

**Шапероны** – группа белков, обеспечивающих правильную пространственную укладку полипептидной цепи в процессе посттрансляционной модификации, а также ренатурацию поврежденных белков и стабилизацию белков с неустойчивой конформацией.

## **Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты**

**Нуклеиновые кислоты** – это биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Любой нуклеотид в своей структуре имеет 3 фрагмента:

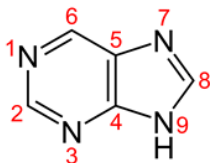
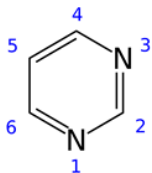
- 1) пуриновое или пиримидиновое азотистое основание;
- 2) остаток сахара-пентозы (рибозы или дезоксирибозы);
- 3) остаток фосфорной кислоты.

В зависимости от числа фосфатных групп различают нук-

леозидмонофосфаты (например, АМФ, ГМФ), нуклеозиддифосфаты (УДФ, ЦДФ) и нуклеозидтрифосфаты (АТФ, УТФ); название нуклеотидов формируется в зависимости от азотистого основания и числа остатков фосфорной кислоты.

Нуклеиновые кислоты выполняют функцию хранения и передачи наследственной информации, а их структурные компоненты (нуклеотиды) входят в состав коферментов (НАД<sup>+</sup>, ФАД, КоА), являются макроэргическими соединениями (АТФ, УТФ, ЦТФ, ГТФ, ТТФ) и вторичными посредниками в передаче гормонального сигнала (цАМФ, цГМФ).

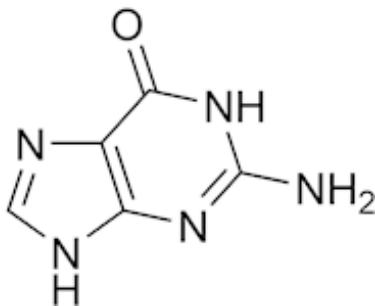
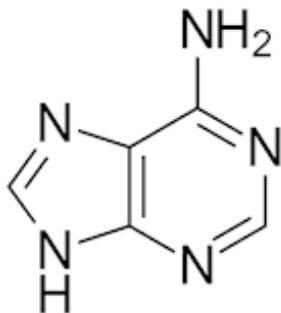
## Гетероциклы, лежащие в основе структуры азотистых оснований:



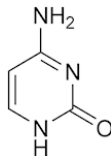
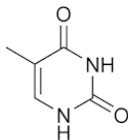
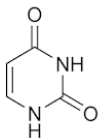
*пиримидин*

*пурин*

К пуриновым азотистым основаниям относят **аденин** (6-аминопурин) и **гуанин** (2-амино-6-гидроксипурин).



К пиримидиновым азотистым основаниям относят **урацил** (2,4-дигидроксипиримидин), **тимин** (5-метилурацил; 2,4-дигидрокси-5-метилпиримидин), **цитозин** (4-амино-2-гидроксипиримидин).



Различают также **минорные азотистые основания**, которые представляют собой видоизмененные азотистые основания, отличающиеся по строению от аденина, гуанина, урацила и тимина; к ним относятся 5-оксиметилцитозин, дигидроурацил, псевдоурацил, 1-метилурацил, оротовая кислота,  $\text{N}^6$ -метиладенин, N-метилгуанин, и др.

## **Основные термины раздела:**

**Азотистые основания** – общее название азотсодержащих гетероциклических органических соединений, входящих в состав нуклеозидов и нуклеотидов.

**Нуклеозиды** – органические природные соединения, состоящие из пиримидинового или пуринового основания, связанного N-гликозидной связью с остатком 2-дезоксирибозы или D-рибозы.

**Нуклеотиды** – природные или синтетические соединения, у которых гидроксильный остаток пентозы в составе нуклеозидов этерифицирован одной или несколькими фосфатными группами

**Нуклеиновые кислоты** – природные высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются мононуклеотиды, связанные 3,5 -фосфодиэфирной связью; в зависимости от структуры нуклеотидов различают рибонуклеиновую (РНК) и дезоксирибонуклеиновую (ДНК) кислоту; нуклеиновые кислоты участвуют в хранении, передаче и реализации генетической информации.

# Ферменты

**Ферменты** (от лат. fermentum «закваска»), или энзимы – обычно сложные белковые соединения, РНК (рибозимы) или их комплексы, ускоряющие химические реакции в биологических системах. Ферменты являются биокатализаторами, т. е. ускоряют химические реакции в клетке.

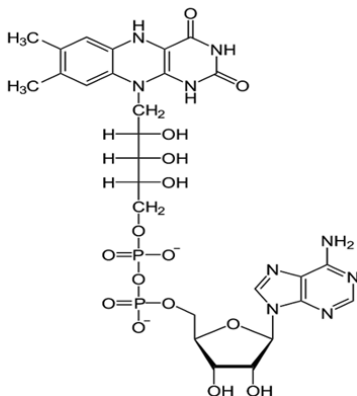
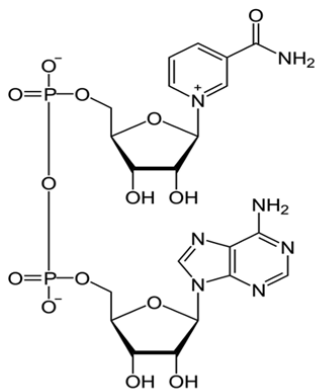
**Проферментами зимогенами называют** неактивные предшественники ферментов, которые могут активироваться через избирательное расщепление белковой молекулы, реакции фосфорилирования или дефосфорилирования, диссоциации, а также агрегации протомеров и др.

Поскольку все ферменты являются белками, то обладают всеми физико-химическими свойствами белков. По структуре ферменты делятся на простые и сложные.

**Простые ферменты** состоят только из аминокислот – например, пепсин, трипсин, лизоцим. **Сложные ферменты (холоферменты)** имеют в своем составе белковую часть, состоящую из аминокислот – **апофермент**, и небелковую часть – **кофактор (коэнзим, кофермент)**.

С химической точки зрения, **кофермент** – это низкомолекулярное органическое соединение, являющееся составной частью сложного белка, обладающего каталитической активностью; большинство коферментов являются производными водорастворимых витаминов, а также нуклеозидов,

пептидов и др.



**Рис. 3. Структура важнейших коферментов (НАД и ФАД)**

Все ферменты, изученные к настоящему времени, включены в особый каталог (классификация ферментов – КФ) и имеют свой классификационный номер, в котором первая цифра указывает на принадлежность к одному из 7 классов ферментов:

- 1) оксидоредуктазы
- 2) трансферазы
- 3) гидролазы
- 4) лиазы
- 5) изомеразы



6) лигазы (синтетазы)

7) транслоказы

**Таблица 7. Взаимосвязь витаминов и коферментов**

Кофермент	Биологическая роль	Витамин-предшественник
Никотинамидадениндинуклеотид НАД Никотинамидадениндинуклеотидфосфат НАДФ	Перенос электронов и водорода	Ниацин (витамин РР)
Флавинадениндинуклеотид ФАД	Перенос электронов и водорода	Рибофлавин (витамин В <sub>2</sub> )
Коэнзим А КоА	Активация и перенос ацильных групп	Пантотеновая кислота (витамин В <sub>5</sub> )
Биотин	Связывание CO <sub>2</sub>	Биотин (витамин Н)
Пиридоксальфосфат ПФ	Перенос аминогрупп	Пиридоксин (витамин В <sub>6</sub> )
Тетрагидрофолиевая кислота ТГФК	Перенос одноуглеродных фрагментов	Фолиевая кислота (витамин В <sub>9</sub> )

Принципиальная структура фермента включает:

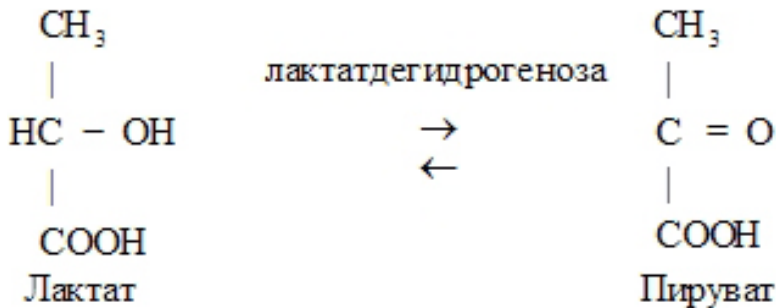
**а) активный центр фермента** – это уникальная комбинация аминокислотных остатков белковой молекулы, участвующих в присоединении и превращении субстрата, формируется на уровне третичной структуры. В активном центре выделяют субстратсвязывающий (якорный) участок и каталитический участок.

**б) аллостерический центр** – участок фермента, расположенный вне активного центра и присоединяющий низкомолекулярный аллостерический эффектор.

Примерами **аллостерических эффекторов** являются

низкомолекулярные лиганды, вызывающие изменение активности фермента вследствие их связывания в аллостерическом центре (НАД<sup>+</sup>, НАДН, АТФ, АДФ и др.).

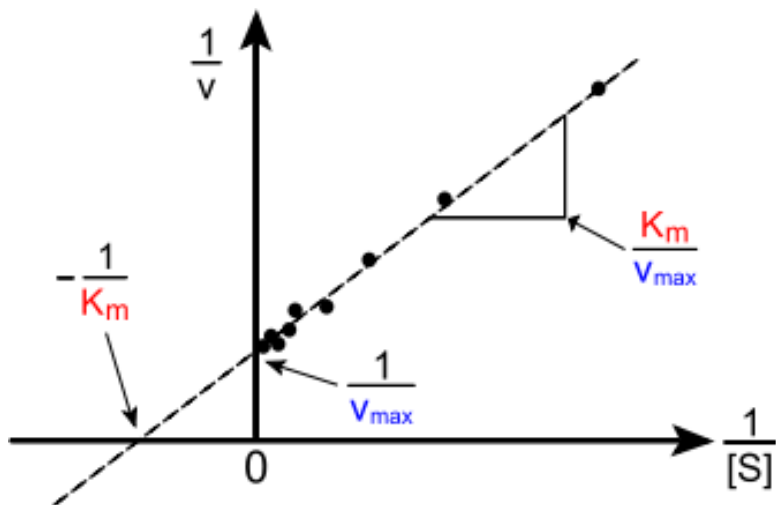
Изучение ферментов (энзимов) выделено в отдельную науку – энзимологию. Все ферменты имеют белковую природу, чем объясняются их свойства (термолабильность, зависимость активности от рН среды, высокоспецифичное действие по отношению к реагирующим веществам – субстратам ферментативной реакции).



**Рис. 4. Пример ферментативной реакции с участием оксидоредуктазы**

Важнейшей характеристикой ферментативной реакции является **константа Михаэлиса** ( $K_M$ ) – это величина, характеризующая сродство фермента к субстрату; численно равна концентрации субстрата, при которой скорость реак-

ции составляет половину максимальной скорости ( $V_{\max}$ ).



**Рис. 5. Графическое изображение ферментативной реакции в обратных координатах**

На активность фермента могут повлиять различные факторы. Существуют разные типы ингибирования ферментов.

### **Таблица 8. Типы ингибирования ферментов**

Тип ингибирования	Механизм действия:
<b>КОНКУРЕНТНОЕ</b>	I связывается в активном центре и конкурирует с субстратом. $V_{i\max} = V_{\max}$ ; $K_{Mi} > K_M$
<b>НЕКОНКУРЕНТНОЕ</b>	I связывается вне активного центра. $V_{i\max} < V_{\max}$ ; $K_{Mi} = K_M$
<b>БЕСКОНКУРЕНТНОЕ</b>	I связывается не с E, а с комплексом ES. $V_{i\max} / K_{Mi} = V_{\max} / K_M$
<b>СМЕШАННОЕ</b>	I связывается в активном центре и вне его. $V_{\max}$ и $K_M$ уменьшаются независимо друг от друга.
	<p><i>Пояснение:</i>  E - фермент  S - субстрат  I – ингибитор  <math>V_{\max}</math> - максимальная скорость ферментативной реакции  <math>K_M</math> - константа Михаэлиса</p>

**Конкурентное ингибирование** – подавление скорости ферментативной реакции веществами, структурно сходными с субстратом. В этом случае, ингибитор связывается с активным центром фермента и вытесняется из него при повышении количества вступающего в реакцию субстрата; ингибирование характеризуется увеличением константы Михаэлиса ( $K_M$ ) без изменения максимальной скорости реакции ( $V_{\max}$ ).

Другой вариант – **неконкурентное ингибирование** – подавление скорости ферментативной реакции веществами, не имеющими структурного сходства с субстратом и связывающимися не с активным центром, а в аллостерическом центре. В данном случае, блокируется каталитическое превращение субстрата, поэтому снижается максимальная скорость реакции, а величина константы Михаэлиса ( $K_M$ ) не меняется.

**Активность ферментов** выражается в каталах (количество фермента, которое превращает 1 моль субстрата за 1 с), а также в международных единицах (Е) (количество фермента, превращающего 1 мкмоль субстрата за 1 мин).

Помимо отдельных ферментов известны и **мультиферментные комплексы**: *пируватдегидрогеназный комплекс* (пируватдегидрогеназа, ПДК), превращающий пируват в ацетил-SКоА,  *$\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназный комплекс* (в цикле трикарбоновых кислот) превращающий  $\alpha$ -кетоглутарат в сукцинил-SКоА, комплекс под названием "*синтаза жирных кислот*" (или *пальмитатсинтаза*), синтезирующий пальмитиновую кислоту.

## **Основные термины раздела:**

**Ферменты (энзимы)** – биологические катализаторы белковой природы с регулируемой активностью; молекула фермента может быть простым или сложным белком. В сложном белке (холофермент) присутствует небелковый компонент – кофермент.

**Энзимодиагностика** – диагностика заболеваний, основанная на определении изменения активности ферментов (изоферментов) в биологических жидкостях и тканях; на-

пример, для панкреатита характерно повышение в плазме крови активности альфа-амилазы, для инфаркта миокарда – активности креатинкиназы, трансаминаз и др.

**Энзимология** – раздел биохимии, изучающий строение, свойства и механизм действия ферментов.

**Энзимопатия** – общее название патологических состояний, развивающихся вследствие отсутствия или изменения активности каких-либо ферментов. Наследственные энзимопатии связаны с генетически обусловленной недостаточностью одного или нескольких ферментов (фенилкетонурия, гистидинемия, гликогенозы, галактоземия, липидозы, мукополисахаридозы).

**Энзимотерапия** – применение ферментов с лечебной целью. Например, при гнойно-некротических процессах, а также в качестве отхаркивающих средств используют протеолитические ферменты – **трипсин, химотрипсин**. Для улучшения процессов пищеварения используют препараты, содержащие ферменты желудочно-кишечного тракта (**пепсин**). Фибринолитические ферменты (**стрептокиназа**) используются для растворения тромбов. **Гиалуронидазу** применяют при контрактурах, для рассасывания гематом и рубцов (после травм, ожогов, операций).

# Витамины

**Витамины** – эссенциальные (жизненно важные) факторы питания человека и животных, необходимые для протекания разнообразных химических процессов в организме. Витамины участвуют в обмене веществ как в качестве коферментов – непосредственных участников ферментативных реакций (витамины группы В, витамин РР), так и в виде регуляторов отдельных процессов (витамины С, А, Е, К, D).

**Провитамины** – вещества, поступающие с пищей или синтезируемые в организме и являющиеся источником витаминов; например, из 7-дегидрохолестерола под влиянием ультрафиолетовых лучей образуется витамин D<sub>3</sub>.

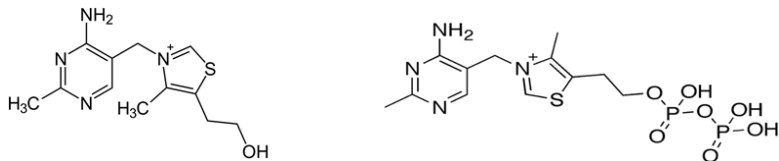
## Классификация витаминов:

- *Жирорастворимые витамины: А (ретинол), D (кальциферол), Е (токоферол), К (нафтохинон), F (полиненасыщенные жирные кислоты).*

- *Водорастворимые витамины: В<sub>1</sub> (тиамин), В<sub>2</sub> (рибофлавин), В<sub>3</sub> = РР (никотинамид), В<sub>5</sub> (пантотеновая кислота), В<sub>6</sub> (пиридоксин), В<sub>9</sub> = В<sub>С</sub> (фолиевая кислота), В<sub>12</sub> (цианкобаламин), Н (биотин), С (аскорбиновая кислота).*

- *Витаминоподобные вещества: жирорастворимые – Q (убихинон), водорастворимые – В<sub>4</sub> (холин), Р (биофлавоноиды), ВТ (карнитин), В<sub>8</sub> (инозит), U (S-метилметионин), N (липоевая кислота), В<sub>13</sub> (оротовая кислота), В<sub>15</sub> (пангамон).*

вая кислота).



**Рис. 6. Тиамин и его кофермент тиаминпирофосфат, синоним тиаминдифосфат (ТПФ, ТДФ)**

Основным источником витаминов являются пищевые продукты растительного и животного происхождения, и лишь некоторые из них (фолиевая кислота, биотин, витамин К) способны синтезироваться микрофлорой кишечника. При недостатке в организме того или иного витамина или нарушении его обмена (всасывания в кишечнике, транспорта кровью, превращения в кофермент) возникают состояния, называемые гиповитаминозами. Жирорастворимые витамины при увеличении дозы накапливаются и могут вызывать гипервитаминозы с рядом общих симптомов (потеря аппетита, расстройство ЖКТ, сильные головные боли, повышенная возбудимость нервной системы, выпадение волос, шелушение кожи) и со специфическими признаками. Яркая картина гипервитаминозов отмечается только для витаминов А и D.

Определение витаминов в продуктах питания, микробиологических средах, а также стандартизация препаратов ви-



таминов представляют большой практический интерес.

### **План описания витамина:**

- Химическое название, буквенное обозначение, классификационная характеристика (водорастворимый, жирорастворимый)
- Химическое строение (химическая формула витамина, составные части (подписать), активная форма витамина/ кофермент с формулами)
- Источники (в каких продуктах питания содержится)
- Суточная потребность
- Особенности метаболизма (всасывание, распределение, превращение)
- Биохимические функции (биологическая роль, механизм действия)
- *\*названия ферментов, примеры биохимических реакций (не менее 2 реакций!)*
- Антивитамины (если они выявлены): названия и формулы
- Название и проявления гиповитаминоза и авитаминоза
- *\*Гипервитаминозы (для вит D)*

### **Основные термины раздела:**

**Витамины** – незаменимые низкомолекулярные факторы питания органического происхождения, присутствующие в

*пище и участвующие в биохимических реакциях в качестве коферментов или регуляторов.*

***Витаминоподобные вещества*** – группа условно незаметных факторов питания, участвующих в отдельных биохимических и физиологических процессах, при их недостаточном поступлении с пищей не наблюдается развития патологических изменений.

***Провитамины*** – вещества, поступающие с пищей или синтезируемые в организме и являющиеся источником витаминов; например, из 7-дегидрохолестерола под влиянием ультрафиолетовых лучей образуется витамин D<sub>3</sub>.

## **Гормоны**

**Гормоны** – биологически активные вещества, синтезируемые в незначительных количествах эндокринными железами и клетками диффузно-эндокринной системы. Гормоны осуществляют гуморальную регуляцию обмена веществ и имеют различную химическую структуру. Уникальность гормональной регуляции обусловлена соподчинённостью работы желёз внутренней секреции, ауторегуляцией выработки гормонов и агонизмом-антагонизмом их действия относительно друг друга. Существует строгая иерархия или соподчиненность гормонов. Поддержание уровня гормонов в

организме в большинстве случаев обеспечивает механизм отрицательной обратной связи (см. рисунок).

Согласно классификации по химическому строению различают 4 группы гормонов:

**1. Гормоны – производные аминокислот**

адреналин, норадреналин, тироксин, трийодтиронин.

**2. Пептидные гормоны**

адренокортикотропный гормон (АКТГ), соматотропный гормон, тиреотропный гормон (ТТГ), лактотропный гормон (пролактин), лютеинизирующий гормон, фолликулостимулирующий гормон, меланоцитстимулирующий гормон, антидиуретический гормон (АДГ, вазопрессин), окситоцин, кальцитонин, паратгормон, инсулин, глюкагон.

**3. Стероидные гормоны**

кортизол, альдостерон, эстрадиол, прогестерон, тестостерон, кальцитриол.

**4. Эйкозаноиды**

простагландины, лейкотриены, тромбоксаны

Для проявления биологической активности гормона, обязательным условием является его взаимодействие с рецепторами. Существуют два основных механизма действия гормонов на уровне клетки: реализация эффекта через рецептор, расположенный на мембране и реализация эффекта через рецептор, расположенный внутри клетки.

Для реализации мембранного механизма важнейшую роль в клетке приобретают **вторичные посредники (мессенджеры)** – это внутриклеточные низкомолекулярные молекулы, регулирующие скорость метаболических процессов в клетке и образующиеся в ответ на связывание гормона с мембранным рецептором (ионы  $\text{Ca}^{2+}$ , 3,5 – цАМФ, 3,5 – цГМФ, инозитол-1,4,5-трифосфат, монооксид азота (NO)).

На практике, всегда следует учитывать возможные результаты взаимодействия совместной работы гормонов.

Синергизм – однонаправленное действие двух или нескольких гормонов. Например, адреналин и глюкагон активируют распад гликогена печени до глюкозы и вызывают увеличение уровня сахара в крови.

Антагонизм всегда относителен. Например, инсулин и адреналин оказывают противоположные действия на содержание глюкозы в крови. Инсулин вызывает гипогликемию, адреналин – гипергликемию. Биологическое же значение этих эффектов сводится к одному – улучшению углеводного питания тканей.

В медицинской практике гормональные препараты используют для лечения заболеваний желез внутренней секреции. Так, например, инсулин применяют для лечения диабета.

**План описания гормона:**

- Химическое название, классификационная характеристика (липофильный, гидрофильный и др.)
- Химическое строение (химическая формула, составные части (подписать))
  - \* для пептидных гормонов указывается – пептидный (количество аминокислотных звеньев)
- Особенности синтеза и секреции и биотрансформации (место синтеза, схема синтеза, регуляция синтеза и секреции, инактивация и выведение гормона)
- Биохимические функции
  - (а) механизм действия (схема или рисунок),
  - б) мишени и эффекты)
- Описание гипofункции и гиперфункции эндокринной железы, синтезирующей данный гормон (названия заболеваний, основные симптомы)

## Основные термины раздела:

**Гормон(ы)** – группа биологически активных веществ различной химической природы, секретируемых в кровь эндокринными железами в крайне малых количествах и оказывающих регулирующее действие на метаболические процессы в клетках вне места образования; недостаточное или избыточное выделение гормонов сопровождается развитием эндокринных заболеваний.

**Нейромедиатор (нейротрансмиттер)** – химический посредник, освобождающийся из пресинаптического нервного окончания и передающий нервный импульс в синапсе постсинаптическому окончанию, мышечному волокну или железе, которые эти нервы иннервируют.

### **Нейромедиаторы центральной нервной системы**

- ацетилхолин,
- норадреналин,
- дофамин,
- серотонин,
- $\gamma$ -аминомасляная кислота (ГАМК)

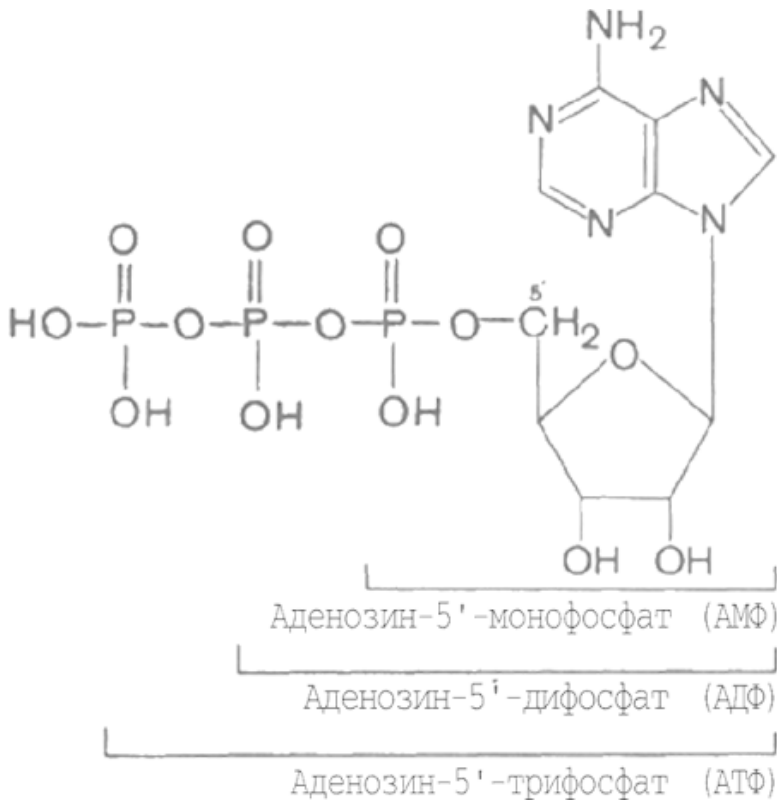
### **Нейромедиаторы периферической нервной системы**

- ацетилхолин
- норадреналин

**Рецептор** – высокомолекулярное вещество, специфически связывающееся с конкретным лигандом, например, гормоном. В качестве рецепторов, как правило, выступают гликопротеины, имеющие доменную структуру. Выделяют два класса рецепторов – мембранные и ядерные.

## **1.2. Формулы биоорганических соединений и их метаболитов**

**Аденозинтрифосфат (АТФ, аденозинтрифосфорная кислота)** – нуклеозидтрифосфат содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты.



**α-Аланин** (α-аминопропионовая кислота) – протеино-  
генная заменимая аминокислота.



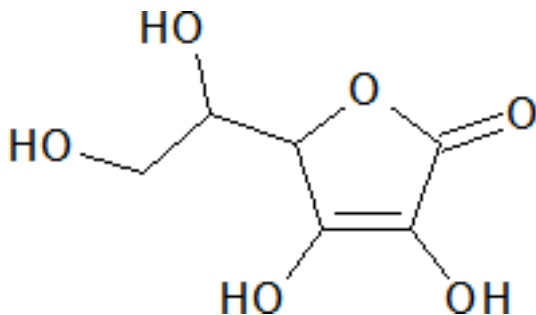
**β-Аланин** (β-аминопропионовая кислота) – непотеино-  
генная аминокислота, входящая в состав пантотеновой кис-



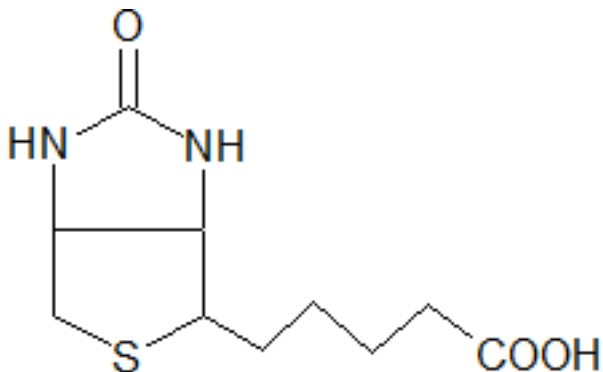
лоты и некоторых природных дипептидов (карнозина и ансерина).



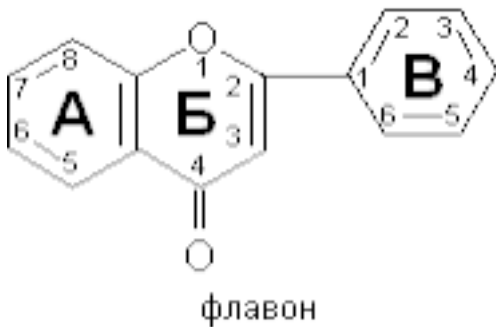
**Аскорбиновая кислота (витамин С)** – водорастворимый витамин, участвующий в окислительно-восстановительных реакциях (витамин-антиоксидант), кофактор ферментов лизил- и пролилгидроксилаз; при недостатке витамина С в организме развивается цинга.

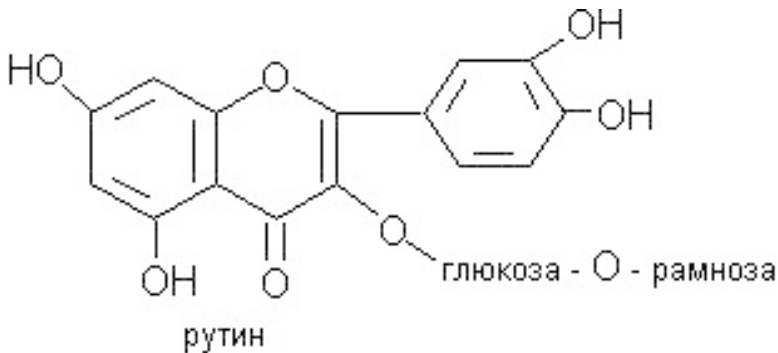


**Биотин (витамин Н)** – водорастворимый витамин, который в активной форме (биотин) способен акцептировать и отдавать углекислый газ и таким образом участвовать в реакциях карбоксилирования при синтезе высших жирных кислот, оксалоацетата и др.

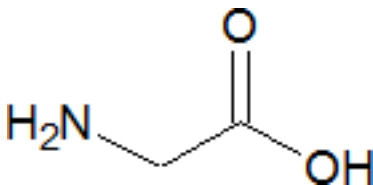


**Биофлавоноиды (витамин Р)** – органические вещества, производные хромана или флавана, способные уменьшать проницаемость кровеносных сосудов (представлены катехинами, флаванонами, флавонами).



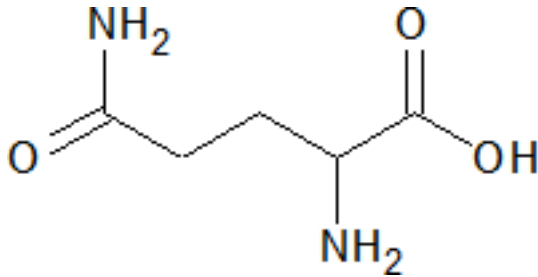


**Глицин (аминоуксусная кислота)** – заменимая аминокислота, входящая в состав многих фибриллярных белков (коллагена, эластина и др.), активных центров ряда ферментов и участвующая в биосинтезе глутатиона, креатина, гема, пуриновых оснований, а также в реакциях конъюгации.

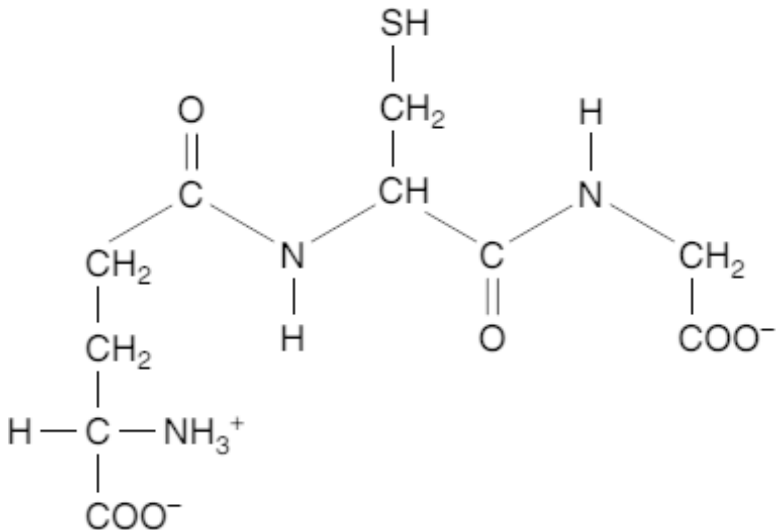


**Глутамин** – моноамид глутаминовой кислоты, образующийся в тканях мозга, энтероцитах и других клетках при связывании аммиака с глутаминовой кислотой; участвует в биосинтезе пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, ами-

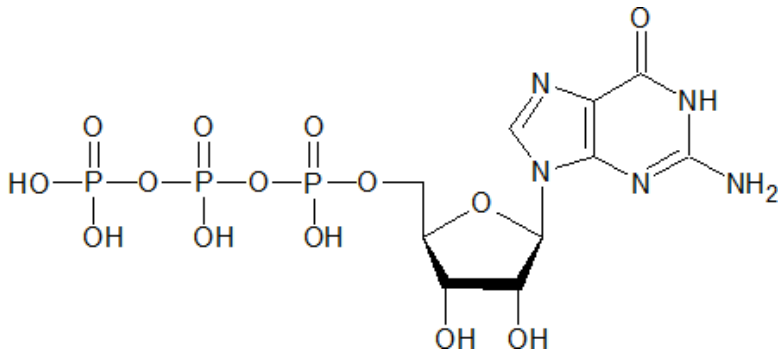
носахаров.



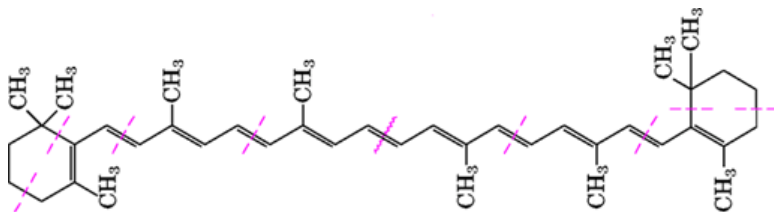
**Глутатион** – трипептид, состоящий из остатков цистеина, глицина и глутаминовой кислоты и участвующий в окислительно-восстановительных реакциях (аминокислотные остатки Глу и Цис связаны  $\gamma$ -пептидной связью).



**Гуанозинтрифосфат (ГТФ)** – нуклеотид, в состав которого входит гуанозин, связанный с тремя молекулами фосфорной кислоты; в реакциях фосфорилирования является донором фосфата; предшественник циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ), материал для синтеза нуклеиновых кислот.

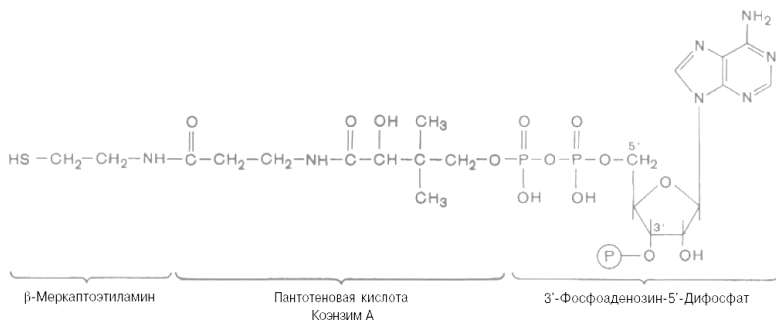


**Каротин (β-каротин)** – изопреноид, оранжево-желтый пигмент растительного происхождения, растворимый в жирах (молекула β-каротина в организме путем окислительного расщепления превращается в две молекулы ретиналя – витамина А).

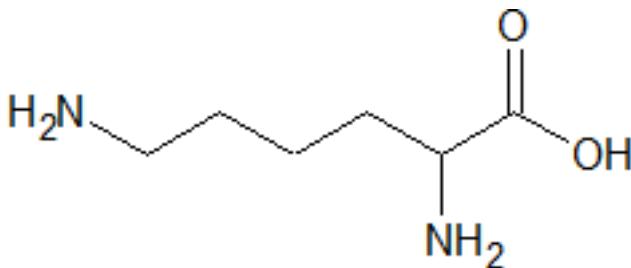


**Кофермент А (коэнзим А, HS-KoA)** – кофермент нуклеотидной природы, соединение, состоящее из 3'-аденозин-5' – дифосфата, пантотеновой кислоты и β-меркаптоэ-

тиламина; участвует в активации ацильных радикалов.

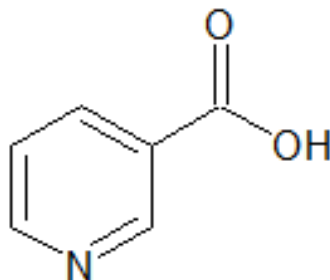
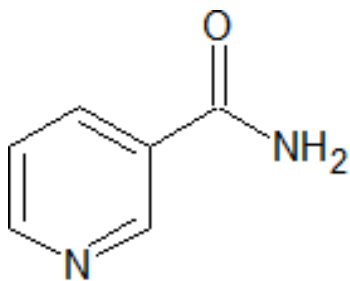


**Лизин** – незаменимая для организма человека аминокислота с положительно заряженным радикалом, содержащаяся почти во всех белках.



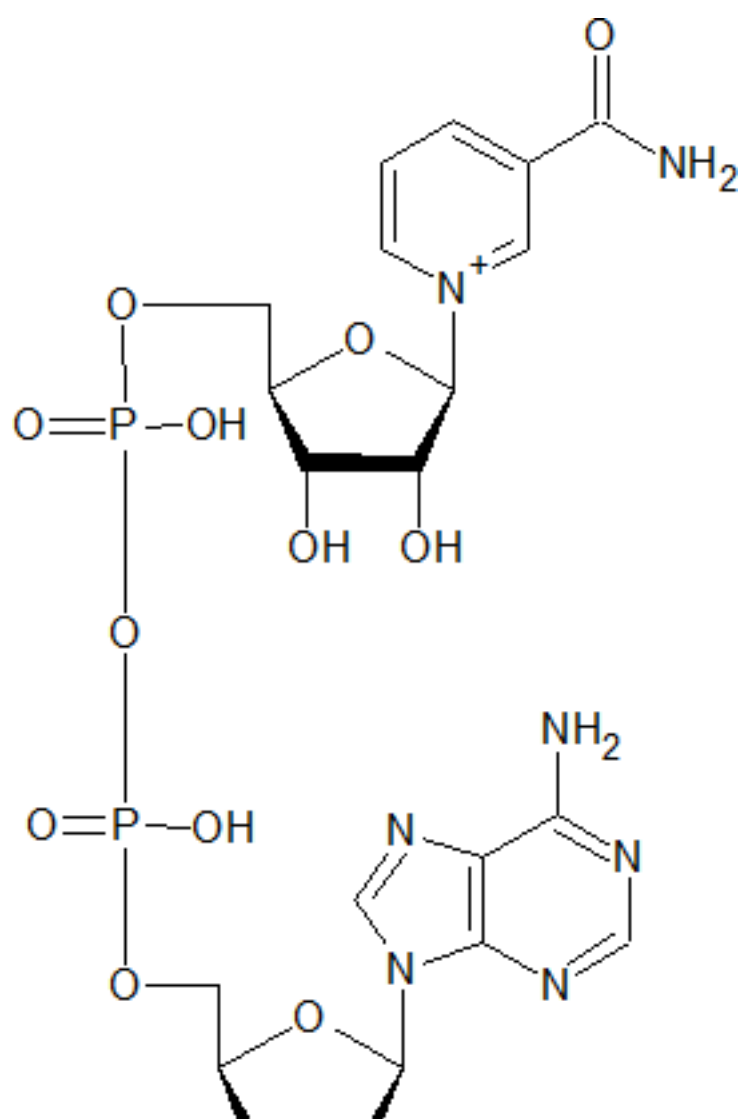
**Ниацин (витамин РР)** – группа органических соединений, относящихся к водорастворимым витаминам, включающая никотиновую кислоту и амид никотиновой кислоты;

в организме человека никотинамид превращается в никотинамидные коферменты (НАД и НАДФ); недостаточное поступление с пищей ниацина приводит к развитию пеллагры, характеризующейся диареей, специфическим дерматитом и слабоумием.

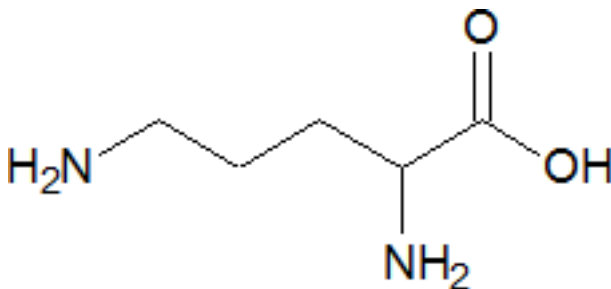


**Никотинамидадениндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>)** – кофермент дегидрогеназ (оксидоредуктаз), состоящий из никотинамидного и аденилового нуклеозидов, связанных через остатки фосфорной кислоты; окисленная форма НАД<sup>+</sup> способна восстанавливаться до НАДН(Н<sup>+</sup>).

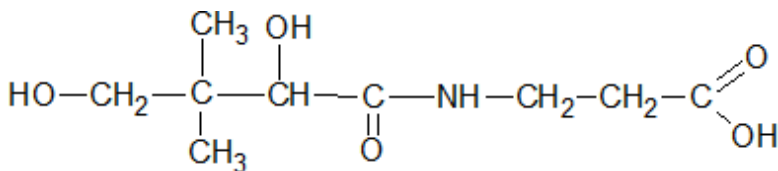




**Орнитин** – непотеиногенная диаминомонокарбоновая аминокислота, промежуточный продукт цикла мочевинообразования.

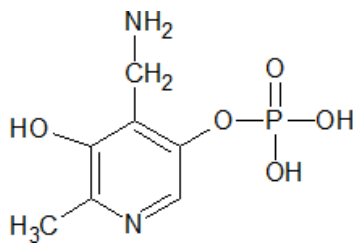
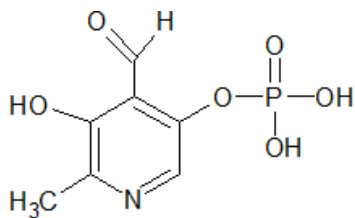


**Пантотеновая кислота** – водорастворимый витамин группы В, структурный компонент кофермента А и 4 -фосфопантетеина; при недостатке пантотеновой кислоты в организме развиваются дерматиты, депигментация и выпадение волос.

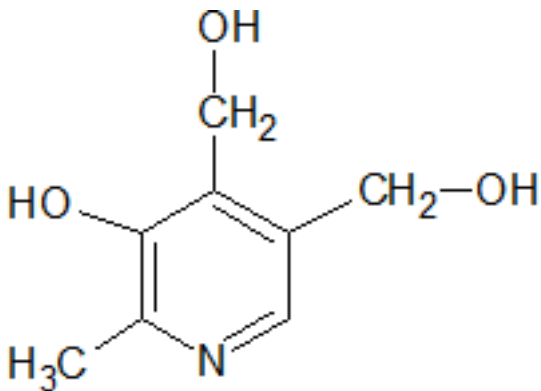


**Пиридоксальфосфат (пиридоксаль-5-фосфат)** –

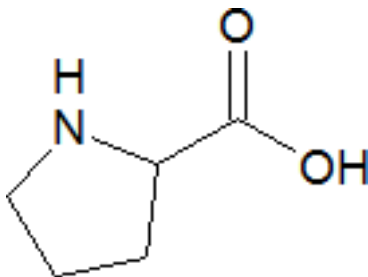
биологически активная форма пиридоксина (витамина В<sub>6</sub>), в составе ферментов участвует в реакциях обмена аминокислот (трансаминирование, декарбоксилирование).



**Пиридоксин (витамин В<sub>6</sub>)** – водорастворимый витамин группы В, превращающийся в организме путем фосфорилирования в коферментные формы – пиридоксальфосфат и пиридоксаминфосфат; при недостатке пиридоксина наблюдаются себорейный дерматит, эпилептиформные судороги, глоссит, конъюнктивит.

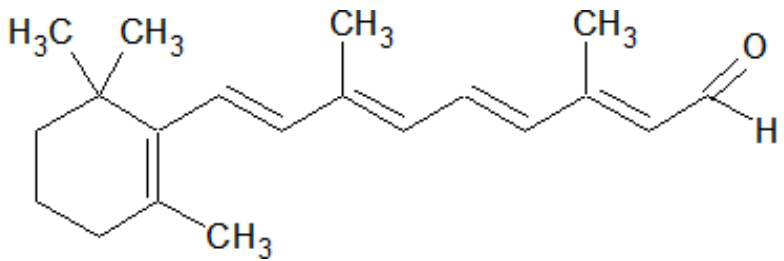


**Пролин** – заменимая аминокислота входит в состав большинства белков; особенно богаты пролином белки коллаген, эластин.

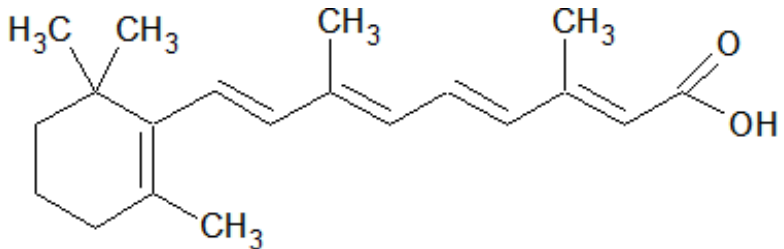


**Ретиналь** – изопреноид, альдегидная форма витамина A<sub>1</sub>, присутствует в белке родопсине в виде *цис*-ретиная, который в процессе светоощущения изомеризуется в *транс*-

ретиаль; дефицит ретиналя обуславливает нарушение темновой адаптации.

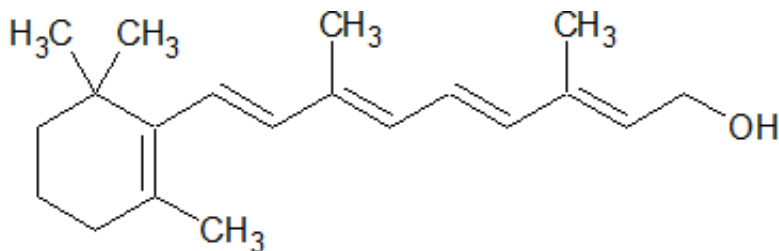


**Ретиновая кислота** – изопреноид, биологически активная группа витамина А<sub>1</sub>, содержащая карбонильную группу; влияет на процессы транскрипции в клетках эпителиальных тканей.

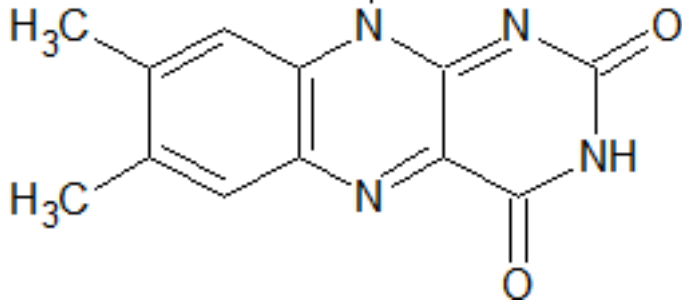


**Ретинол (витамин А)** – изопреноид, жирорастворимый витамин, являющийся циклическим непредельным одноатомным спиртом, образуется в организме человека из по-

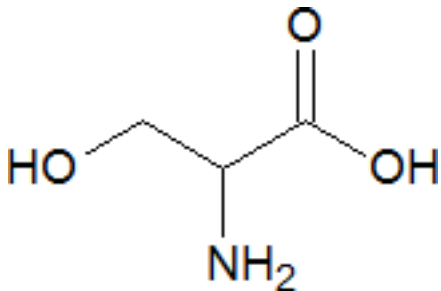
ступающих с пищей каротиноидов; недостаток ретинола в приводит к гемералопии, ксерофтальмии и др.



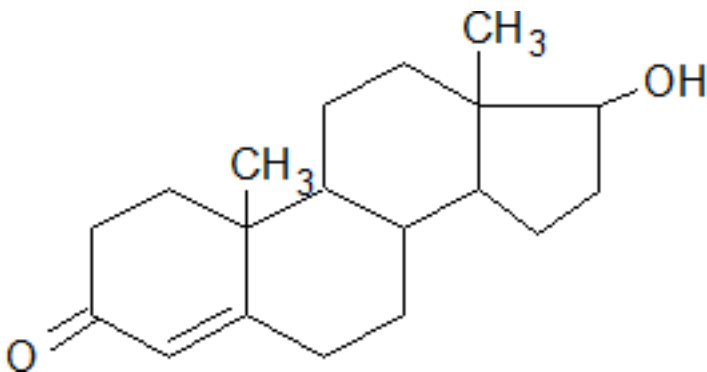
**Рибофлавин (витамин В<sub>2</sub>)** – водорастворимый витамин, входящий в состав флавопротеинов; в организме человека превращается в коферменты: флавинмоноклеотид (ФМН) и флавинадениндинуклеотид (ФАД), участвующие в редокс-процессах; при недостаточном поступлении в организм рибофлавина развиваются катаракта, глоссит, хейлит, заеды и др.



**Серин** – заменимая протеиногенная гидроксилсодержащая аминокислота, присутствует в составе активных центров многих ферментов, участвует в биосинтезе глицина, метионина, цистеина, боковой цепи триптофана, а также сфинголипидов и этаноламина.

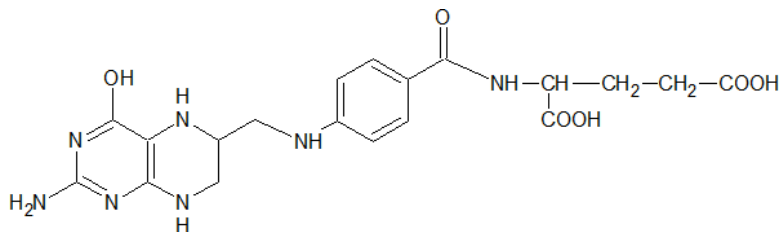


**Тестостерон** – производное холестерина, мужской половой гормон стероидной природы; синтезируется в яичках, плаценте и надпочечниках; влияет на развитие вторичных половых признаков по мужскому типу, регулирует сперматогенез и половое поведение, оказывает анаболическое действие.

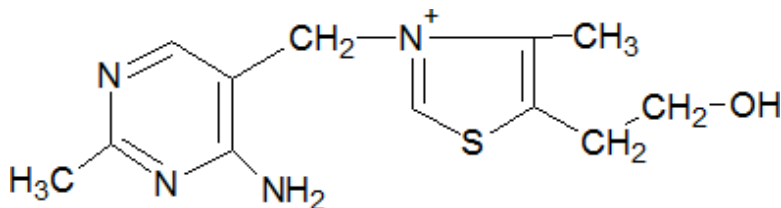




**Тетрагидрофолиевая кислота (ТГФК)** – активная форма фолиевой кислоты, образующаяся в реакции восстановления птеридинового кольца; производные ТГФК участвуют в реакциях переноса одноуглеродных групп.

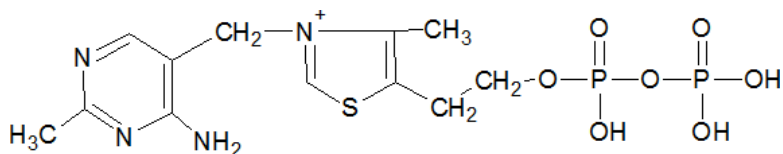


**Тиамин (витамин В<sub>1</sub>)** – водорастворимый витамин, составная часть кофермента тиаминдифосфата; недостаточное поступление в организм тиамина сопровождается поражением нервной и мышечной систем, желудочно-кишечного тракта (заболевание бери-бери).

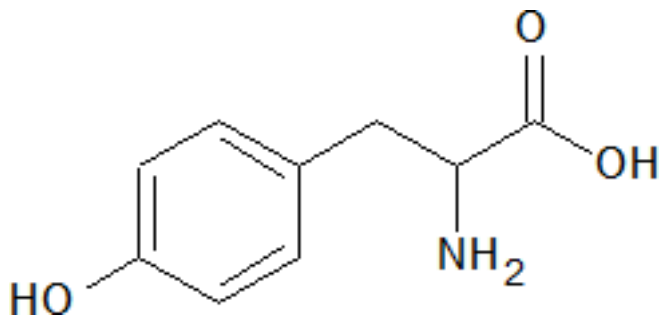


**Тиаминдифосфат (тиаминпирофосфат, ТДФ,**

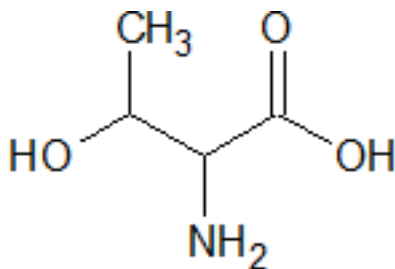
**ТПФ**) – фосфорилированная форма витамина тиамина; ко-фермент ряда ферментов, катализирующих реакции окислительного декарбоксилирования  $\alpha$ -кетокислот и переноса двууглеродного фрагмента от молекул моносахаридов – кетоз на другие молекулы – альдозы.



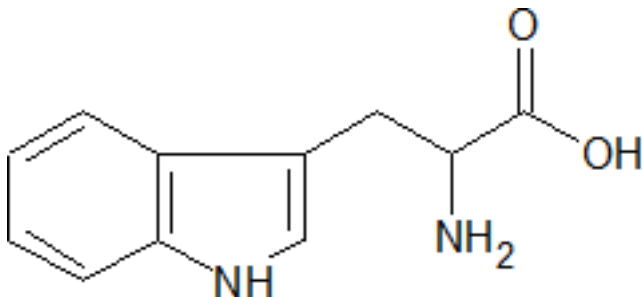
**Тирозин** – ароматическая условно незаменимая аминокислота, образуется из фенилаланина путем гидроксирования; из тирозина образуются катехоламины (адреналин, норадреналин), меланины, йодсодержащие гормоны щитовидной железы (тироксин, трийодтиронин).



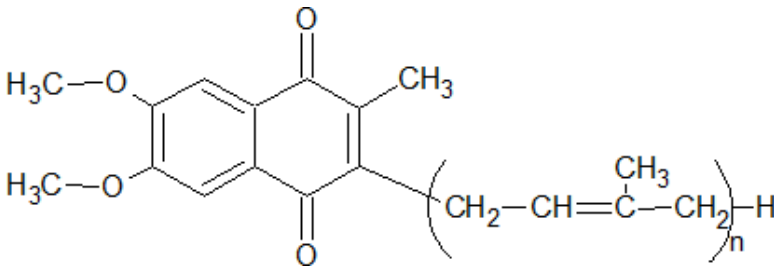
**Треонин** – гидроксилсодержащая алифатическая незаменимая для человека аминокислота, входит в состав многих белков.



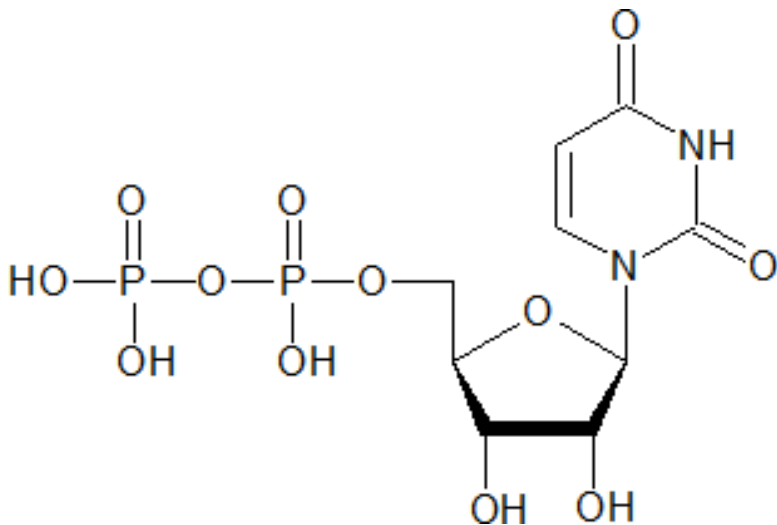
**Триптофан** – гетероциклическая незаменимая для человека аминокислота, производное индола; входит в состав многих белков; из триптофана образуются серотонин, мелатонин, частично,  $\text{НАД}^+$



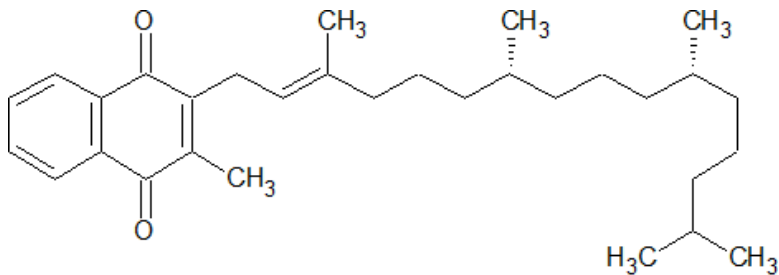
**Убихинон (кофермент Q)** – изопреноид, жирорастворимое вещество с антиоксидантной функцией; в дыхательной цепи убихинон присоединяет электроны с I и II комплексов и передает их на цитохромы III комплекса.



**Уридиндифосфат (уридиндифосфорная кислота, УДФ)** – соединение уридина с двумя остатками фосфорной кислоты; составная часть коферментов, участвующих в переносе остатков моносахаридов или их производных.

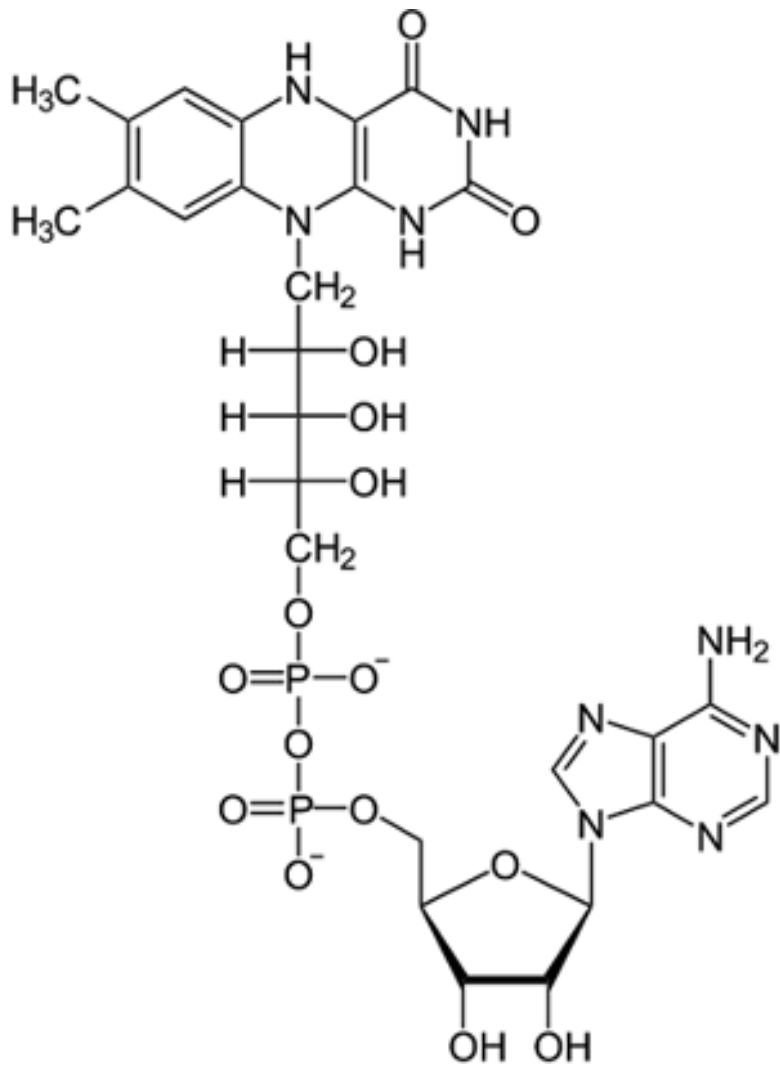


**Филлохинон (витамин К, антигеморрагический)** – производное нафтохинона, кофактор фермента глутамил-карбоксилазы, участвующего в синтезе остатков γ-карбокси-глутаминовой кислоты в кальцийсвязывающих белках; при недостатке витамина К возникают самопроизвольные кровотечения.



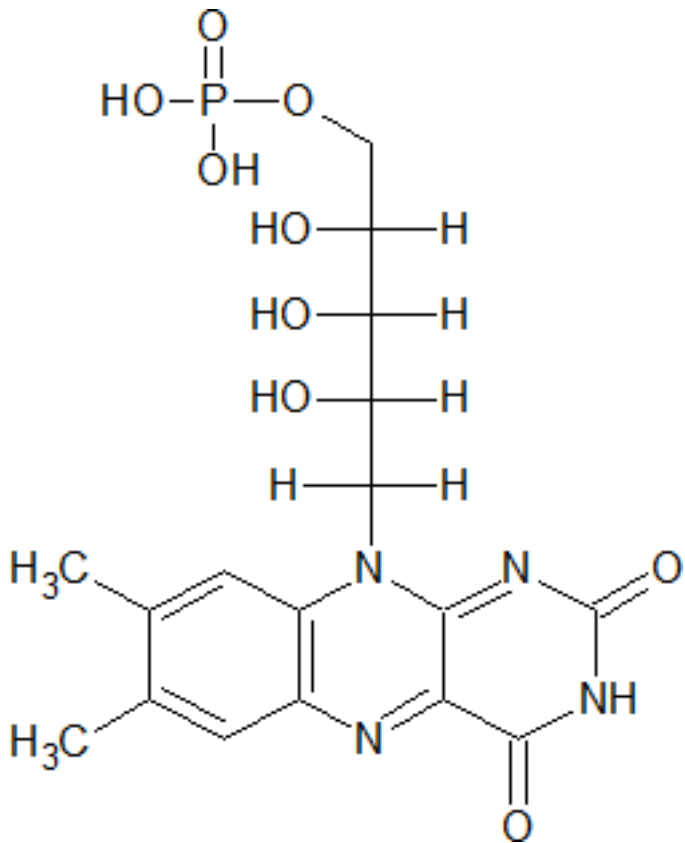
K<sub>1</sub>

**Флавинадениндинуклеотид (ФАД)** – производное рибофлавина (витамина В<sub>2</sub>), состоящее из двух нуклеотидов – аденозинмонофосфата и флавинмонопонуклеотида; кофермент оксидоредуктаз, способный обратимо связывать два атома водорода.



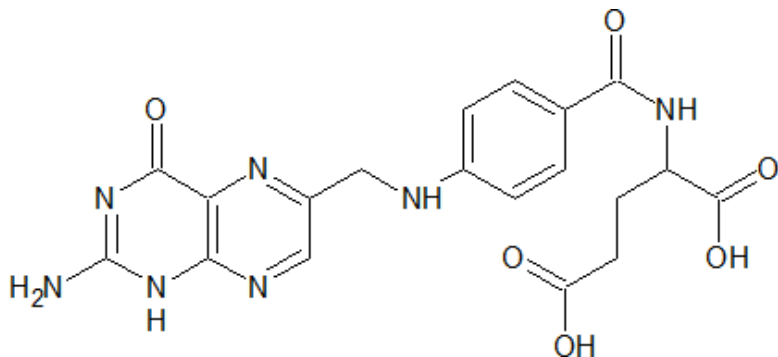
**Флавиномононуклеотид (ФМН)** – производное рибофлавина (витамин В<sub>2</sub>), в котором остаток рибитола этерифицирован фосфорной кислотой; простетическая группа белков флавопротеинов, составляющая часть флавинадениндинуклеотида.



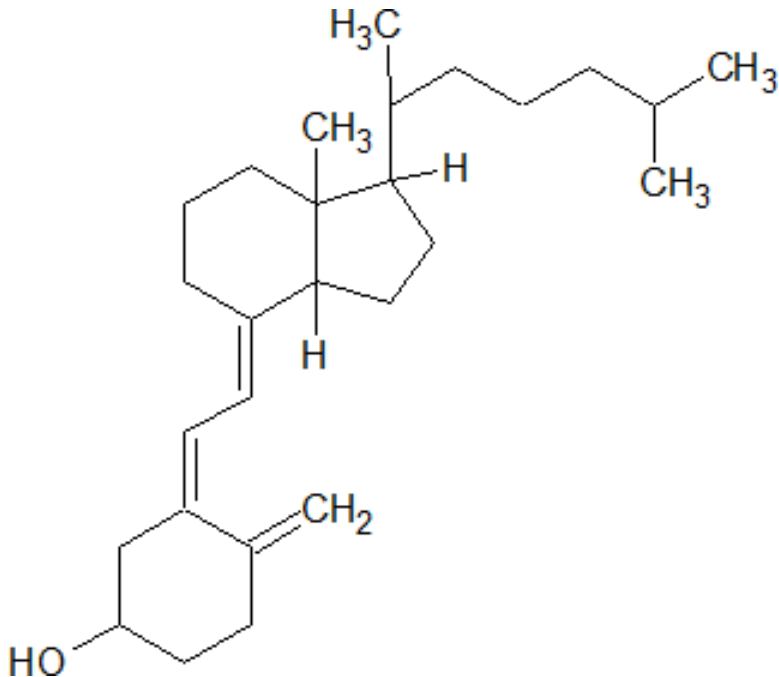


**Фолиевая кислота (птероилглутаминовая кислота, витамин В<sub>9</sub>, витамин В<sub>с</sub>)** – водорастворимый витамин, содержащий птеридин, остаток парааминобензойной кислоты (ПАБК) и L-глутаминовой кислоты (Глу); при восстановле-

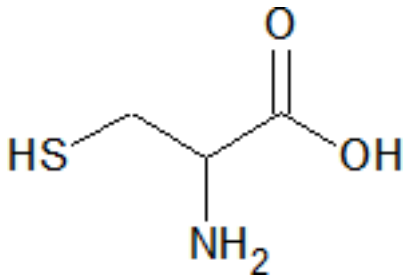
нии образует гидрированную форму – кофермент тетрагидрофолиевую кислоту (ТГФК); участвует переносе одноуглеродных фрагментов, при недостаточном поступлении фолиевой кислоты с пищей развивается мегалобластная анемия, поражение слизистых оболочек, глосситы, нарушение заживления ран.



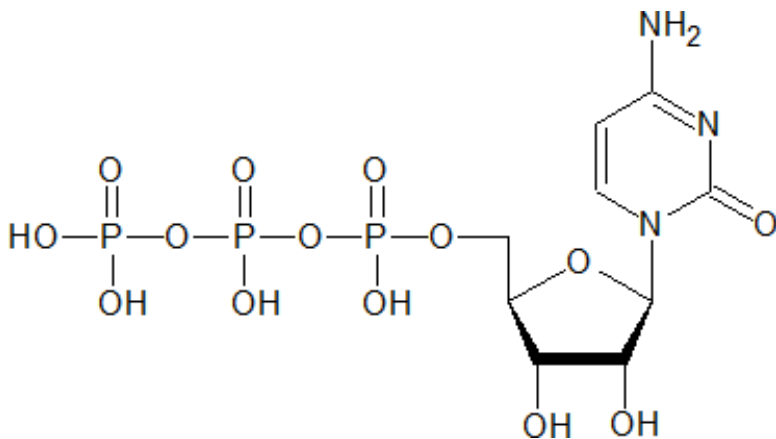
**Холекальциферол (витамин D<sub>3</sub>)** – жирорастворимый витамин группы D, производное 7-дегидрохолестерола



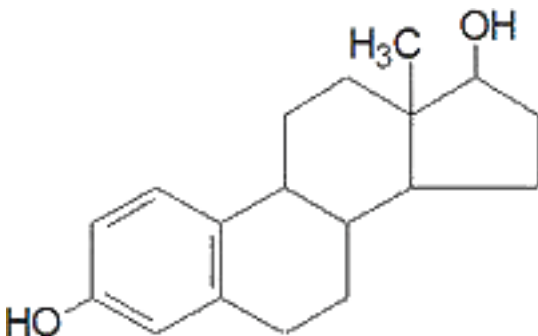
**Цистеин** – заменимая серосодержащая аминокислота входит в состав белков, пептидов (глутатиона) и др.



**Цитидинтрифосфат (ЦТФ)** – нуклеотид, содержащий цитидин и три остатка фосфорной кислоты.



**Эстрадиол** – производное холестерина, стероидный гормон из группы женских половых гормонов эстрогенов, секретируемый фолликулами яичников.



### 1.3. Вопросы для самоконтроля по теме раздела

- ✓ Перечислите функции белков.
- ✓ Перечислите методы выделения и очистки белков из биообъектов.
- ✓ Дайте определение понятиям: высаливание, хроматография, электрофорез, кристаллизация.
- ✓ Перечислите физико-химические свойства аминокислот.
- ✓ Составьте формулы аминокислот, образующихся в результате постсинтетической химической модификации (оксилизин, селеноцистеин, γ-карбоксиглутаминовая кислота, 3,5-дйодтирозин).
- ✓ Перечислите химические реакции для открытия и

определения аминокислот в гидролизатах белков.

✓ Перечислите физико-химические свойства белков.

✓ Дайте определение понятиям: денатурация, изоэлектрическая точка, изоионная точка, лактамная (кетонная) форма, лактимная (енольная) форма.

✓ Перечислите методы определения первичной структуры белков.

✓ Опишите вторичную структуру белка.

✓ Дать определение понятиям: протомер (мономер, субъединица), олигомер (мультимер), изофермент, комплементарность.

✓ Назовите примеры простых белков

✓ Приведите примеры природных пептидов.

✓ Опишите гемопротеины.

✓ Опишите флавопротеины.

✓ Опишите нуклеопротеины.

✓ Опишите липопротеины.

✓ Перечислите фосфопротеины.

✓ Дать определение понятиям: гликоконъюгаты, гликобиология, гликопатология, гликотерапия.

✓ Опишите интерфероны и иммуноглобулины

✓ Опишите трансферрин и гемосидерин.

✓ Перечислите методы выделения нуклеиновых кислот из биообъектов.

✓ Составьте формулы минорных нуклеотидов пуринового ряда (инозин, ксантин, гипоксантин, 7-метилгуанозин).

- ✓ Перечислите минорные пиримидиновые основания.
- ✓ Какова первичная структура нуклеиновых кислот?
- ✓ Какова вторичная структура нуклеиновых кислот?
- ✓ Дайте определение понятию «Фермент» (энзим).
- ✓ Назовите области применения ферментов.
- ✓ Дать определение понятиям: холофермент, простетическая группа, апофермент, кофермент, активный центр фермента, аллостерический центр, синзимы.
- ✓ Приведите примеры изоферментов.
- ✓ Опишите механизм действия ферментов.
- ✓ Что такое энергия активации, константа диссоциации фермент-субстратного комплекса, явление насыщения, константа Михаэлиса, уравнение Лайнуивера-Бэрка.
- ✓ Перечислите основные свойства ферментов.
- ✓ Что такое относительная и абсолютная специфичность ферментов?
- ✓ Приведите примеры стереохимической специфичности.
- ✓ Каковы типы ингибирования ферментов?
- ✓ Дайте определение понятиям: индуцированный синтез ферментов, конститутивные ферменты, летальный синтез, проферменты (зимогены), ингибирование по принципу обратной связи, ретроингибирование, активация предшественником, компартментализация.
- ✓ Как рассчитать удельную активность фермента, молекулярную активность фермента?

✓ Какова международная классификация ферментов?

✓ Перечислите основные направления медицинской энзимологии.

✓ Дайте определение понятию «Липиды».

✓ Какова классификация липидов?

✓ Перечислите функции липидов.

✓ Дайте определение понятиям: «Жирная кислота», «Высшая жирная кислота».

✓ Приведите примеры диеновых и триеновых жирных кислот.

✓ Составьте формулу тетраеновой жирной кислоты.

✓ Составьте формулу триацилглицерола (ТАГ) с остатком олеиновой, линолевой и пальмитиновой кислот.

✓ Напишите пример формулы липида из класса «Воски».

✓ Составьте общий план строения фосфолипидов.

✓ Составьте общий план строения сфинголипидов.

✓ Перечислите биологические функции глицерофосфолипидов.

✓ Перечислите биологические функции сфингофосфолипидов.

✓ Составьте формулу липида с остатком N-ацетилнейраминовой кислоты, дайте ему название.

✓ Перечислите стероидные соединения. Что является признаком стероидных соединений?

✓ Составьте формулу холестерина и дайте характеристику этому соединению.



✓ Составьте формулу желчной кислоты и её конъюгата, объясните биологическую роль желчных кислот.

✓ Дайте определение понятию «Витамины». Какова классификация витаминов?

✓ Перечислите методы определения витаминов в биожидкостях.

✓ Дайте характеристику витамину «Аскорбиновая кислота». Какими методами можно обнаружить этот витамин в биологических объектах?

✓ Дайте характеристику витамину «Тиамин» (строение витамина а кофермента, биологические функции, признаки авитаминозов, особенности применения в медицине).

✓ Опишите особенности химической структуры и биологические свойства рибофлавина.

✓ Опишите особенности химической структуры и биологические свойства цианокобаламина.

✓ Составьте описание особенностей структуры, биологической активности и признаков гипо- и авитаминоза для ретинола.

✓ Составьте описание особенностей структуры, биологической активности и признаков гипо- и авитаминоза для кальциферола.

✓ Составьте формулу НАД и покажите его переход из окисленной формы в восстановленную.

✓ Составьте формулу ФАД и покажите его переход из окисленной формы в восстановленную.

- ✓ Перечислите витаминоподобные соединения.
- ✓ Назовите известные вам антивитамины.
- ✓ Какова биологическая роль нижеперечисленных соединений: ПАБК, пангамовая кислота, инозитол, убихинон, S-метилметионин, липоевая кислот, холин
- ✓ Какова классификация гормонов?
- ✓ Дайте характеристику гормонов гипоталамуса.
- ✓ Дайте характеристику гормонов гипофиза.
- ✓ Дайте характеристику гормонов парашитовидных желез.
- ✓ Дайте характеристику гормонов щитовидной железы.
- ✓ Дайте характеристику гормонов поджелудочной железы.
- ✓ Дайте характеристику гормонов надпочечников.
- ✓ Дайте характеристику женских половых гормонов.
- ✓ Дайте характеристику мужских половых гормонов.
- ✓ Опишите структуру и биологические свойства простатгландинов.
- ✓ Опишите аденилатциклазную мессенджерную систему.
- ✓ Опишите гуанилатциклазную мессенджерную систему.
- ✓ Опишите  $\text{Ca}^{2+}$  – мессенджерную систему.
- ✓ Опишите механизм действия на клетку адреналина.
- ✓ Опишите механизм действия на клетку инсулина.
- ✓ Опишите механизм действия на клетку тестостерона.
- ✓ Опишите типичное проявление авитаминоза (по выбору).

✓ Опишите типичное проявление гипофункции железы (по выбору).

✓ Опишите типичное проявление гиперфункции железы (по выбору).

✓ Что такое эйкозаноиды?

✓ Объясните биологические эффекты простагландинов, лейкотриенов и тромбоксанов.

## 2. Контрольная работа

### 2.1. Логические задания

*Инструкция к выполнению заданий: выполнить письменную работу, вписав недостающие по смыслу слова, термины и формулы:*

1. **Аминокислоты** – производные карбоновых (органических) кислот, у которых один из атомов водорода у  $\alpha$ -углерода заменен на \_\_\_\_\_ группу; мономеры для биосинтеза \_\_\_\_\_.

2. **Ароматические аминокислоты** – аминокислоты, содержащие \_\_\_\_\_ кольцо; к ароматическим аминокислотам относят \_\_\_\_\_, тирозин, \_\_\_\_\_.

3. \_\_\_\_\_ аминокислоты не синтезируются в организме и должны поступать с пищей; к ним относят \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, лейцин, изолейцин, треонин, аргинин, гистидин, валин и метионин.

4. \_\_\_\_\_ аминокислоты не входят в состав природных белков; к ним относят (\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, цитруллин,  $\gamma$ -аминомасляную кислоту).

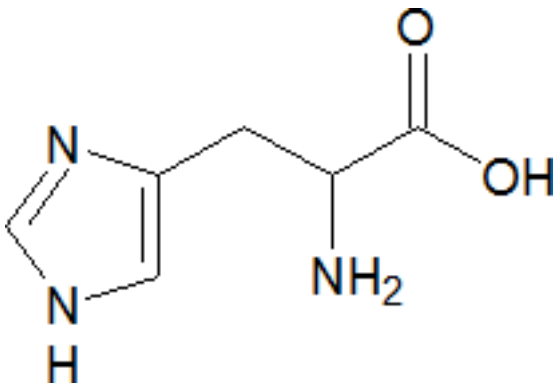
5. \_\_\_\_\_ ( **$\alpha$ -амино-5-гуанидиновалериановая кислота**) – условно незаменимая для человека аминокислота, входящая в состав многих белков и являющаяся промежуточным продуктом в процессе мочевинообразования; необходима для синтеза креатина, оксида азота и др.

6.  **$\alpha$ -Аланин** (\_\_\_\_\_ кислота) – заменимая, неполярная, гликогенная аминокислота; входит в состав белков.

Имеет формулу: \_\_\_\_\_

7. **Белки** – высокомолекулярные соединения, биополимеры, состоящие из остатков \_\_\_\_\_ соединенных \_\_\_\_\_ связями в определенной последовательности, и имеющие определённую структурную и пространственную организацию (\_\_\_\_\_, вторичную, \_\_\_\_\_ и четвертичную), обладающие структурной, каталитической, рецепторной, транспортной, защитной, сократительной и др. функциями.

8. Название аминокислоты:



9. \_\_\_\_\_ – название гетерогенной группы белков плазмы крови, растворимых в слабых растворах нейтральных солей и кислот и выпадающих в осадок при 50 % насыщении растворов сульфатом аммония.

10. **Глутатион** – трипептид, состоящий из остатков \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ кислоты и участвующий в окислительно-восстановительных реакциях.

11. **Ферменты (энзимы)** – биологические катализаторы \_\_\_\_\_ природы с регулируемой активностью; молекула фермента может быть простым или сложным \_\_\_\_\_. В сложном белке

(\_\_\_\_\_) присутствует небелковый компонент – \_\_\_\_\_.

**12.** \_\_\_\_\_ – уникальная комбинация аминокислотных остатков белковой молекулы, участвующих в присоединении и превращении субстрата, формируется на уровне третичной структуры. В нём выделяют субстратсвязывающий и \_\_\_\_\_ участки.

**13.** \_\_\_\_\_ – низкомолекулярное органическое соединение, являющееся составной частью сложного белка, обладающего каталитической активностью; большинство из них являются производными водорастворимых \_\_\_\_\_, а также нуклеозидов, пептидов и др.

**14. Константа** \_\_\_\_\_ ( $K_M$ ) – величина, характеризующая сродство фермента к \_\_\_\_\_; численно равна концентрации субстрата, при которой начальная скорость реакции составляет половину максимальной скорости ( $V_{max}$ ).

**15. Дегидрогеназы** – ферменты класса \_\_\_\_\_, катализирующие перенос водорода с окисляемого субстрата на другое вещество (косубстрат). Акцептором водорода часто выступают \_\_\_\_\_,  $NADP^+$ ,  $FAD$  и др.

**16.** \_\_\_\_\_ – генетически обу-

словленные множественные формы ферментов, которые катализируют одну и ту же реакцию, но различаются по \_\_\_\_\_, физико-химическим и каталитическим свойствам.

**17. Катал (кат)** – единица \_\_\_\_\_ активности фермента, способная осуществлять реакцию со скоростью, равной \_\_\_\_\_ моль в \_\_\_\_\_.

**18.** \_\_\_\_\_ – четвертый класс ферментов, катализирующих негидролитическое отщепление атомов или групп атомов ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и др.) от субстратов с образованием \_\_\_\_\_ связей и обратные реакции присоединения по \_\_\_\_\_ связям, а также реакции конденсации, не сопряженные с расщеплением пирофосфатной связи в молекуле нуклеозидтрифосфатов.

**19. Никотинамидадениндинуклеотид ( $\text{NAD}^+$ )** – кофермент некоторых оксидоредуктаз, состоящий из \_\_\_\_\_ и аденилового нуклеозидов, связанных через остатки \_\_\_\_\_ кислоты; окисленная форма  $\text{NAD}^+$  имеет положительный заряд на атоме азота пиримидинового кольца и способна восстанавливаться до  $\text{NADH}$  путем присоединения гидрид-иона.

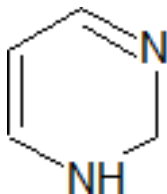
**20.** \_\_\_\_\_ – диагностика заболеваний, основанная на определении изменения активности ферментов (изоферментов) в биологических жидкостях и тканях; например, для панкреатита ха-



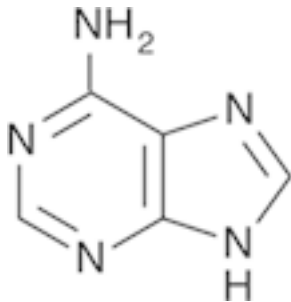
рактально повышение в плазме крови активности \_\_\_\_\_, для инфаркта миокарда – активности креатинкиназы, \_\_\_\_\_ и др.

**21. Азотистые основания** – общее название азотсодержащих \_\_\_\_\_ органических соединений, входящих в состав \_\_\_\_\_ и нуклеотидов.

**22.** \_\_\_\_\_ (см. формулу) – азотсодержащее шестичленное гетероциклическое соединение, входящее в состав \_\_\_\_\_ нуклеозидов и \_\_\_\_\_.

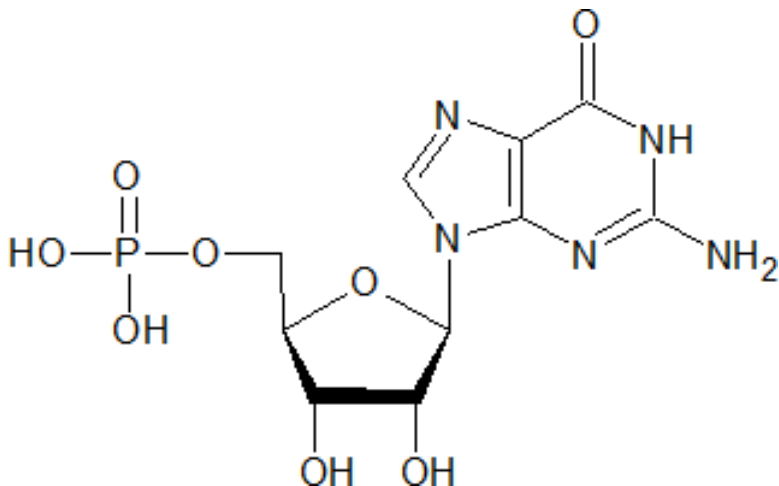


**23.** \_\_\_\_\_ (6-аминопурин) – пуриновое основание, содержащееся в составе пуриновых нуклеотидов, нуклеозидов и их производных. В генетическом коде обозначается заглавной буквой \_\_\_\_.



**24.** \_\_\_\_\_ **азотистые основания** – видоизмененные азотистые основания, отличающиеся по строению от аденина, гуанина, урацила и тимина; к ним относятся N<sup>6</sup>-метиладенин, N-метилгуанин, дигидроурацил и др.

**25.** \_\_\_\_\_ – моонуклеотид, состоящий из гуанина и пентозы, связанной с одной молекулой фосфорной кислоты; структурный компонент нуклеиновых кислот.



26. \_\_\_\_\_

– биополимер, состоящий из нуклеотидов, содержащих дезоксирибозу; локализуется преимущественно в ядре клеток; является носителем генетической информации.

27. \_\_\_\_\_ – фермент класса лигаз, ка-

тализирующий образование фосфодиэфирных связей в местах разрыва одной цепи двухцепочечной ДНК.

28. \_\_\_\_\_ – фермент класса трансфе-

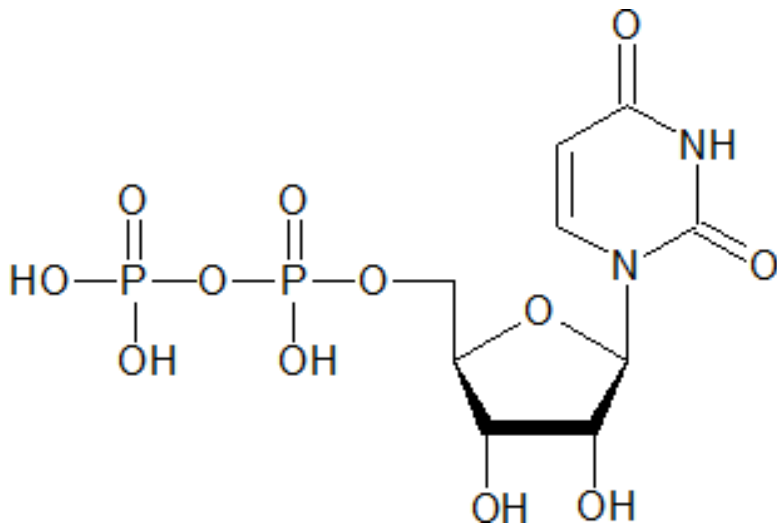
раз, катализирующий образование комплементарной цепи из дезоксинуклеозидтрифосфатов на матричной цепочке ДНК.

29.

Назвать

химическое

соединение:



30. Нуклеопротейны – сложные белки, простетическая группа которых представлена \_\_\_\_\_ или \_\_\_\_\_ (дезоксирибонуклеопротейны) кислотой; являются составной частью \_\_\_\_\_ и рибосомы; обладают каталитической активностью (малые ядерные рибонуклеопротейны).

31. \_\_\_\_\_ кислота (птероилглутамино-

**вая кислота)**

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.