

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра общей, биоорганической и биологической химии**

# **ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ БИОХИМИИ**

## **(для самостоятельной работы)**

**Учебно-методическое пособие**  
**для студентов 2 курса всех факультетов**  
**учреждений высшего медицинского образования**

**В двух частях**

**Часть 1**

**Гомель**  
**ГомГМУ**  
**2018**

УДК 577.1 (072)

ББК 28. 072 я73

П 26

**Авторы:**

*М. В. Громыко, И. А. Никитина, О. С. Логвинович, А. И. Грищук*

**Рецензенты:**

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой биологической химии

Гродненского государственного медицинского университета

***В. В. Лелевич;***

кандидат химических наук, доцент,  
заведующая кафедрой химии

Гомельского государственного университета им Ф. Скорины

***Н. И. Дроздова***

**Первый уровень биохимии (для самостоятельной работы):**

П 26 учеб.-метод. пособие для студентов 2 курса всех факультетов учреждений высшего медицинского образования / М. В. Громыко [и др.]. — Гомель, ГомГМУ, 2018. — Ч. I. — 84 с.

ISBN 978-985-588-081-4

В первой части учебно-методического пособия приведены задания разного уровня сложности по разделам биологической химии «Ферменты», «Биологическое окисление», «Биохимия углеводов» и «Биохимия липидов». Материал пособия содержит иллюстрации, таблицы, схемы метаболических реакций и процессов, требующие самостоятельной доработки. Может быть использовано на лабораторно-практических занятиях по биологической химии, а также для самостоятельной подготовки студентов к итоговым занятиям и экзамену.

Предназначено для студентов 2 курса всех факультетов учреждений высшего медицинского образования.

Утверждено и рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 28 февраля 2018 г., протокол № 1.

УДК 577.1 (072)

ББК 28. 072 я73

ISBN 978-985-588-081-4 (Ч. 1)

ISBN 978-985-588-083-8

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный  
медицинский университет», 2018

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список условных обозначений .....	4
Предисловие .....	6
<b>РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В БИОХИМИЮ</b> .....	7
<i>Занятие 1.</i> Вводное занятие. Введение в биохимию .....	7
<i>Занятие 2.</i> Строение и функции белков .....	8
<b>РАЗДЕЛ 2. ЭНЗИМОЛОГИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ</b> .....	13
<i>Занятие 3.</i> Ферменты-1. Строение, свойства и классификация ферментов .....	13
<i>Занятие 4.</i> Ферменты-2. Механизм действия ферментов .....	17
<i>Занятие 5.</i> Ферменты-3. Медицинская энзимология .....	24
<i>Занятие 6.</i> Биологическое окисление-1. Цикл Кребса. Пути потребления кислорода в организме .....	26
<i>Занятие 7.</i> Биологическое окисление-2. Тканевое дыхание. Окислительное фосфорилирование. Микросомальное и перекисное окисление .....	30
<i>Занятие 8.</i> Итоговое занятие по разделам «Введение в биохимию», «Энзимология и биологическое окисление» .....	37
<b>РАЗДЕЛ 3. БИОХИМИЯ УГЛЕВОДОВ</b> .....	38
<i>Занятие 9.</i> Углеводы-1. Химия углеводов. Переваривание и всасывание. Метаболизм гликогена, фруктозы и галактозы .....	38
<i>Занятие 10.</i> Углеводы-2. Тканевой обмен углеводов. Анаэробный и аэробный гликолиз .....	44
<i>Занятие 11.</i> Углеводы-3. Тканевой обмен углеводов. Глюконеогенез. Пентозофосфатный путь .....	49
<i>Занятие 12.</i> Углеводы 4. Регуляция уровня глюкозы в крови. Патология углеводного обмена .....	53
<i>Занятие 13.</i> Итоговое занятие по разделу «Биохимия углеводов» .....	60
<b>РАЗДЕЛ 4. БИОХИМИЯ ЛИПИДОВ</b> .....	62
<i>Занятие 14.</i> Липиды-1. Классификация, биологические функции. Переваривание и всасывание. Обмен липопротеидов .....	62
<i>Занятие 15.</i> Липиды-2. Тканевой обмен липидов. Катаболизм триацилглицеролов. Метаболизм кетоновых тел .....	70
<i>Занятие 16.</i> Липиды-3. Биосинтез липидов. Регуляция и патология липидного обмена .....	75
<i>Занятие 17.</i> Итоговое занятие по разделу «Биохимия липидов» .....	80
Литература .....	81
Ответы на вопросы кроссвордов .....	82

## СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АДГ	— алкогольдегидрогеназа
АДФ	— аденозин-5'-дифосфорная кислота
АК	— аминокислоты
АКТГ	— адренокортикотропный гормон
АЛТ	— аланинаминотрансфераза
АОЗ	— антиоксидантная защита
АПБ	— ацилпереносящий белок
АСТ	— аспаратаминотрансфераза
АТФ	— аденозин-5'-трифосфорная кислота
АФК	— активные формы кислорода
АХАТ	— ацил-КоА-холестерол-ацилтрансфераза
АЦС	— аденилатциклазная система
БО	— биологическое окисление
ВММ	— внутренняя мембрана митохондрий
Гл	— глюкоза
Гл-6-ф	— глюкозо-6-фосфат
Гн	— глицерол
ГНГ	— глюконеогенез
ГЭПР	— гладкий эндоплазматический ретикулум
ДАГ	— диацилглицерол
ДАФ	— диоксиацетонфосфат
ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
ДЦ	— дыхательная цепь
ЖК	— жирные кислоты
иРНК	— информационная (матричная) рибонуклеиновая кислота
ИФ <sub>3</sub>	— инозитол-3-фосфат
α-КГ	— альфа-кетоглутаровая кислота
КТ	— кетоновые тела
КФК (КК)	— креатинфосфокиназа
ЛДГ	— лактатдегидрогеназа
ЛПВП	— липопротеиды высокой плотности
ЛПЛ	— липопротеинлипаза
ЛПНП	— липопротеиды низкой плотности
ЛПОНП	— липопротеиды очень низкой плотности
ЛППП	— липопротеиды промежуточной плотности
ЛХАТ	— лецитинхолестеринацилтрансфераза
МАГ	— моноацилглицерол
ММП	— межмембранное пространство
Мх	— митохондрия
МЭОС	— микросомальная этанолокисляющая система
ОА	— оксалоацетат
ОВП	— окислительно-восстановительный потенциал
ОВР	— окислительно-восстановительные реакции

ОФ	— окислительное фосфорилирование
ПВК	— пировиноградная кислота
ПВКДГ	— пируватдегидрогеназный (комплекс)
ПК А	— протеинкиназа А (цАМФ-зависимая протеинкиназа)
ПЛ	— печёночная липаза
ПФП	— пентозофосфатный путь
СД	— сахарный диабет
СТГ	— соматотропный гормон
ТАГ	— триацилглицерол
3-ФГА	— 3-фосфоглицериновый альдегид
ФЕП	— фосфоенолпировиноградная кислота
ФКУ	— фенилкетонурия
ФЛ	— фосфолипиды
Фн	— фосфат неорганический
Фр-1,6-диф	— фруктозо-1,6-дифосфат
Фр-6-ф	— фруктозо-6-фосфат
ХМ	— хиломикрон
ХС	— холестерол
цАМФ	— циклическая аденозин-3',5'-монофосфорная кислота
ЦНС	— центральная нервная система
ЦТК	— цикл трикарбоновых кислот
ШЭПР	— шероховатый эндоплазматический ретикулум
ЩУК	— щавелевоуксусная кислота или оксалоацетат
ЭПР	— эндоплазматический ретикулум
ЭПС	— эндоплазматическая сеть
ЭХС	— эфиры холестерина
В <sub>2</sub>	— рибофлавин
FAD	— окисленный флавинадениндинуклеотид
FAD H <sub>2</sub>	— восстановленный флавинадениндинуклеотид
FMN	— окисленный флавиномононуклеотид
FMNH <sub>2</sub>	— восстановленный флавиномононуклеотид
SGLT	— шероховатый натрий-глюкозный транспортёр
GLUT	— глюкозный транспортёр
K <sub>m</sub>	— константа Михаэлиса
LT	— лейкотриены
NAD <sup>+</sup>	— окисленный никотинамидадениндинуклеотид
NADH <sup>+</sup>	— окисленный никотинамидадениндинуклеотидфосфат
PG	— простагландины
PP	— витамин В <sub>5</sub> , или ниацин
R <sub>f</sub>	— относительная подвижность белка
S	— субстрат
ТХА	— тромбоксаны

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов 2 курса учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело», 1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело». Содержание и объем пособия соответствует требованиям образовательных стандартов по специальностям высшего медицинского образования первой степени 1-79 01 01 «Лечебное дело» и 1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело» и типовым учебным планам для учебной дисциплины «Биологическая химия».

Первая часть включает задания различного уровня сложности по ферментативному катализу, биоэнергетике, метаболизму углеводов и липидов. В пособие включены материалы 17 занятий, объединенных в 4 раздела. В конце каждого раздела представлены обобщающие итоговые занятия, включающие вопросы по всему разделу.

Учебно-методическое пособие может быть использовано для самостоятельной подготовки студентов к занятиям, а также преподавателями на занятиях для оценки знаний студентов. Удачное сочетание текстового и иллюстративного материала позволит студентам значительно лучше усвоить материал для формирования необходимых компетенций по изучаемой дисциплине.

# РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В БИОХИМИЮ

## Занятие 1

**Тема:** Вводное занятие. Введение в биохимию

**Цель занятия:** знакомство с правилами внутреннего распорядка на кафедре биологической химии, со структурой изучаемого предмета.

**Практическая часть:**

### 1. Введение в биохимию

**Задание 1.1** — Дайте определение понятию «биохимия».

**Задание 1.2** — Приведите примеры, отражающие значение биохимии для врача.

### 2. Характеристика обмена веществ

**Задание 2.1** — Нарисуйте схему обмена веществ (рисунок 1.1.) и дайте определение понятиям «анаболизм», «катаболизм», «метаболизм».



Рисунок 1.1 — Схема обмена веществ

**Задание 2.2** — Нарисуйте схему превращения субстратов БО (рисунок 1.2).

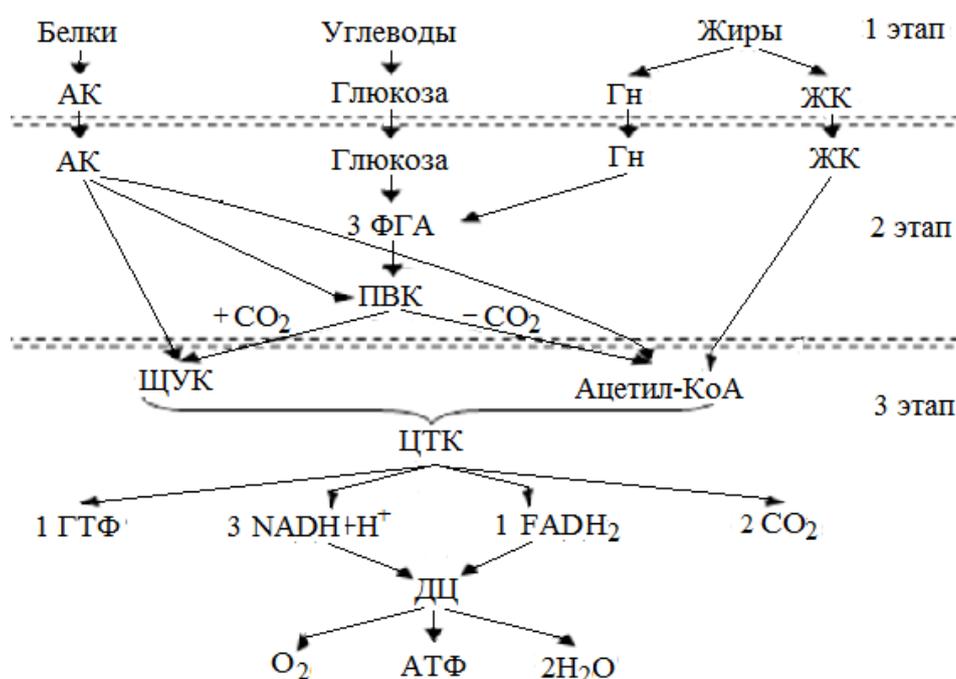


Рисунок 1.2 — Схема превращения субстратов биологического окисления

**Задание 2.3** — Пользуясь рисунком 1.2. напишите схемы цепочек последовательного превращения веществ для: а) анаболизма, б) катаболизма, в) метаболизма.

**3. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 2

**Тема:** Строение и функции белков

**Цель занятия:** изучение структуры и физико-химических свойств белков

**Практическая часть:**

### 1. Функции белка

**Задание 1.1** — Заполните таблицу 2.1.

Таблица 2.1 — Функции белка

Функции белка	Примеры
1.	
2.	
3. ... и т. д.	

## 2. Уровни организации белковой молекулы

### 2.1. Первичная структура белка

**Задание 2.1.1** — Дайте определение понятию «первичная структура белка».

**Задание 2.1.2** — Приведите примеры следующих пептидов, отметьте пептидную связь: а) трипептида; б) пентапептида.

### 2.2. Вторичная структура белка

**Задание 2.2.1** — Дайте определение понятию «вторичная структура белка».

**Задание 2.2.2** — Нарисуйте схематично  $\alpha$ -спираль и  $\beta$ -структуру (рисунок 2.1) и укажите на рисунке водородные связи.

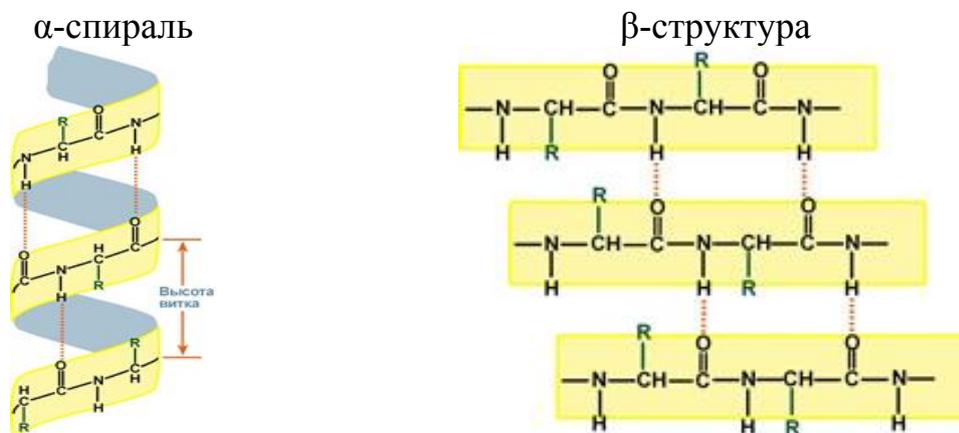


Рисунок 2.1 — Вторичная структура белка

### 2.3. Третичная структура белка

**Задание 2.3.1** — Дайте определение понятию «третичная структура белка».

**Задание 2.3.2** — Запишите химическими символами следующие тетрапептиды радикалами навстречу друг другу и укажите все возможные связи: а) тир-асп-фен-цис; б) тре-лиз-ала-цис.

### 2.4. Четвертичная структура белка

**Задание 2.4.1** — Дайте определение понятию «четвертичная структура белка».

**Задание 2.4.2** — Изобразите схематично четвертичную структуру белка на примере гемоглобина (рисунок 2.2).

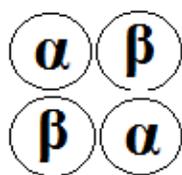


Рисунок 2.2 — Четвертичная структура молекулы белка гемоглобина

### 3. Фолдинг белка

**Задание 3.1** — Дайте определение понятиям «фолдинг», «мисфолдинг», «шапероны».

**Задание 3.2** — Изобразите схему фолдинга белка (рисунок 2.3) и поясните действия белков шаперонов.

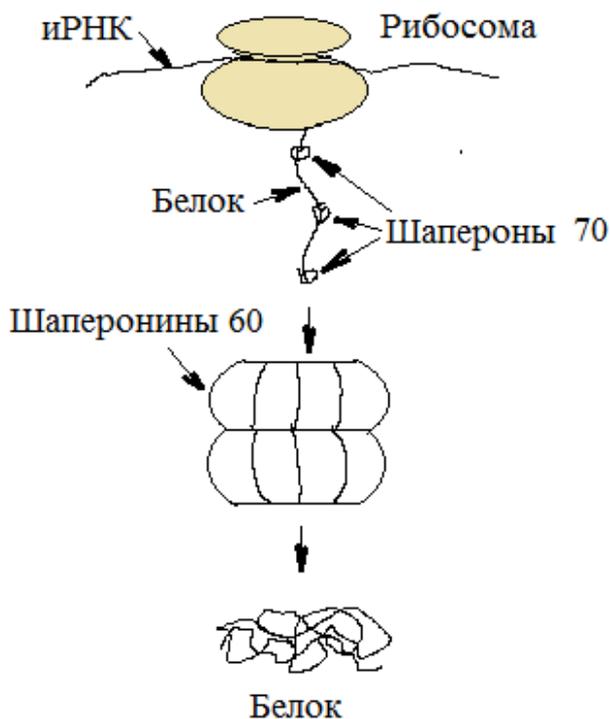


Рисунок 2.3 — Схема фолдинга белка

## 4. Методы выделения белка

### 4.1. Высаливание (рисунок 2.4)

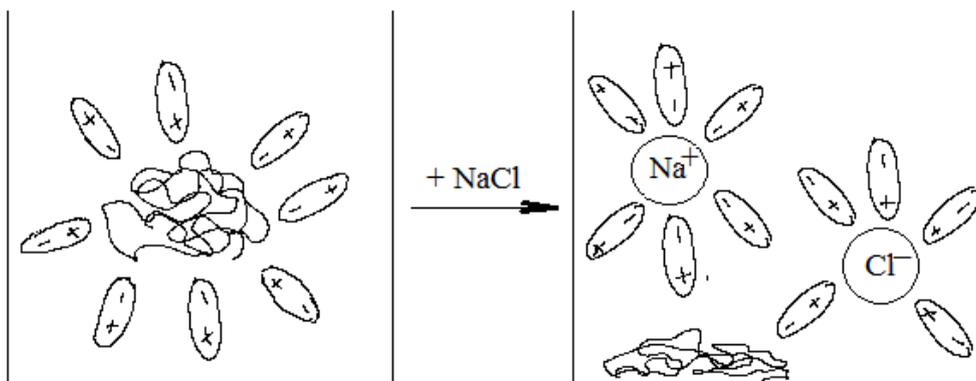


Рисунок 2.4 — Схема механизма высаливания белков из их водных растворов

**Задание 4.1.1** — Дайте определение понятию «высаливание».

**Задание 4.1.2** — Отметьте на рисунке 2.4 молекулу белка, диполи воды (гидратную оболочку), ионы соли, выпавший в осадок белок.

**Задание 4.1.3** — Дополните предложения, выбрав правильные варианты из предложенных ниже:

- а) методом высаливания получаем .....фракции;
- б) альбумины (выпадают в осадок при ..... % насыщении раствора);
- в) глобулины (выпадают в осадок при ..... % насыщении раствора);
- г) фибриноген (остается в растворе и ..... в осадок).

Предлагаемые варианты ответов:

- а) 2, 3, 5;
- б) 30 %, 50 %, 100 %;
- в) 30 %, 50 %, 100 %;
- г) выпадает в осадок, не выпадает в осадок.

### 4.2. Электрофорез

**Задание 4.2.1** – Дайте определение понятию «электрофорез».

**Задание 4.2.2** – Дополните схему электрофореза белка (рисунок 2.5) следующими терминами: буферный раствор, анод, катод, полоска фильтровальной бумаги, образец белка.

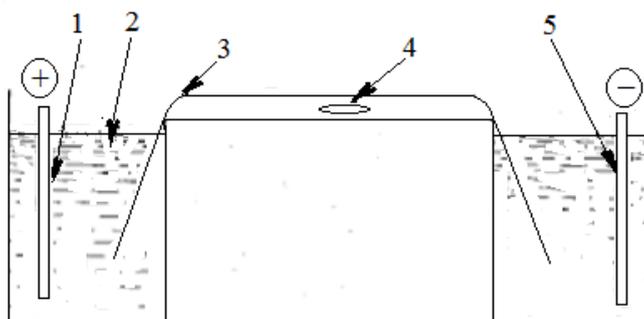


Рисунок 2.5 — Электрофорез белка

**Задание 4.2.3** — Пользуясь материалом учебника, выпишите 5 фракций, получаемых методом электрофореза.

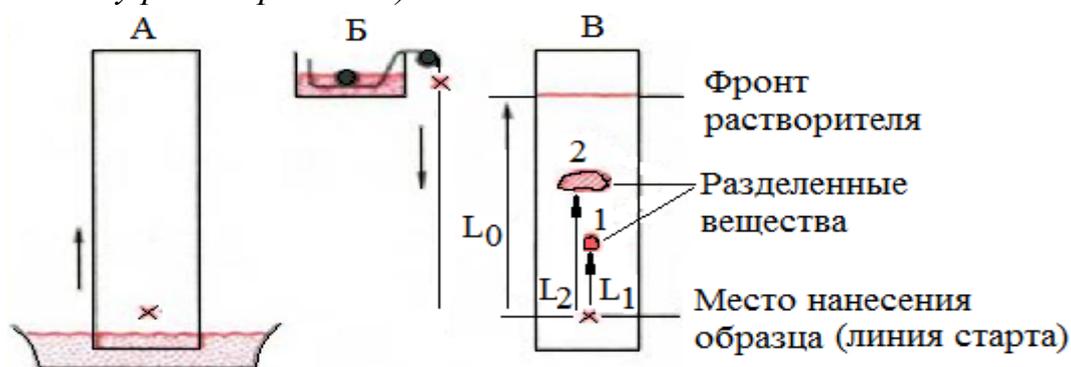
**Задание 4.2.4** — Решите задачу: Какой заряд будут иметь, и каким образом будут перемещаться (к аноду или катоду) в электрическом поле следующие олигопептиды при pH 7,5: а) арг-вал-гис-лиз; б) лиз-глу-тре-арг; в) гли-тир-вал-сер; г) асп-лиз-вал-сер.

### 4.3. Хроматография

**Задание 4.3.1** — Дайте определение понятию «хроматография».

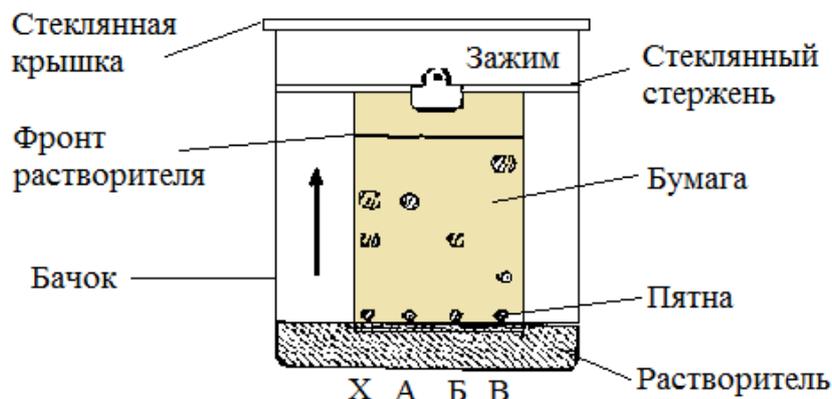
**Задание 4.3.2** — Укажите виды хроматографии.

**Задание 4.3.3** — Поясните суть хроматографии на бумаге, используя рисунок 2.6 и 2.7. Укажите какое из разделяемых веществ (1 или 2) на рисунке 2.6 обладает большей относительной подвижностью ( $R_f$  — отношение расстояния, пройденного белком от линии старта к расстоянию, пройденному растворителем).



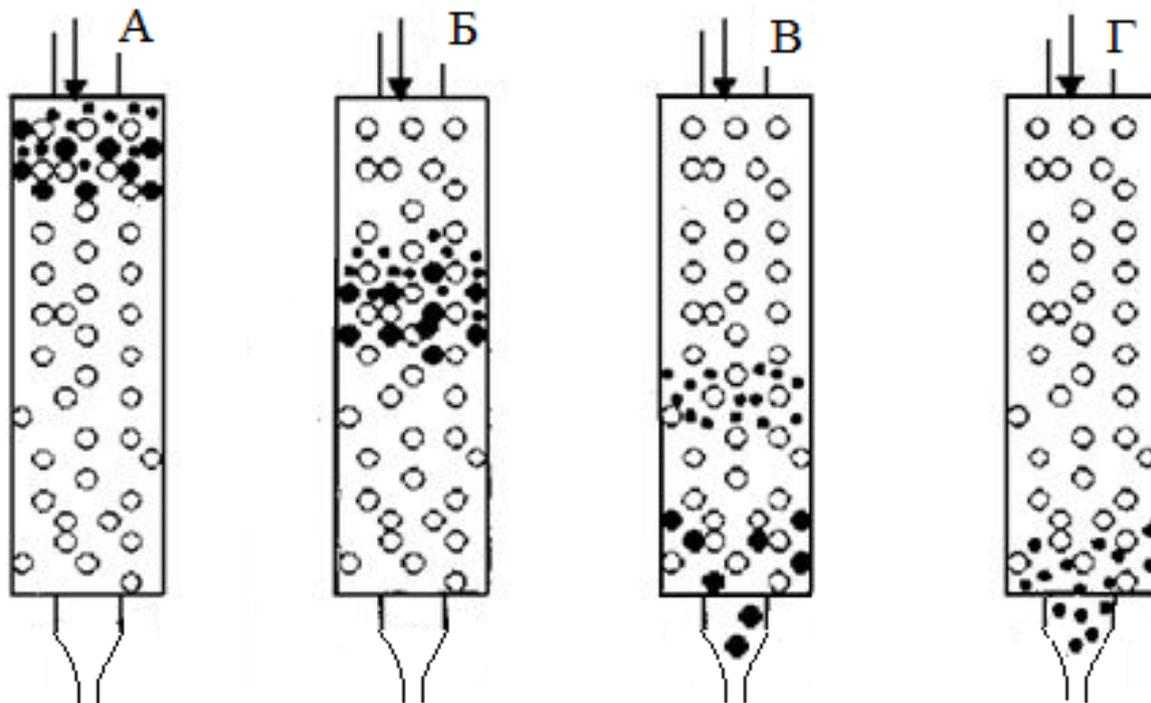
**Рисунок 2.6** — Хроматография на бумаге:

*A* — восходящая хроматография; *B* — нисходящая хроматография;  
*B* — хроматограмма с разделенными и окрашенными веществами  
 (где:  $L_1$ ,  $L_2$  — расстояние, пройденное белком от линии старта;  
 $L_0$  — расстояние, пройденное растворителем)



**Рисунок 2.7** — Восходящая хроматография на бумаге. Пятно X принадлежит неизвестному веществу. Пятна А, Б и В принадлежат известным веществам, используемым для сравнения. Хроматограмма показывает, что вещество X содержит компоненты А и Б

**Задание 4.3.4** — Поясните суть гель-хроматографии, используя рисунок 2.8.



**Рисунок 2.8** — Гель — хроматография:

*А — ввод образца; Б — разделение по размерам; В — выход крупных макромолекул;  
Г — выход мелких макромолекул*

**5. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## РАЗДЕЛ 2. ЭНЗИМОЛОГИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

### Занятие 3

**Тема: Ферменты-1. Структура, свойства и классификация ферментов**

**Цель занятия:** сформировать представление о строении, свойствах и классификации ферментов.

**Практическая часть:**

#### 1. Понятие о ферментах

**Задание 1.1** — Дайте определение понятиям «катализ», «катализатор», «фермент».

**Задание 1.2** — Поясните и дополните схему рисунка 3.1:

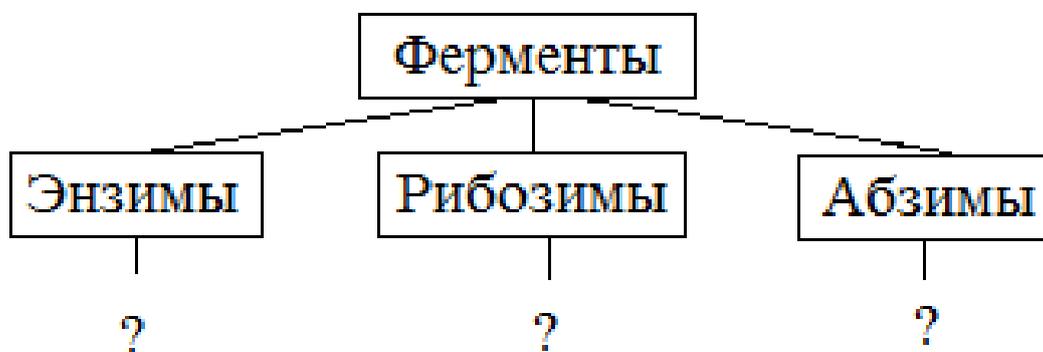


Рисунок 3.1 — Виды биологических катализаторов

#### 2. Особенности ферментативного катализа (свойства ферментов)

**Задание 2.1:** Дополните предложения, выбирая правильные варианты ответов из предлагаемых ниже:

- действуют в «мягких» условиях (температура - .....; pH - .....);
- ускоряют химические реакции за счет .....
- начать самостоятельно реакцию они .....
- после реакции .....
- действуют в ..... концентрациях;
- специфичны.

Предлагаемые варианты ответов:

- 20–30 °С; 37–40 °С; 90–100 °С; 3, 6,8–7; 12–13;
- увеличения энергии активации, уменьшения энергии активации;
- могут, не могут;
- увеличиваются в концентрации, уменьшаются в концентрации, концентрация не меняется;
- высоких, очень высоких, низких;
- да, нет.

### 3. Строение ферментов

**Задание 3.1** — Дополните предложения следующими терминами: простетическая группа, апофермент, кофактор, кофактор, кофермент, кофермент, сложные, простые.

- а) ферменты бывают ..... и .....
- б) сложные ферменты имеют в своем составе белковую часть (.....) и небелковую часть (.....);
- в) небелковая часть представлена в виде .....(прочно связана с белковой частью) и ..... (слабые связи с белковой частью);
- г) ионы металлов входят в состав ....., а производные витаминов в состав .....

**Задание 3.2** — Обобщите задание 3.1 в виде самостоятельно составленной схемы.

**Задание 3.3** — Приведите примеры коферментов, заполнив таблицу 3.1.

Таблица 3.1 — Участие витаминов в построении коферментов

	Витамин	Кофермент
B <sub>2</sub>	(формула B <sub>2</sub> )	(формула FMN и FAD)
PP	(формула PP)	(формула NAD и NADP)

### 4. Структурно-функциональная организация фермента

**Задание 4.1** — Дополните рисунок 3.2 следующими понятиями: фермент, субстрат, якорная площадка, каталитический центр, активный центр, аллостерический центр, активатор, ингибитор.

**Задание 4.2** — Укажите функции якорной площадки, каталитического центра, субстратного центра, аллостерического центра, активатора, ингибитора.

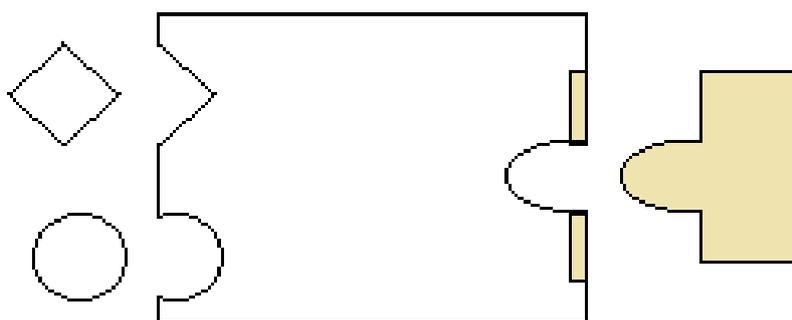


Рисунок 3.2 — Структурно-функциональная организация фермента

### 5. Органоспецифические ферменты

**Задание 5.1** — Дайте определение понятию «органоспецифические ферменты», укажите их биологическую роль.

**Задание 5.2** — Заполните таблицу 3.2.

Таблица 3.2. — Органоспецифические ферменты

№	Орган (ткань)	Фермент(ы)
1	Мозг	
2	Миокард	
3	Скелетная мышца	
4	Печень	
5	Поджелудочная железа	
6	Костная ткань	
7	Почки	
8	Простата	

### 6. Локализация ферментов в клетке. Маркерные ферменты

**Задание 6.1** — Дайте определение понятию «маркерные ферменты», укажите их биологическую роль.

**Задание 6.2** — На рисунке 3.3 обозначьте органеллы (клеточная мембрана, цитозоль, ядро, гладкая ЭПС, шероховатая ЭПС, митохондрии, лизосомы, комплекс Гольджи) и укажите маркерные ферменты органелл (в скобках).

**Задание 6.3** — Подчеркните маркерные ферменты.

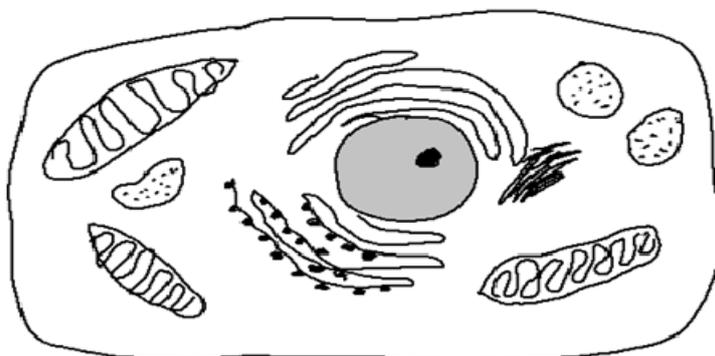


Рисунок 3.3 — Строение эукариотической клетки

### 7. Номенклатура и классификация ферментов

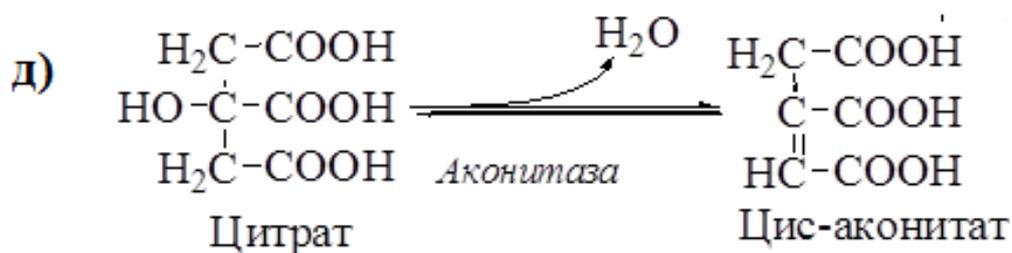
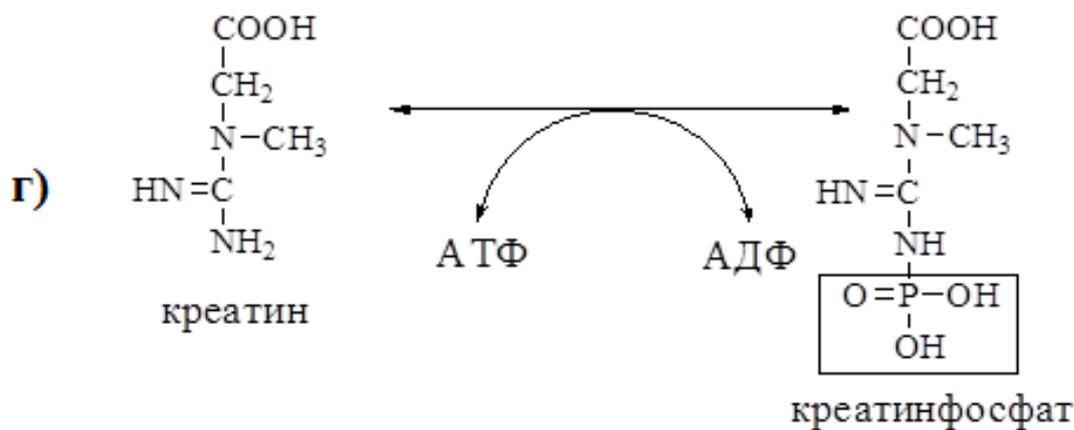
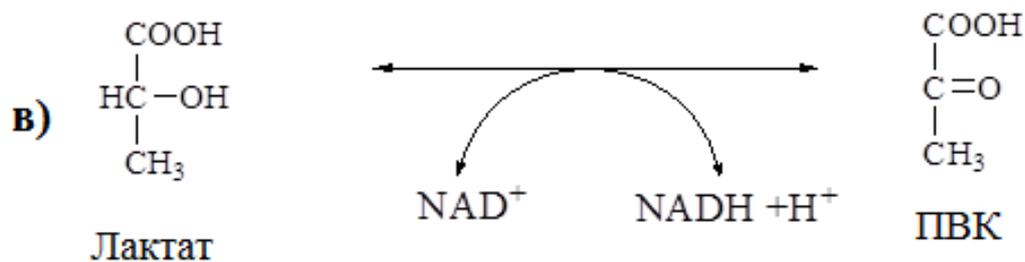
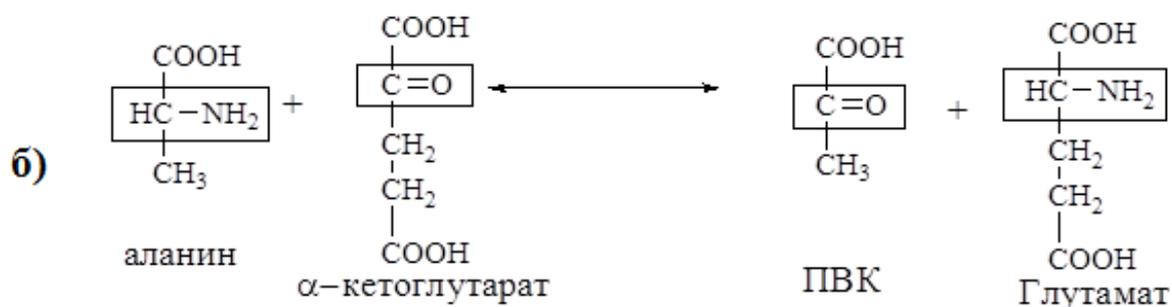
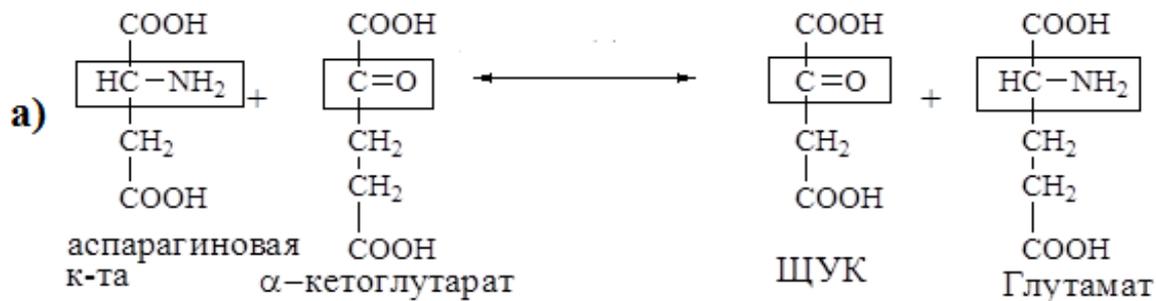
**Задание 7.1** — Заполните таблицу 3.3.

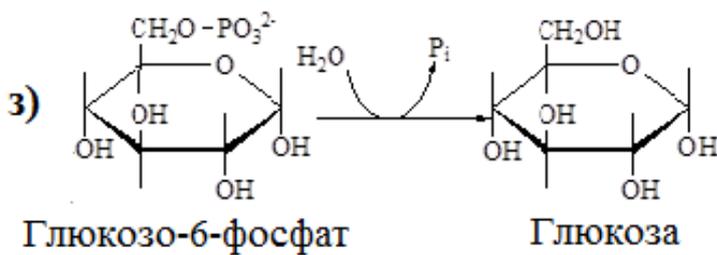
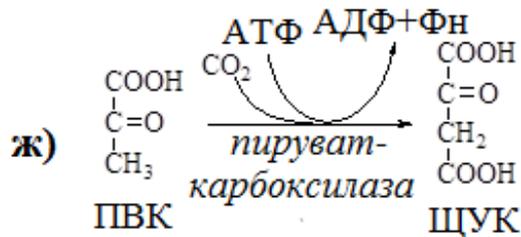
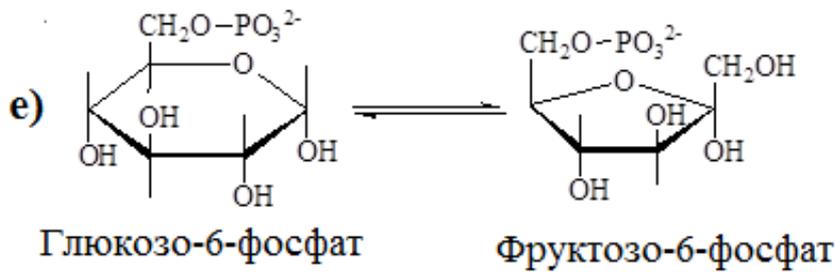
Таблица 3.3 — Классы ферментов

Номер класса	Название класса	Тип катализируемой реакции
1		
2		
3		
4		
5		
6		

**Задание 7.2** — Приведите примеры реакций для каждого класса ферментов, используя задание 7.3.

**Задание 7.3** — Назовите недостающие ферменты в реакциях, приведенных ниже:





**8. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

#### Занятие 4

**Тема: Ферменты-2. Механизм действия ферментов**

**Цель занятия:** сформировать представление о механизме действия ферментов

**Практическая часть:**

#### 1. Механизм действия ферментов

##### 1.1. Гипотеза Фишера («ключ – замок»)

**Задание 1.1.1** — Поясните суть гипотезы Фишера, рассмотрев рисунок 4.1.

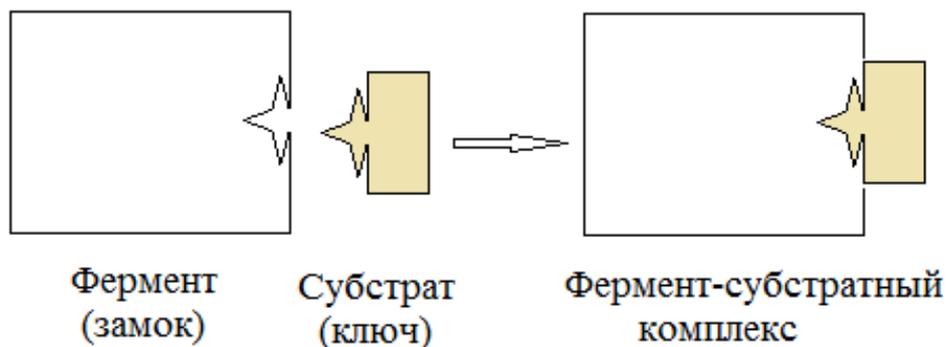


Рисунок 4.1 — Гипотеза Э. Фишера («ключ-замок», гипотеза «жесткой матрицы»)

## 1.2. Гипотеза Кошланда («рука-перчатка»)

**Задание 1.2.1** — Поясните суть гипотезы Кошланда, рассмотрев рисунок 4.2.

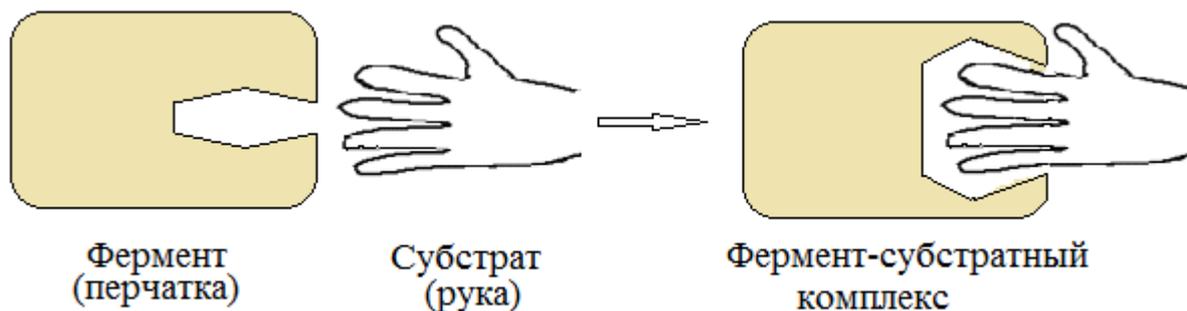


Рисунок 4.2 — Гипотеза Д. Кошланда («рука-перчатка», гипотеза «индуцированного соответствия»)

## 1.3. Теория промежуточных соединений

**Задание 1.3.1** — Поясните суть теории промежуточных соединений, рассмотрев рисунок 4.3.

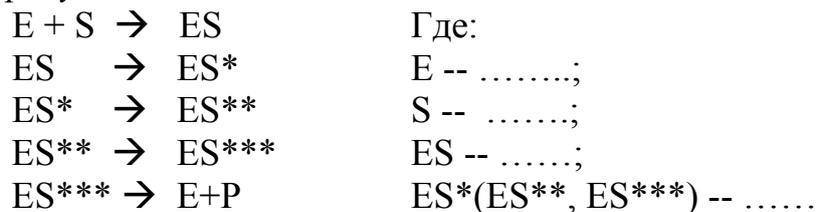


Рисунок 4.3 — Теория промежуточных соединений

## 2. Кинетика ферментативных реакций (факторы, влияющие на скорость ферментативных реакций)

### 2.1. Зависимость от температуры

**Задание 2.1.1** — Покажите на графике температурный оптимум (укажите нужную величину) и поясните график на рисунке 4.4.

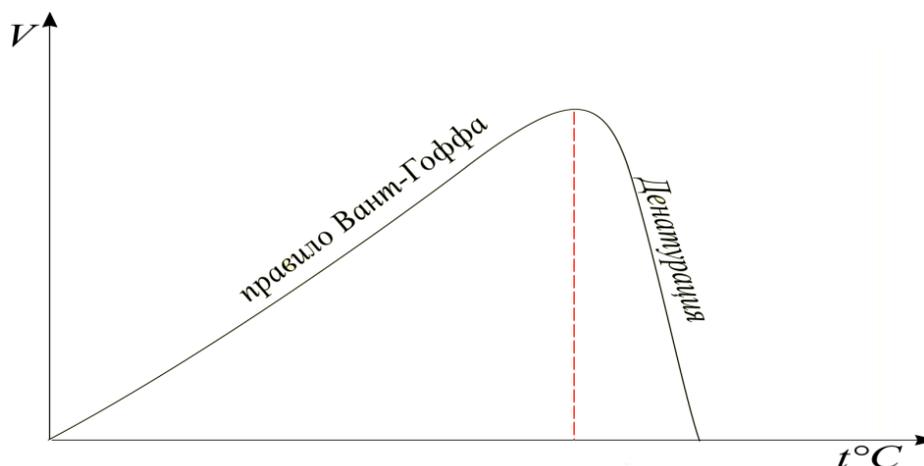


Рисунок 4.4 — Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры

## 2.2. Зависимость от рН

**Задание 2.2.1** — Покажите на графике оптимум рН (укажите нужную величину), поясните график на рисунке 4.5.

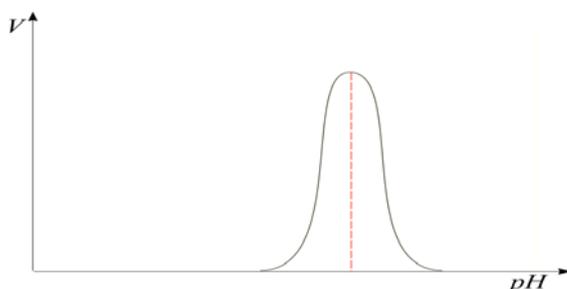


Рисунок 4.5 — Зависимость скорости ферментативной реакции от рН

## 2.3. Зависимость от концентрации фермента

**Задание 2.3.1** — Поясните график на рисунке 4.6.

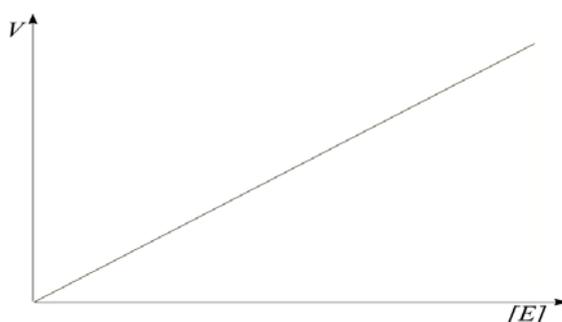


Рисунок 4.6 — Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации фермента

## 2.4. Зависимость от концентрации субстрата

**Задание 2.4.1** — Поясните график на рисунке 4.7, дайте определение константы Михаэлиса, укажите физиологический смысл  $K_m$ .

**Задание 2.4.2** —  $K_m$  транспортеров глюкозы в клетки следующая: для мозга 1 мМоль/л, для мышц 5 мМоль/л, для печени 10 мМоль/л. Нарисуйте графики с указанием  $K_m$  этих транспортеров, поясните физиологический смысл отличий в их  $K_m$ .

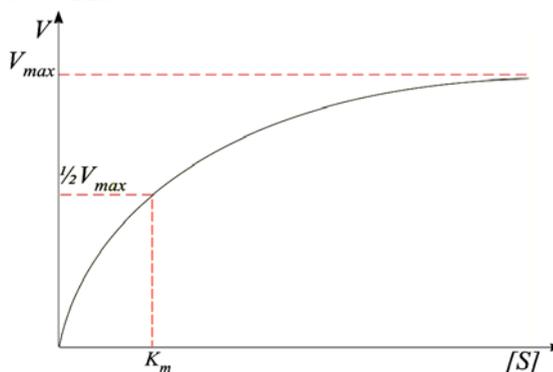


Рисунок 4.7 — Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата (константа Михаэлиса)

## 2.5. Энергия активации и энергетический барьер

**Задание 2.5.1** — Дайте определение понятиям «энергия активации» и «энергетический барьер».

**Задание 2.5.2** — Укажите на графике (рисунок 4.8.) энергию системы начальную ( $E_{\text{нач.}}$ ), энергию системы конечную ( $E_{\text{кон.}}$ ), энергию максимальную ( $E_{\text{макс.}}$ ), энергетический барьер, энергию активации ( $E_{\text{акт.}}$ ) без катализатора, энергию активации с катализатором.

**Задание 2.5.3** — Поясните, за счет чего снижается  $E_{\text{активации}}$  ферментативной реакции.

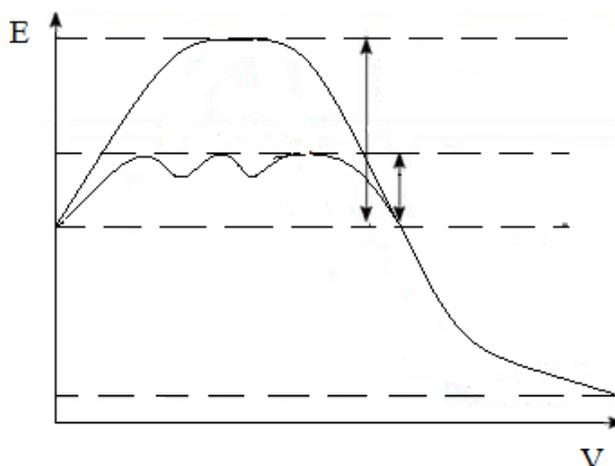


Рисунок 4.8 — Энергия активации и энергетический барьер

## 3. Регуляция активности ферментов

**3.1. Принцип обратной отрицательной связи (принцип ретроингибирования)**

**Задание 3.1.1** — Поясните принцип обратной отрицательной связи, рассмотрев схему рисунка 4.9.

**Задание 3.1.2** — Объясните физиологическое значение обратной отрицательной связи.

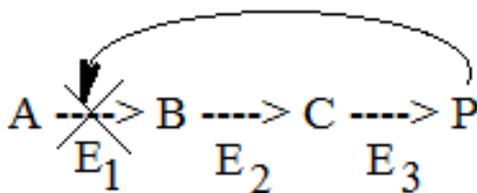


Рисунок 4.9 — Принцип обратной отрицательной связи

## 3.2. Ограниченный протеолиз

**Задание 3.2.1** — Приведите 3 примера превращения проферментов в ферменты.

**Задание 3.2.2** — Объясните физиологическое значение превращения проферментов в ферменты, рассмотрев рисунок 4.10.

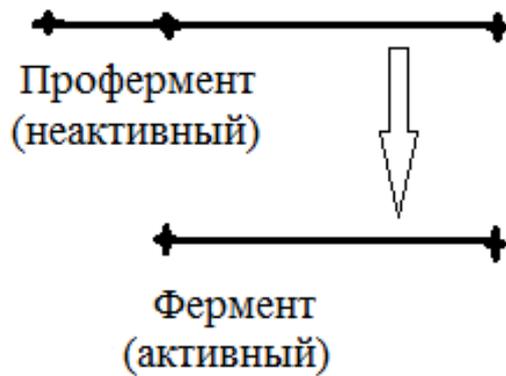


Рисунок 4.10 — Схема реакции ограниченного протеолиза

### 3.3. Действие ингибиторов

**Задание 3.3.1** — Дополните схему рисунка 4.11 следующими терминами: обратимые, специфические, аллостерический, изостерический, конкурентный, неконкурентный.

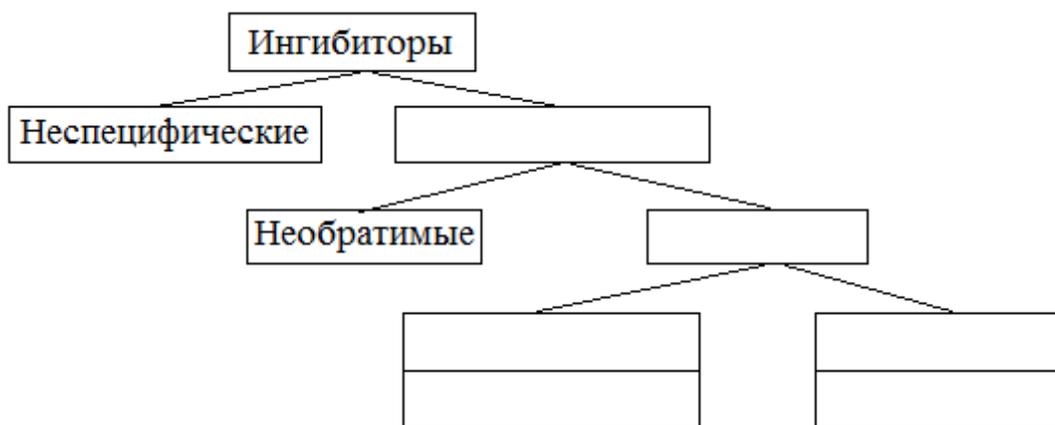


Рисунок 4.11 — Виды ингибиторов

**Задание 3.3.2** — Рассмотрите рисунок 4.12 и объясните механизм действия неконкурентных ингибиторов.

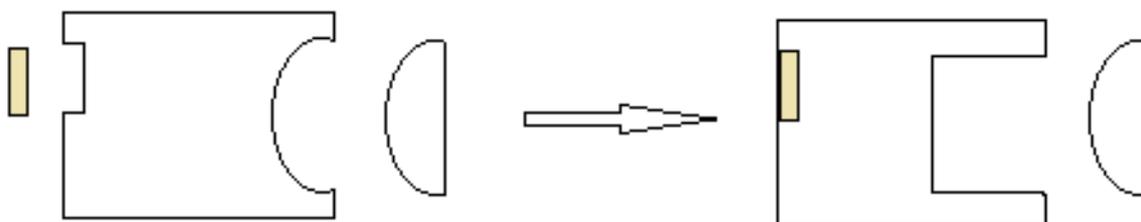


Рисунок 4.12 — Действие неконкурентных ингибиторов на ферментативную реакцию

**Задание 3.3.3** — Рассмотрите рисунок 4.13 и объясните механизм действия конкурентных ингибиторов.

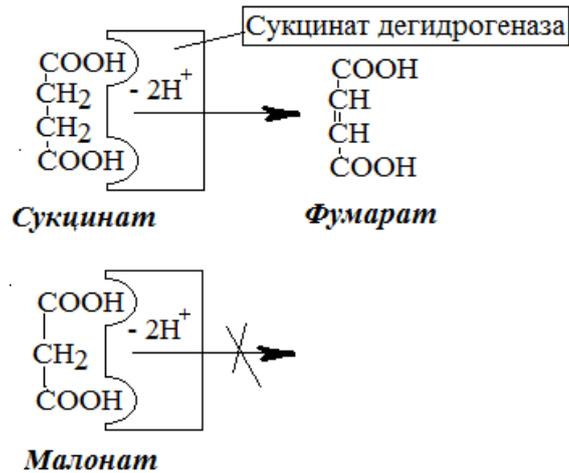


Рисунок 4.13 — Действие конкурентных ингибиторов

### 3.4. Действие активаторов

**Задание 3.4.1** — Рассмотрите рисунок 4.14. и объясните механизм действия активаторов.

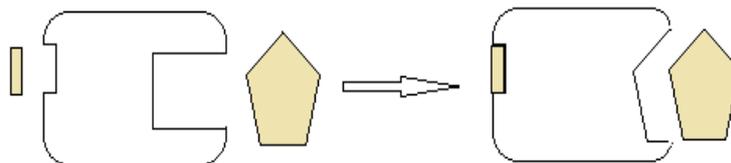


Рисунок 4.14 — Действие активаторов на ферментативную реакцию

### 3.5. Регуляция гормонами

#### 3.5.1. Аденилатциклазный путь регуляции активности фермента

**Задание 3.5.1.1** — Найдите и обозначьте на схеме рисунка 4.15 протеинкиназу А, аденилатциклазу, G-белок, гормон, рецептор.

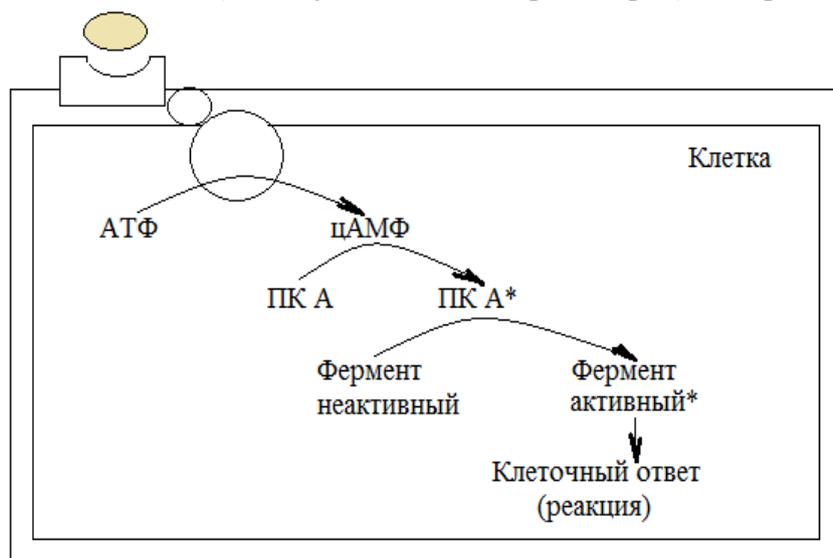


Рисунок 4.15 — Схема аденилатциклазного пути регуляции метаболизма

**Задание 3.5.1.2** — Поясните суть процесса регуляции с помощью аденилатциклазного механизма.

### 3.5.2. Инозитолтрифосфатный путь регуляции метаболизма

**Задание 3.5.2.1** — Найдите и обозначьте на схеме рисунка 4.16 лейкотриены, простагландины, тромбоксаны, ЭПР, фосфотидилинозитол, фосфатидилинозитолдифосфат, инозитол-3-фосфат, ДАГ.

**Задание 3.5.2.2** — Обозначьте на схеме рисунка 4.16 разными цветами пути регуляции вторичных посредников ИФ<sub>3</sub>, ДАГ, РГ, ЛТ, ТХА.

**Задание 3.5.2.3** — Поясните суть процесса регуляции с помощью инозитолтрифосфатного механизма (рисунок 4.16).

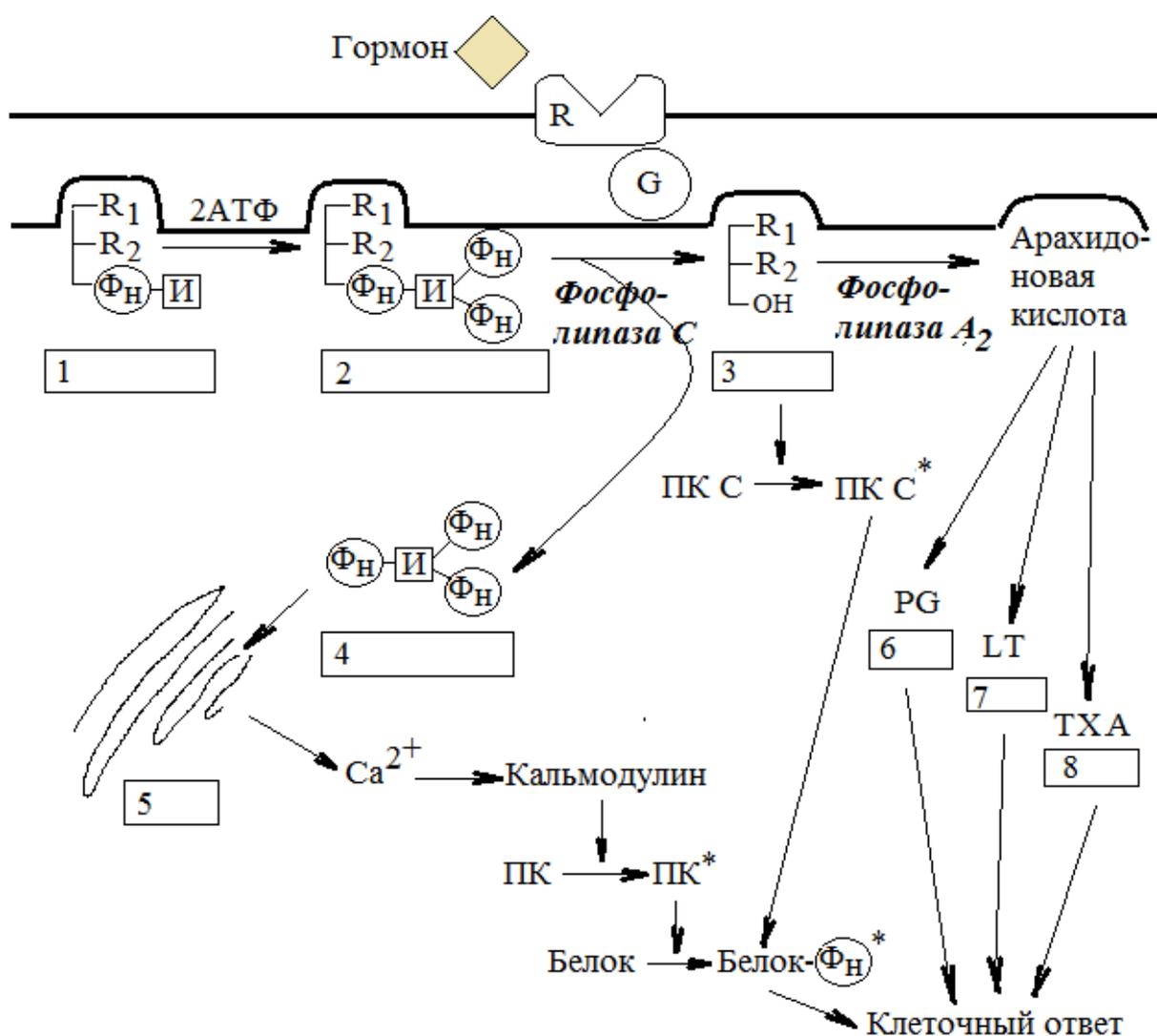


Рисунок 4.16 — Инозитолтрифосфатный путь регуляции метаболизма

**4. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 5

### Тема: Ферменты-3. Медицинская энзимология

Цель занятия: сформировать представление об основных аспектах и проблемах медицинской энзимологии.

#### Практическая часть:

#### 1. Основные направления клинической энзимологии

**Задание 1.1** — Рассмотрите рисунок 5.1 и назовите основные направления медицинской энзимологии.

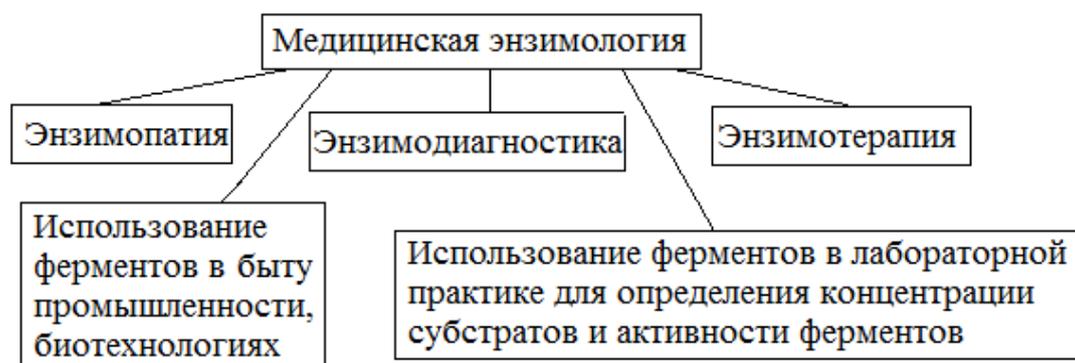


Рисунок 5.1 — Основные направления медицинской энзимологии

#### 1.1. Энзимодиагностика. Изоферменты

##### 1.1.1. Изоформы лактатдегидрогеназы (ЛДГ)

**Задание 1.1.1.1** — Напишите реакцию, катализируемую ЛДГ.

**Задание 1.1.1.2** — Выберите правильные утверждения:

ЛДГ — димер/тетрамер, состоит из двух/четырех субъединиц. Виды субъединиц: Н, М, В.

**Задание 1.1.1.3** — Заполните таблицу 5.1.

Таблица 5.1 — Изоформы лактатдегидрогеназы

Расположение субъединиц					
Виды ЛДГ	ЛДГ 1				
Энзимодиагностика заболеваний					

##### 1.1.2. Изоформы креатинфосфокиназы (КФК)

**Задание 1.1.2.1** — Напишите реакцию, катализируемую КФК.

**Задание 1.1.2.2** — Выберите правильные утверждения:

КФК — димер/тетрамер, состоит из двух/четырех субъединиц. Виды субъединиц: Н, М, В.

**Задание 1.1.2.3** — Заполните таблицу 5.2.

Таблица 5.2 — Изоформы креатинфосфокиназы

Расположение субъединиц			
Виды КФК			
Энзимодиагностика заболеваний			

### 1.1.3. Использование ферментов в энзимодиагностике

**Задание 1.1.3.1** — Дайте определение понятию «энзимодиагностика».

**Задание 1.1.3.2** — Приведите примеры использования ферментов для диагностики (заполните таблицу 5.3).

Таблица. 5.3 — Примеры применения ферментов в энзимодиагностике

Фермент (изофермент)	Орган, при повреждении которого содержание фермента в крови увеличивается
АЛТ	
АСТ	
Амилаза	
ЛДГ <sub>1,2</sub>	
ЛДГ <sub>3</sub>	
ЛДГ <sub>4,5</sub>	
КФК <sub>1</sub>	
КФК <sub>2</sub>	
КФК <sub>3</sub>	
Кислая фосфатаза	
Щелочная фосфатаза	

**Задание 1.1.3.3** — Рассмотрев рисунок 5.2 заполните таблицу 5.4.

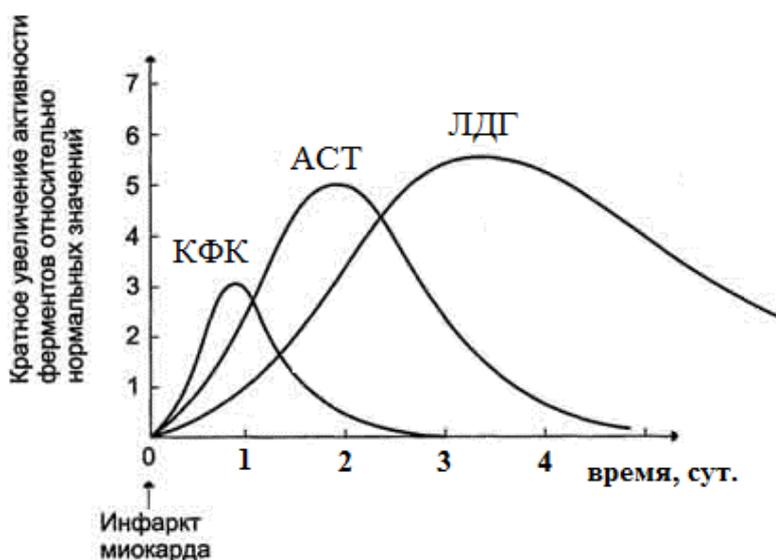


Рисунок 5.2 — Изменение активности некоторых ферментов в плазме крови при инфаркте миокарда

Таблица 5.4 — Изменение активности ферментов в плазме крови при инфаркте миокарда

Фермент	Пик активности, сутки
КФК	
АСТ	
ЛДГ	

## 1.2. Энзимопатии

**Задание 1.2.1** — Дайте определение понятию «энзимопатии».

**Задание 1.2.2** — Дополните рисунок 5.3 следующими терминами: первичные, вторичные, приобретенные, наследственные, токсические, алиментарные.



Рисунок 5.3 — Виды энзимопатий

**Задание 1.2.3** — Приведите 2 примера энзимопатий, укажите причину заболевания, опишите клинические проявления (примеры энзимопатий: ФКУ, болезнь «черных пеленок» (алкаптонурия), болезнь «голубых пеленок», болезнь «кленового сиропа», галактоземия, альбинизм).

## 1.3. Энзимотерапия

**Задание 1.3.1** — Дать определение понятию «энзимотерапия».

**Задание 1.3.2** — Привести примеры использования ферментов для лечения заболеваний.

**2. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 6

**Тема:** Биологическое окисление-1. Цикл Кребса. Пути потребления кислорода в организме

**Цель занятия:** сформулировать современные представления о путях и механизмах получения, депонирования и утилизации энергии в живых организмах.

**Практическая часть:**

### 1. История развития учений о биологическом окислении

**Задание 1.1** — Дайте краткую характеристику следующим теориям:

а) теория активации кислорода (Баха — Энглера);

б) теория активации водорода (Палладина — Виланда).

**Задание 1.2** — Ответьте на следующие вопросы:

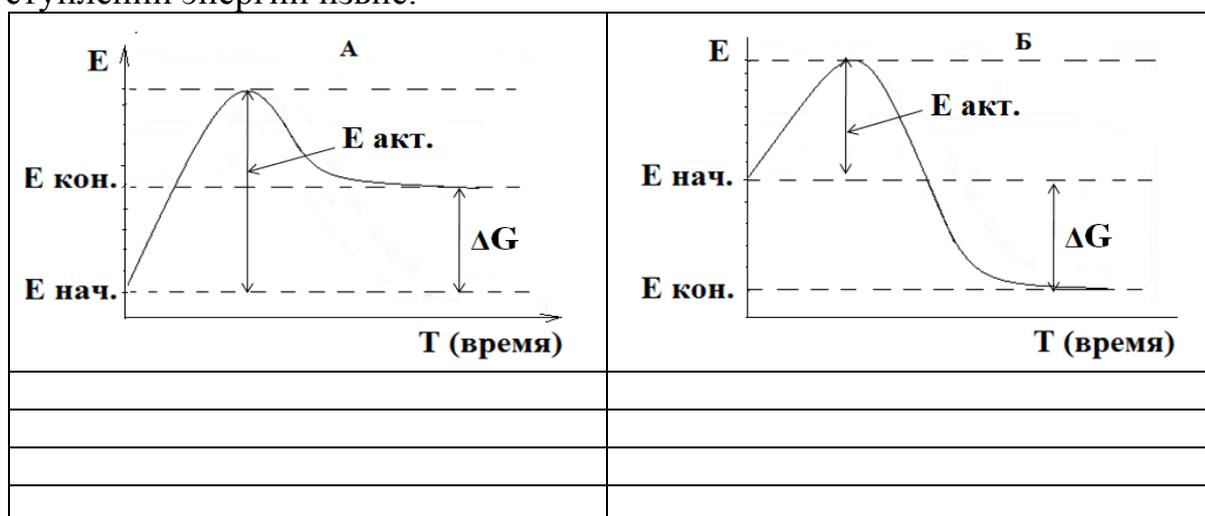
а) Какой закон термодинамики дает возможность рассчитать изменение энергии при разных состояниях системы?

б) Какой закон термодинамики дает возможность оценить спонтанность протекания химических реакций в биологических системах?

в) Каким образом можно использовать энергию Гиббса ( $\Delta G$ ) для оценки направления протекания реакций? Записать формулу выражения свободной энергии ( $\Delta G$ ).

**Задание 1.3** — Рассмотрите и дополните схемы на рисунке 6.1, вставьте в соответствующие колонки следующие понятия:

- реакция с поглощением энергии/реакция с выделением энергии;
- реакция экзергоническая/реакция эндергоническая;
- энергия Гиббса отрицательная/энергия Гиббса положительная;
- реакция протекает самопроизвольно/реакция протекает при поступлении энергии извне.



**Рисунок 6.1.** — Сравнительная характеристика изменений энергий Гиббса при эндергонических и экзергонических реакциях

## 2. Макроэргические соединения, строение АТФ, причины макроэргичности

**Задание 2.1** — Объяснить понятие «сопряженность биохимических реакций» на примере образования Гл-б-ф (фосфорилирования Гл). Для этого необходимо:

а) закончить уравнение реакции: Глюкоза +  $P_i = \dots$  ( $\Delta G = 13,8$  кДж/моль).

б) записать уравнение гидролиза АТФ ( $\Delta G$  гидролиза АТФ =  $-30,5$  кДж/моль).

в) записать суммарное (сопряженное) уравнение активации (фосфорилирования) Гл.

г) сделать вывод о том, что такое «сопряженность биохимических реакций» и «макроэргические соединения».

**Задание 2.2** — Рассмотрите структурную формулу АТФ (рисунок 6.2) и выполните следующие задания:

- напишите развернутое название вещества;
- подпишите цифры на рисунке 6.1;
- запишите причины макроэнергичности АТФ.

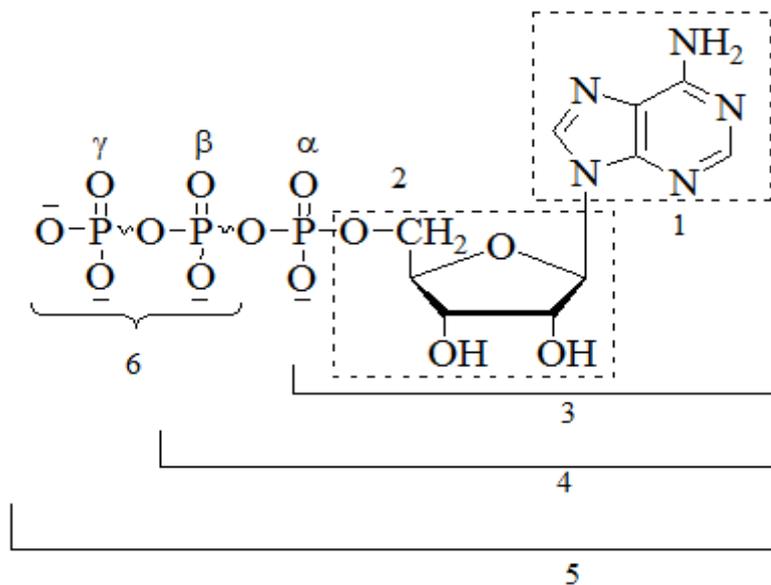


Рисунок 6.2 — Строение молекулы АТФ

**Задание 2.3** — Разобрать самостоятельно основные способы получения и функции АТФ и дополнить схему на рисунке 6.3.

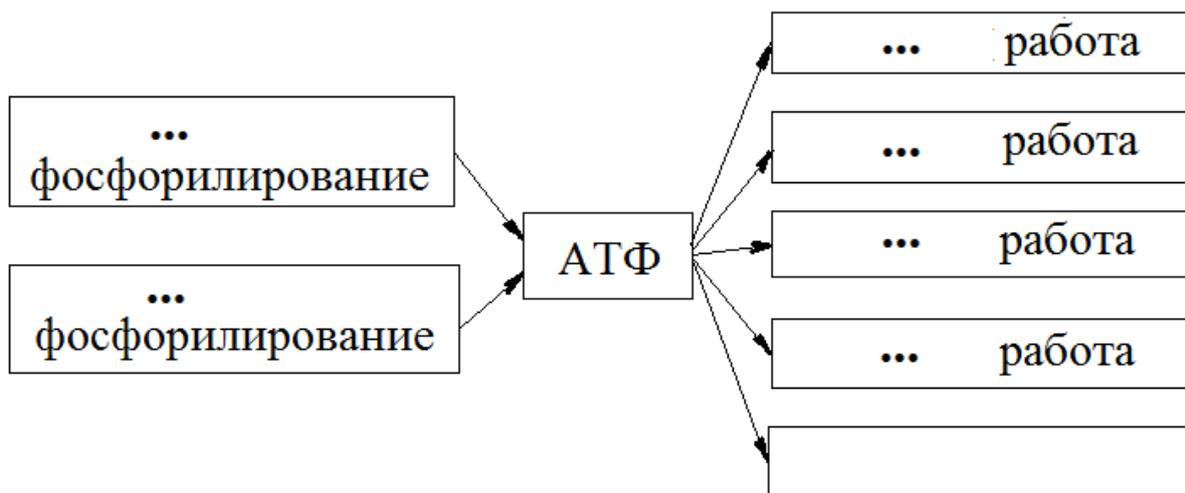


Рисунок 6.3 — Способы получения и использования АТФ

### 3. Субстраты биологического окисления. Этапы биологического окисления — цитоплазматический и митохондриальный

**Задание 3.1** — Дать определение понятиям «биологическое окисление» и «субстраты биологического окисления».

**Задание 3.2** — Записать общую схему окисления субстратов БО (рисунок 1.2) и отметить:

- этапы БО, количество депонируемой энергии, %;
- общие и специфические пути катаболизма.

**4. Цикл трикарбоновых кислот (Кребса) как общий конечный пункт утилизации субстратов биологического окисления**

**Задание 4.1** — Дополните схему на рисунке 6.4.



**Рисунок 6.4** — Биологическая роль цикла трикарбоновых кислот

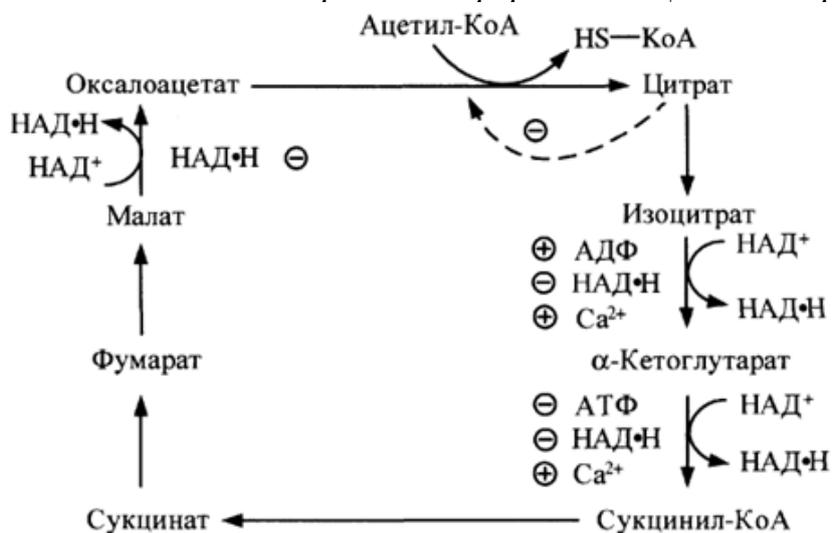
**Задание 4.2** — Рассмотрите в учебнике последовательность реакции цикла трикарбоновых кислот (ЦТК) и выполните следующие задания:

- выписать NAD-зависимые реакции ЦТК;
- выписать FAD-зависимые реакции ЦТК;
- выписать реакцию субстратного фосфорилирования ЦТК;
- заполнить таблицу 6.1;
- записать суммарное уравнение ЦТК.

**Таблица 6.1** — Характеристика некоторых реакции цикла трикарбоновых кислот

№ реакции	Субстрат	Продукт	Фермент (полиферментный комплекс)	Кофермент(ы)	Класс фермента

**Задание 4.3** — Рассмотрите рисунки 6.5 и 4.13 и сделайте выводы о регуляции ЦТК, запишите аллостерические ферменты ЦТК и их эффекторы.



**Рисунок 6.5** — Аллостерическая регуляция цикла Кребса

## 5. Пути утилизации кислорода в организме

**Задание 5.1** — Дополните схему на рисунке 6.6, указав пути потребления кислорода и доли его использования в процентах.

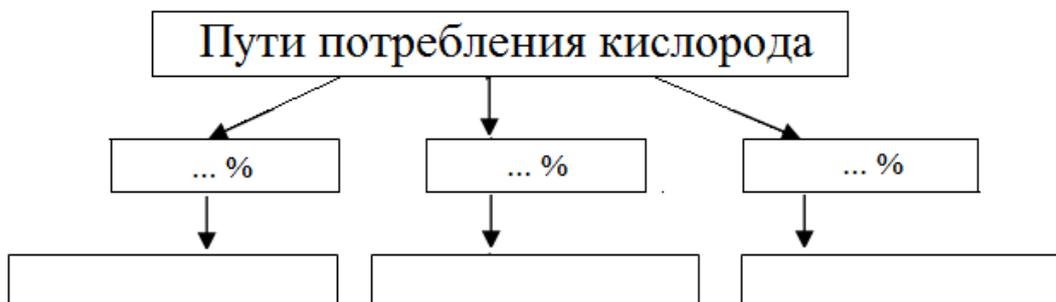


Рисунок 6.6 — Пути потребления кислорода в организме

**6. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 7

**Тема:** Биологическое окисление-2. Тканевое дыхание. Окислительное фосфорилирование. Митохондриальное и перекисное окисление

**Цель занятия:** сформулировать современные представления о механизмах получения, депонирования и утилизации энергии в живых организмах, путях потребления кислорода в организме в норме и при патологии.

**Практическая часть:**

### 1. Митохондриальный путь потребления кислорода

#### 1.1. Локализация митохондриальной дыхательной цепи

**Задание 1.1.1** — Укажите на рисунке 7.1 наружную и внутреннюю мембраны, кристы, межмембранное пространство, матрикс.

**Задание 1.1.2** — Покажите на рисунке 7.1 локализацию ферментов ЦТК, ДЦ.

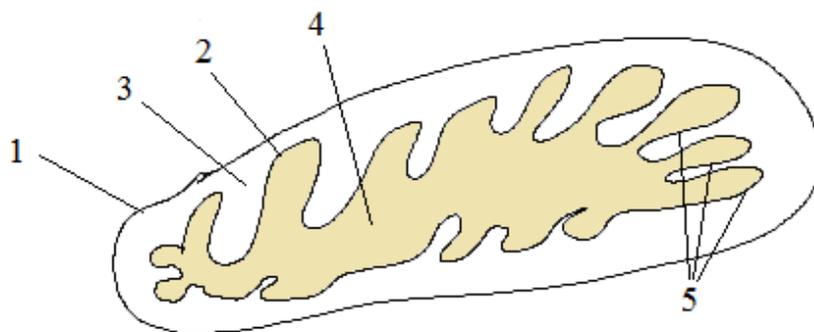


Рисунок 7.1 — Схема строения митохондрии

#### 1.2. Строение митохондриальной дыхательной цепи

**Задание 1.2.1** — Дополните схему рисунка 7.2 предложенными терминами: изоцитрат, сукцинат,  $\alpha$ -КГ, малат.

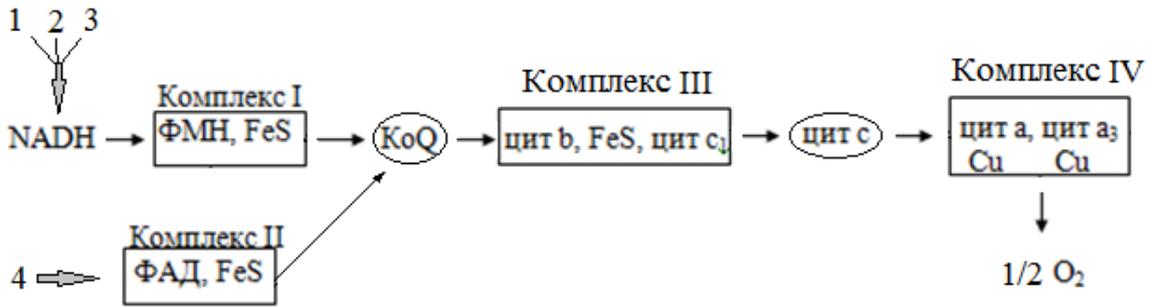


Рисунок 7.2 — Схема строения митохондриальной дыхательной цепи

**Задание 1.2.2** — Запишите названия комплексов ДЦ митохондрий (I — NADH-убихинон-оксидоредуктаза; II — Сукцинат-убихинон-оксидоредуктаза (сукцинатДГ); III — Убихинол-цитохром-С-оксидоредуктаза; IV — Цитохром-С-оксидаза; V — АТФ-синтаза).

**Задание 1.2.3** — Рассмотрите рисунок 7.3 и выполните следующие задания:

а) дайте определение ОВП и обоснуйте принцип расположения переносчиков в ДЦ Мх;

б) подпишите цифры 1-7 следующими терминами:  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $4\text{H}^+$ ; сукцинат;  $2\text{H}^++2\text{H}^+$ ;  $2\text{H}^+$ ;  $\text{NAD}^+$ ; АТФ;

в) выделите красным цветом комплексы ДЦ, ответственные за формирование трансмембранного электрохимического потенциала ( $\Delta\mu\text{H}^+$ ) — пункты сопряжения. Помните, что градиент электрохимического потенциала ( $\Delta\mu\text{H}^+$ ) в мембране митохондрии представлен двумя компонентами:  $\Delta\text{pH}$  (протонный градиент) и  $\Delta\psi$  (мембранный, электрический потенциал).

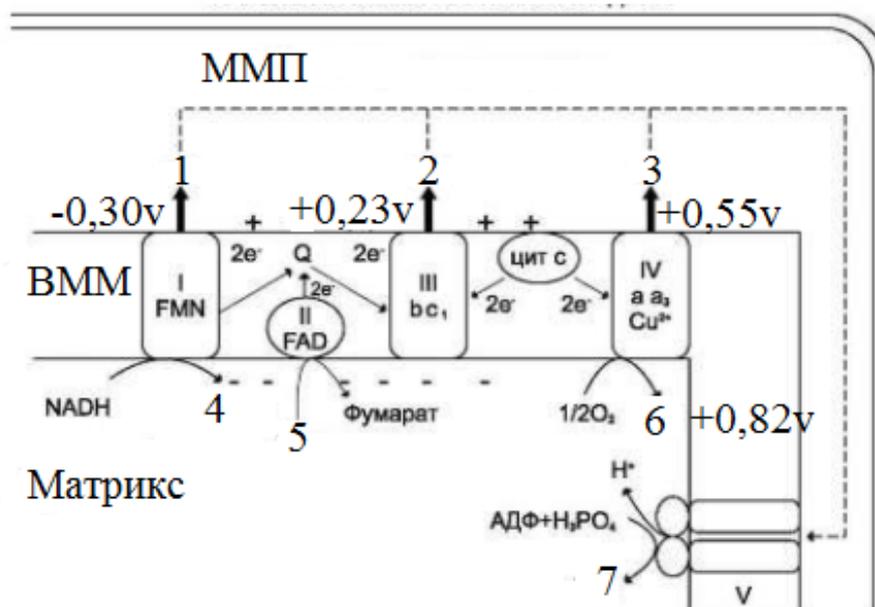
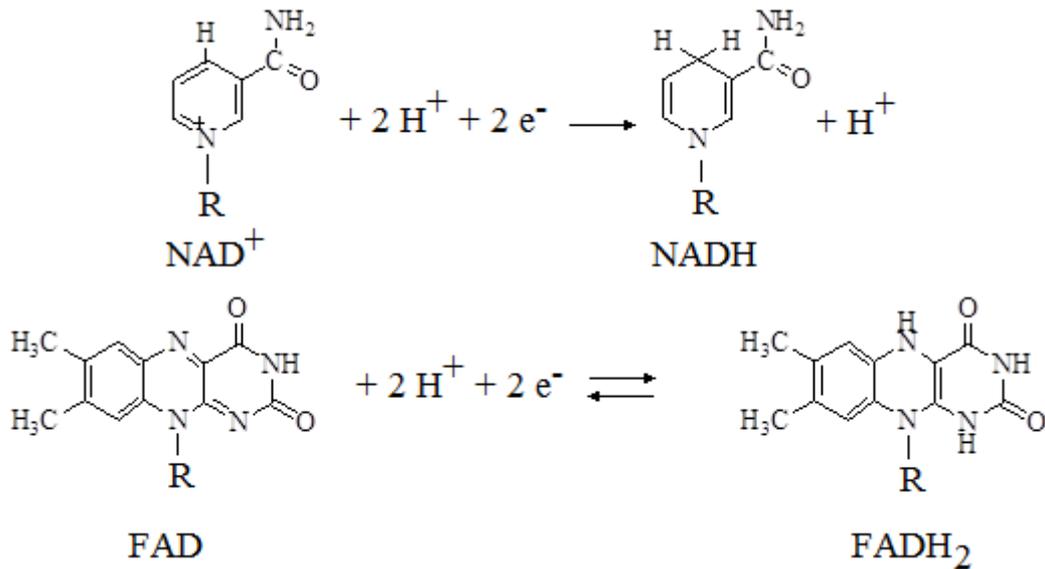


Рисунок 7.3 — Окислительно-восстановительный потенциал некоторых переносчиков электронтранспортной цепи митохондрий

**Задание 1.2.4** — Запишите структурные формулы NAD и FAD (FMN) и поясните механизм передачи электронов с участием этих коферментов, используя рисунок 7.4.



**Рисунок 7.4** — Механизм действия никотинамидзависимых и флавиновых коферментов

### 1.3. Коэффициент P/O

**Задание 1.3.1** — Дайте определение коэффициенту P/O.

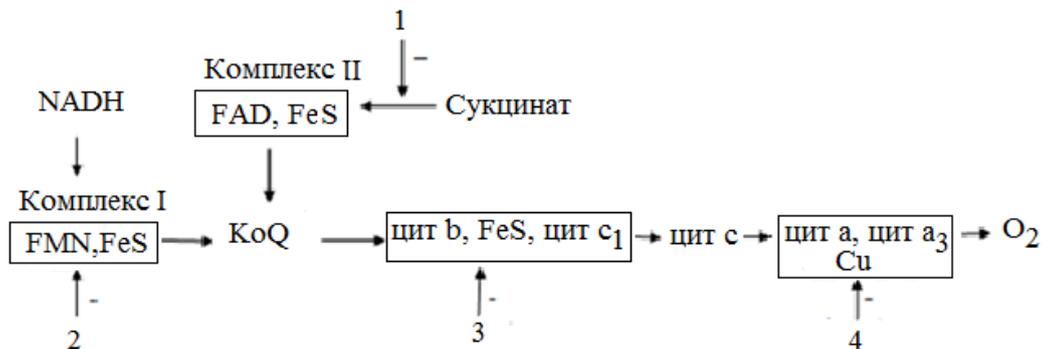
**Задание 1.3.2** — Определите коэффициент P/O для NAD- и FAD-зависимых субстратов.

### 1.4. Ингибиторы дыхательной цепи

**Задание 1.4.1** — Рассмотрите рисунок 7.5 и выполните следующие задания:

а) дополните схему следующими ингибиторами: малонат, барбитураты, амитал, ротенон, CO, H<sub>2</sub>S, цианиды, антимицин А;

б) рассчитайте энергетический выход окисления субстратов под влиянием каждого из ингибиторов ДЦ (помните, что ингибиторы, воздействуя на различные комплексы ДЦ, значительно снижают продукцию АТФ).



**Рисунок 7.5** — Ингибиторы переноса электронов в дыхательной цепи митохондрий

## 1.5. Хемиосмотическая гипотеза Митчелла (рисунок 7.6)

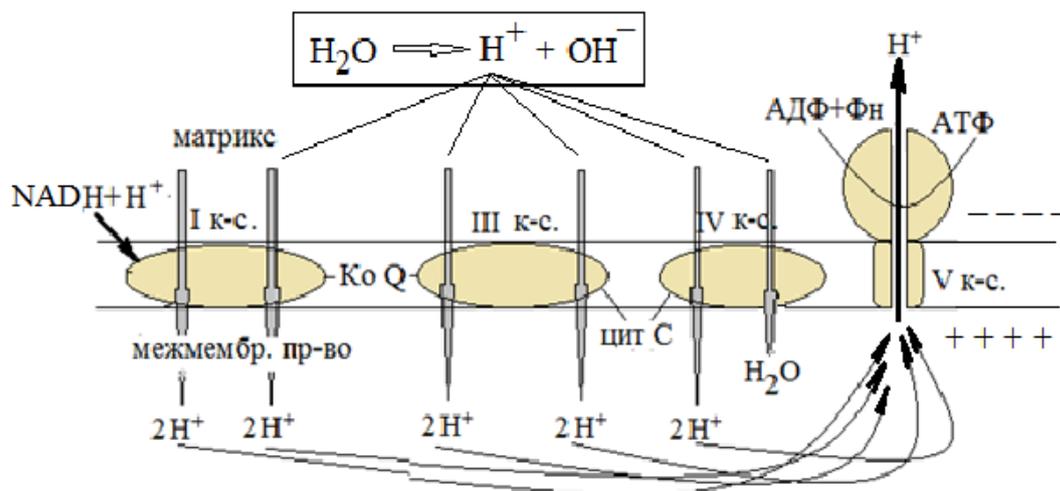


Рисунок 7.6 — Хемиосмотическая гипотеза Митчелла

**Задание 1.5.1** — Рассмотрите рисунок 7.6 и дополните предложения, следующими терминами: АТФ, протон, электрон, матрикс, межмембранное пространство, комплекс, АТФ-аза, потенциал.

- движение ..... по ДЦ;
- активация ..... и перенос ..... из ..... в .....
- создание ..... на мембране;
- открытие канала ..... и возвращение ..... в матрикс. Синтез .....

## 1.6. Разобщение окислительного фосфорилирования

**Задание 1.6.1** — Рассмотрите рисунок 7.7 и поясните механизм действия разобщителей на примере 2,4-динитрофенола.

**Задание 1.6.2** — Рассмотрите рисунок 7.8 и поясните механизм действия каналобразующих разобщителей.

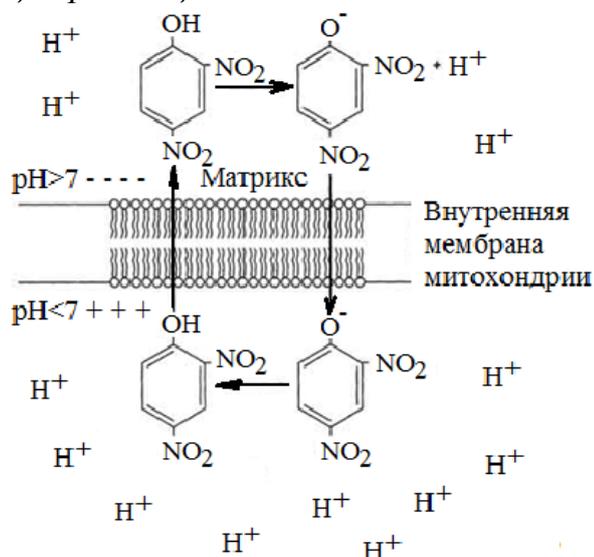


Рисунок 7.7 — Механизм действия 2,4-динитрофенола

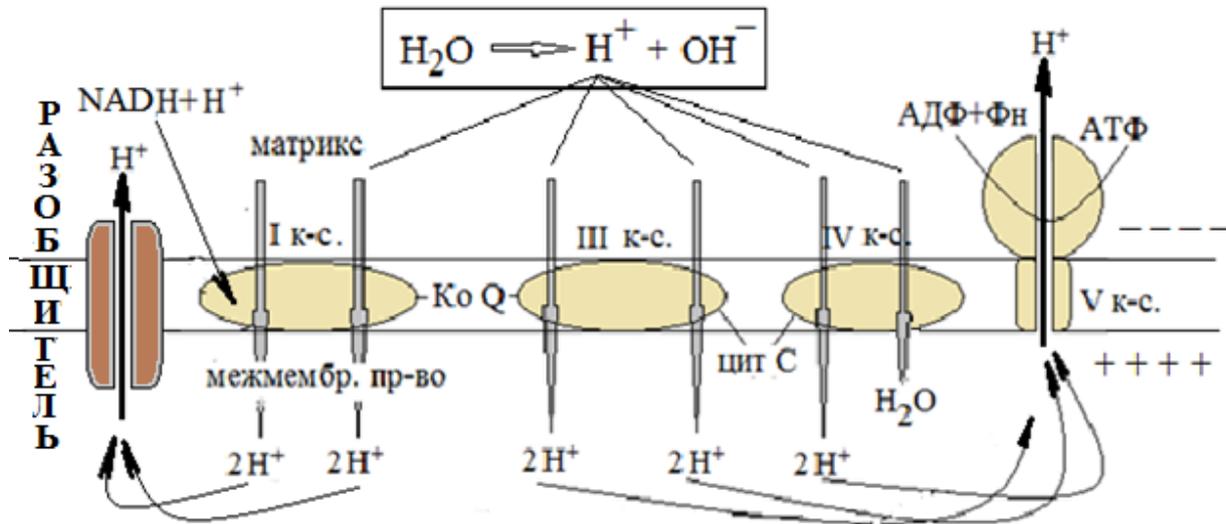


Рисунок 7.8 — Механизм действия каналобразующих разобщителей

**Задание 1.6.3** — Приведите примеры разобщителей ДЦ митохондрий в зависимости от происхождения (рисунок 7.9) и механизма действия (рисунок 7.10).

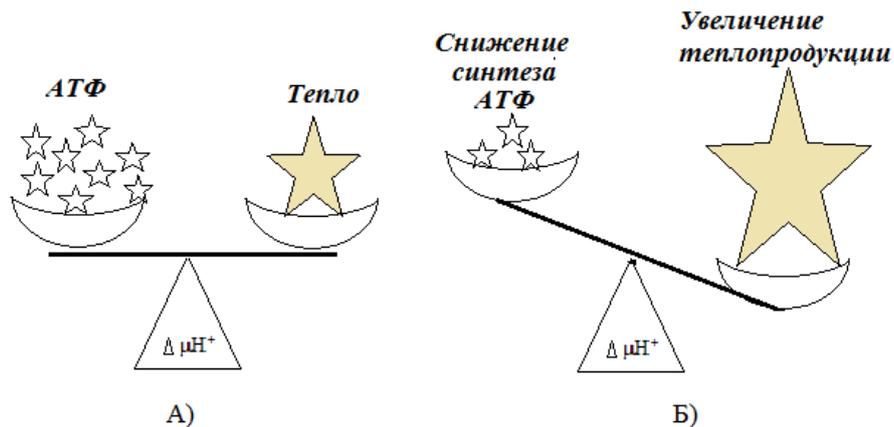


Рисунок 7.9 — Разобщители дыхательной цепи митохондрий в зависимости от их происхождения



Рисунок 7.10 — Разобщители дыхательной цепи митохондрий в зависимости от механизма действия

**Задание 1.6.4** — Поясните механизм действия протонофоров и каналобразующих разобщителей на рисунке 7.11. (Помните, что действие разобщителей снижает критическое значение  $\Delta\mu H^+$ , что количественно влияет на синтез АТФ).



**Рисунок 7.11 — Механизм действия разобщителей:**

*А — Работа дыхательной цепи без разобщителей;*

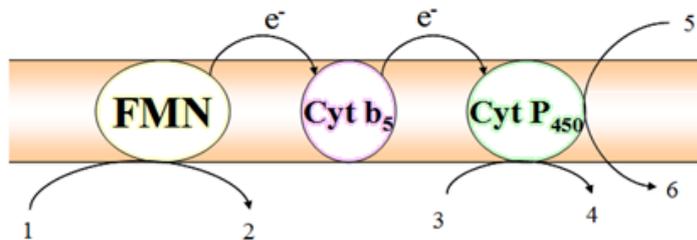
*Б — Действие разобщителей на работу дыхательной цепи*

## 2. Микросомальный путь потребления кислорода

**Задание 2.1** — Рассмотрите рисунок 7.12 и выполните следующие задания:

а) дайте определение понятию «микросома»;

б) подпишите цифры 1–6 следующими терминами:  $\text{RH}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NADP}^+$ ;  $\text{O}_2$ ;  $\text{RON}$ ;  $\text{NADPH}+\text{H}^+$ .



**Рисунок 7.12 — Строение микросомальной дыхательной цепи**

**Задание 2.2** — Заполните таблицу 7.1.

Таблица 7.1 — Сравнительная характеристика строения митохондриальной и микросомальной дыхательных цепей

Признаки	Митохондриальная дыхательная цепь	Микросомальная дыхательная цепь
Клеточная локализация		
Функции		
Входящие в состав цитохромы		
Использование $\text{O}_2$		
Образование АТФ		

**Задание 2.3** — Запишите функции микросомальной ДЦ (1–3).

## 3. Перекисные процессы

**Задание 3.1** — Перерисуйте рисунок 7.13 восстановления кислорода до воды и выделите красным цветом АФК.

Помните, что все процессы потребления кислорода ведут к образованию активных форм кислорода.

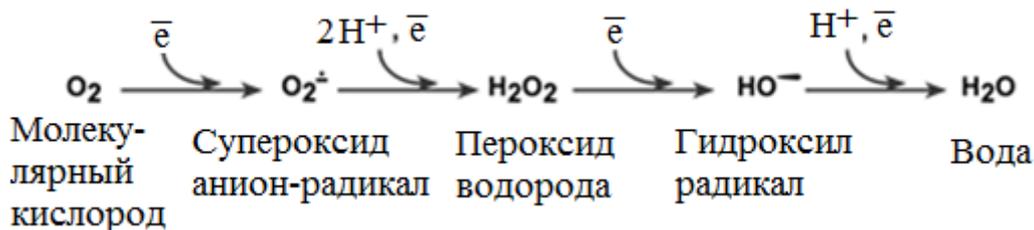


Рисунок 7.13 — Схема восстановления кислорода до воды

**Задание 3.2** — Рассмотрите рисунок 7.14 и сделайте вывод о повреждающем действии АФК.

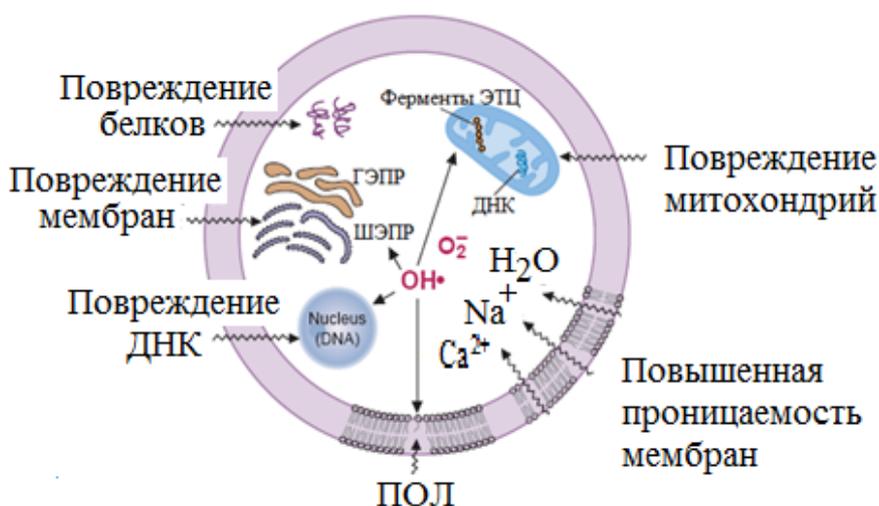


Рисунок 7.14 — Повреждающее действие активных форм кислорода на клетку

**Задание 3.3** — Перерисуйте рисунок 7.15 и приведите примеры веществ, обеспечивающих оба компонента АОЗ



Рисунок 7.15 — Антиоксидантная защита клетки

**Задание 3.4** — Есть ли у АФК биологическая роль?

**Задание 3.5** — Могут ли АФК обладать полезными свойствами? Ответ поясните.

**4. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

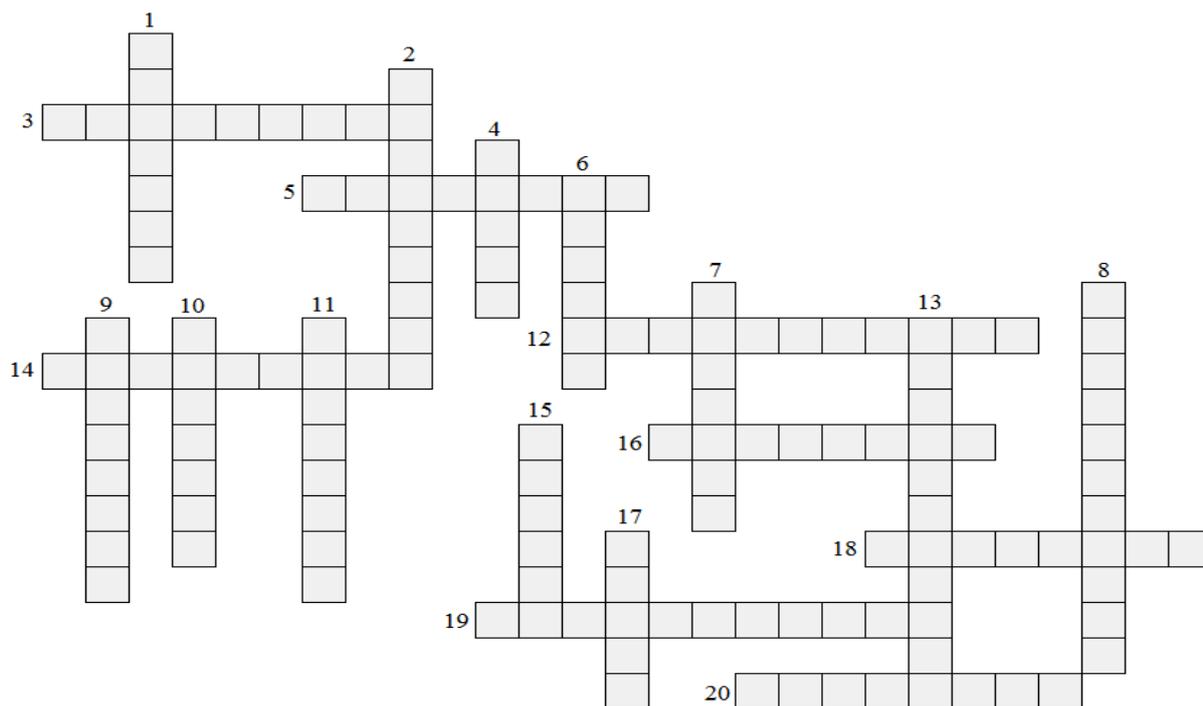
## Занятие 8

**Тема:** Итоговое занятие по разделам «Введение в биохимию», «Энзимология и биологическое окисление».

**Цель занятия:** самоконтроль усвоения знаний по вопросам раздела.

**Практическая часть:**

**Задание 8.1** — Ответьте на вопросы кроссворда и запишите правильные варианты ответов (рисунок 8.1).



**Рисунок 8.1** — Кроссворд по разделам «Введение в биохимию», «Энзимология и биологическое окисление»

**По горизонтали:** 3. Он образуется на внутренней мембране митохондрии при переносе протонов в ММП; 5. ФАД-зависимый субстрат 2-го комплекса ДЦ; 12. Органелла, место локализации ЦТК; 14. Название 3-го класса ферментов; 16. Конечный акцептор электронов в ДЦ; 18. Промежуточный посредник электронов между 3 и 4 комплексами ДЦ; 19. Один из методов выделения белка; 20. Акцептор электронов 1 и 2 комплексов ДЦ.

**По вертикали:** 1. Ингибитор 1-го комплекса ДЦ; 2. Они передаются цитохромоксидазой ДЦ на кислород; 4. Автор гипотезы «ключ-замок»; 6. антитела с каталитической активностью; 7. Формирование пространственной структуры белка; 8. Название 2-го класса ферментов; 9. РНК с каталитической активностью; 10. Перекачиваются из матрикса в межмембранное пространство при движении электронов по ДЦ; 11. Белки, осуществляющие фолдинг; 13. Вещества, обладающие способностью снижать  $\Delta\mu\text{H}^+$  на мембране митохондрий; 15. Название 6-го класса ферментов; 17. Название 4-го класса ферментов.

## РАЗДЕЛ 3. БИОХИМИЯ УГЛЕВОДОВ

### Занятие 9

**Тема: Углеводы-1. Химия углеводов. переваривание и всасывание. Метаболизм гликогена, фруктозы и галактозы**

**Цель занятия:** сформировать представления о биологической роли, молекулярных механизмах переваривания и всасывания углеводов, путях метаболизма углеводов в живых организмах.

**Практическая часть:**

#### 1. Структура, классификация углеводов

**Задание 1.1** — Дайте определение понятию «углеводы».

**Задание 1.2** — Дополните схему рисунка 9.1, предложенными терминами: моносахариды, полисахариды, олигосахариды, большого числа моносахаридных остатков, одного моносахаридного остатка, от 2 до 10 остатков моносахаридов, сахароза, лактоза, гликоген, фруктоза, гепарин, кератан-сульфат, целлюлоза, галактоза, гиалуроновая кислота, гомо-, гетеро-.

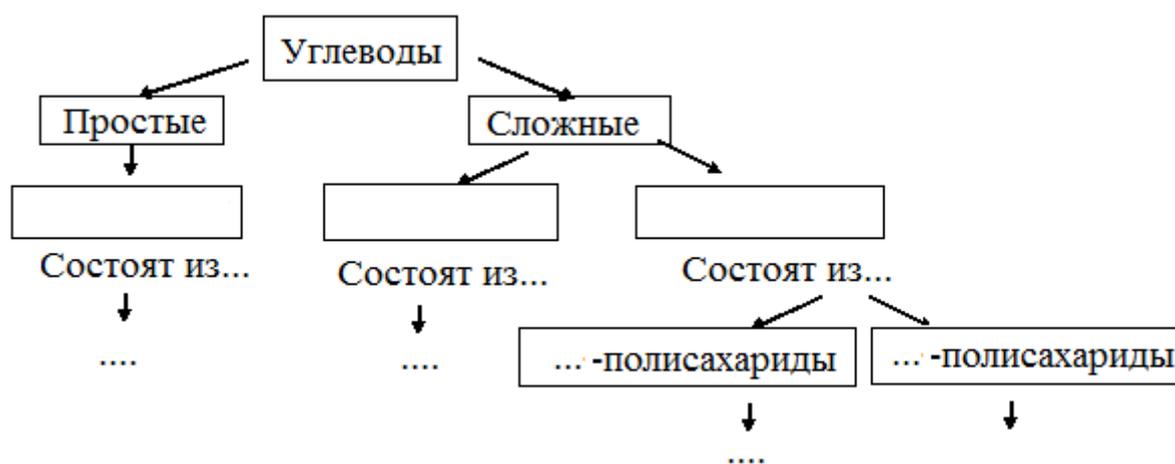


Рисунок 9.1 — Классификация углеводов

#### 2. Переваривание углеводов

**Задание 2.1** — Дополните схему рисунка 9.2.



Рисунок 9.2 — Виды пищеварения по А. М. Уголеву

**Задание 2.2** — Укажите роль клетчатки в пищеварении (5–7 примеров).

**Задание 2.3** — Заполните таблицу 9.1.

Таблица 9.1 — Этапы переваривания углеводов

Отдел желудочно-кишечного тракта	рН	Фермент	Продукты
Ротовая полость			
Желудок			
12-перстная кишка			
Тонкий кишечник			

### 3. Всасывание углеводов

**Задание 3.1** — Дополните схему рисунка 9.3.

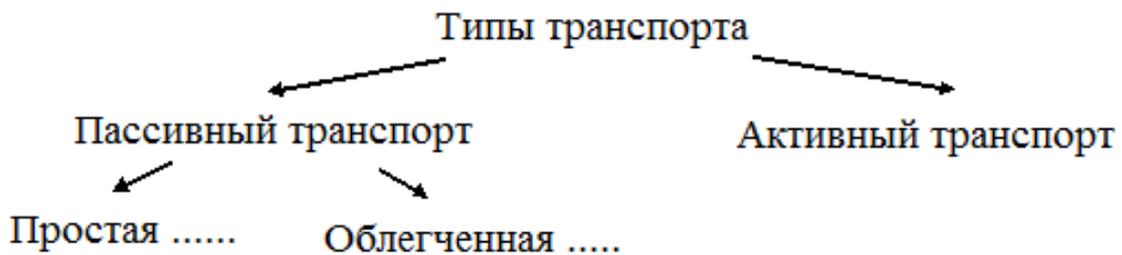


Рисунок 9.3 — Типы транспорта

**Задание 3.2** — Рассмотрите схему пассивного (облегченная диффузия) и активного транспорта Гл (рисунок 9.4) и охарактеризуйте каждый из них.

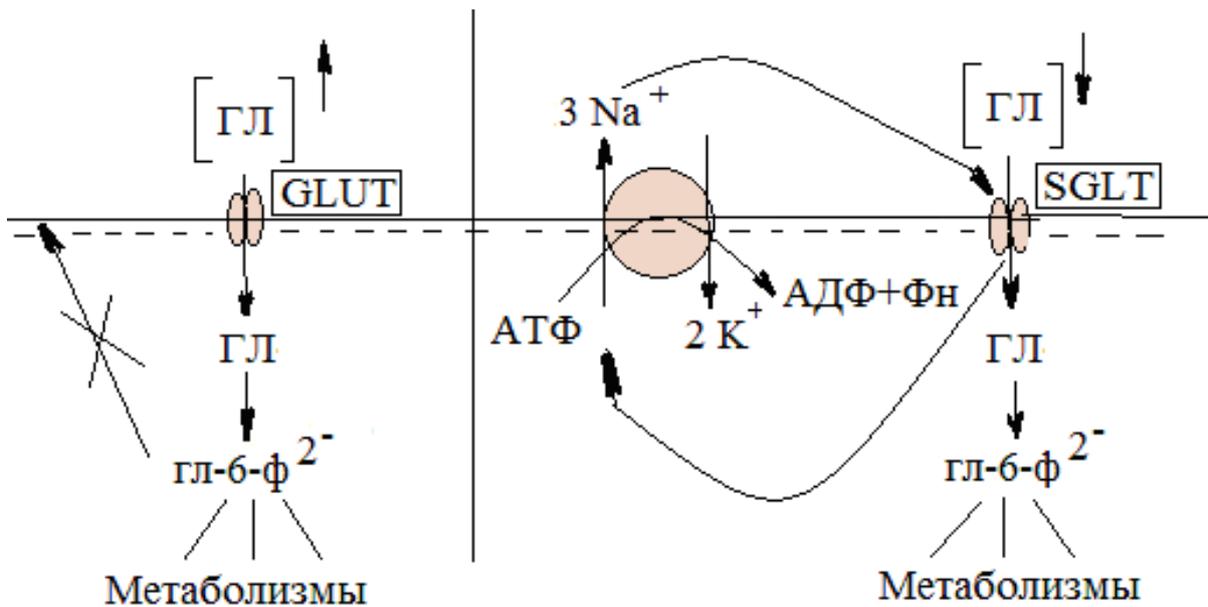


Рисунок 9.4 — Облегченная диффузия и активный транспорт глюкозы

**Задание 3.3** — Напишите полное название переносчиков глюкозы — ГЛЮТ (GLUT) и ГЛНТ (SGLT) и расшифруйте аббревиатуру.

**Задание 3.4** — Дополните предложения следующими терминами: реакция, клетка, фермент, отрицательный, пассивный.

а) при фосфорилировании Гл приобретает ..... заряд, облегчающий ее взаимодействие с активными центрами ....., катализирующих последующие .....

б) отрицательный заряд Гл-6-ф препятствует ее выходу из ....., т. е. срабатывает эффект «запирания» (Пояснить почему);

в) снижение концентрации глюкозы путем ее превращения в Гл-6-ф способствует ..... транспорту Гл через клеточные мембраны (пояснить почему).

**Задание 3.5** — Заполните таблицу 9.2.

Таблица 9.2 — Типы транспорта глюкозы через клеточную мембрану

Тип транспорта	Концентрация глюкозы в крови	Транспортер	Затрата энергии	Тип ткани
Пассивный транспорт				
Активный транспорт				

#### 4. Белки-переносчики глюкозы через клеточную мембрану

**Задание 4.1** — Дополните таблицу 9.3 используя предложенные варианты:

- а) мышечная и жировая ткань;
- б) печень,  $\beta$ -клетки поджелудочной железы;
- в) нервы, мозг, плацента;
- г) 1 ммоль/л, 5 ммоль/л, 10–20 ммоль/л.

Таблица 9.3 — Виды глюкозных транспортеров

	Название транспортера	Km	Место локализации	Функции
1	ГЛЮТ 1		большинство тканей	транспорт Гл
2	ГЛЮТ 2			транспорт Гл при высоких концентрациях
3	ГЛЮТ 3			транспорт Гл
4	ГЛЮТ 4			транспорт Гл в присутствии инсулина
5	ГЛЮТ 5		слизистая тонкого кишечника	транспорт фруктозы

**Задание 4.2** — Постройте графики зависимости скорости транспорта Гл через мембрану (рисунок 9.5) для ГЛЮТ 1, 2, 3.

**Задание 4.3** — Поясните значения отличий Km белков-транспортеров Гл для различных тканей.

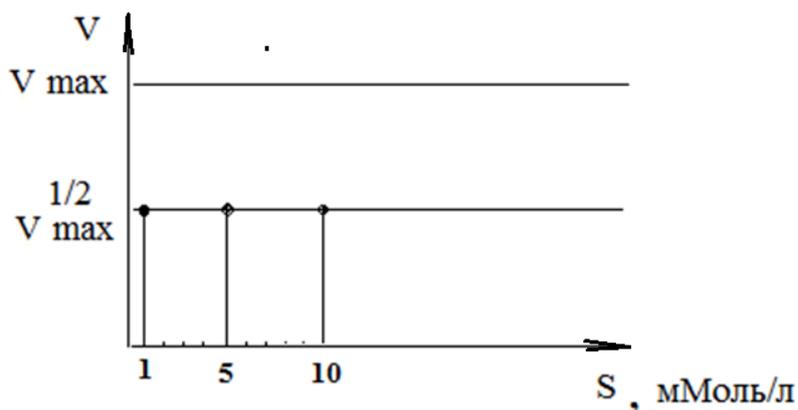


Рисунок 9.5 – Графики зависимости скорости транспорта глюкозы для глюкозных транспортеров

### 5. Пути обмена глюкозо-6-фосфата в клетке

**Задание 5.1** — Используя схему обмена Гл-6-ф (рисунок 9.6) дополните следующие предложения:

А — Распад глюкозы с целью получения ..... (аэробный и анаэробный гликолиз).

Б — Синтез запасяющей формы Гл — .....

В — Распад глюкозы для получения других моносахаридов (....., ....., .....) и восстановленного NADP (ПФП).

Г — Синтез других соединений:

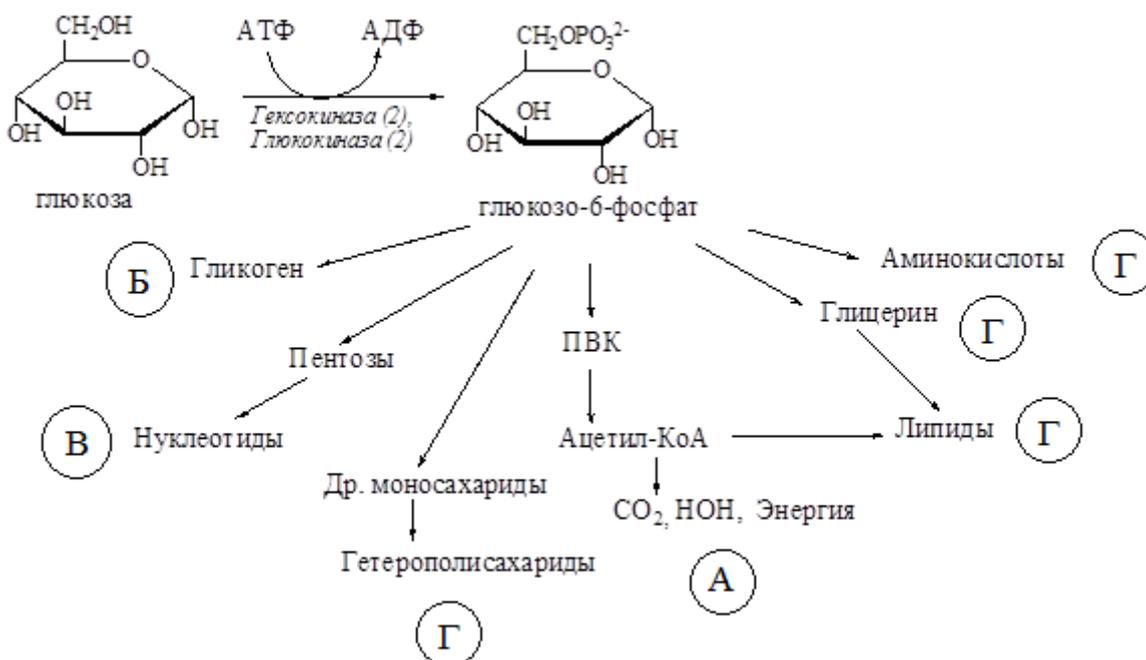


Рисунок 9.6 — Схема обмена глюкозо-6-фосфата

**Задание 5.2** — Нарисуйте схему субстратов БО (рисунок 1.2) и покажите на ней цепочки метаболических превращений Гл в другие соединения.

## 6. Метаболизм гликогена

**Задание 6.1** — Дополните следующие предложения:

- а) биосинтез гликогена из Гл называется .....
- б) активно протекает в ..... и .....
- в) процесс распада гликогена называется .....

**Задание 6.2** — Перерисуйте схему синтеза и мобилизации гликогена (рисунок 9.7) и отметьте разными цветами пути синтеза и катаболизма гликогена. Допишите ферменты.

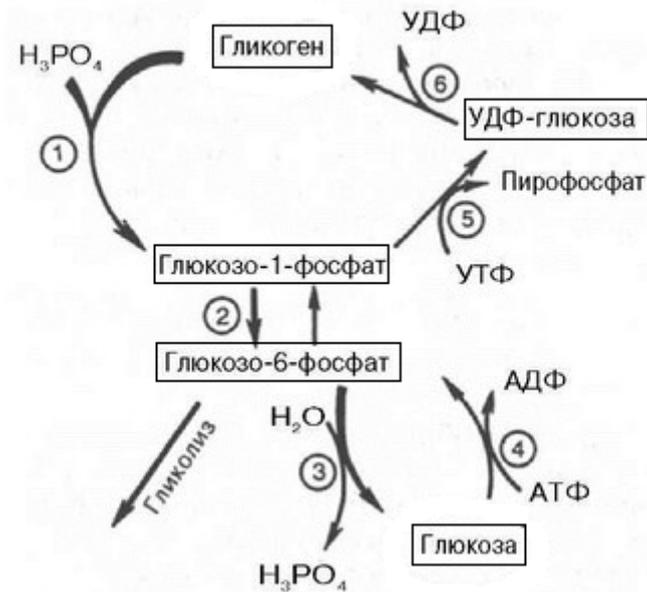


Рисунок 9.7 — Синтез и мобилизация гликогена

**Задание 6.3** — Дополните схему на рисунке 9.8, используя следующие термины: АТФ, АДФ,  $H_2O$ ,  $Ph_n$ . Укажите ферменты.

**Задание 6.4** — Поясните значение дефосфорилирования Гл в печени.

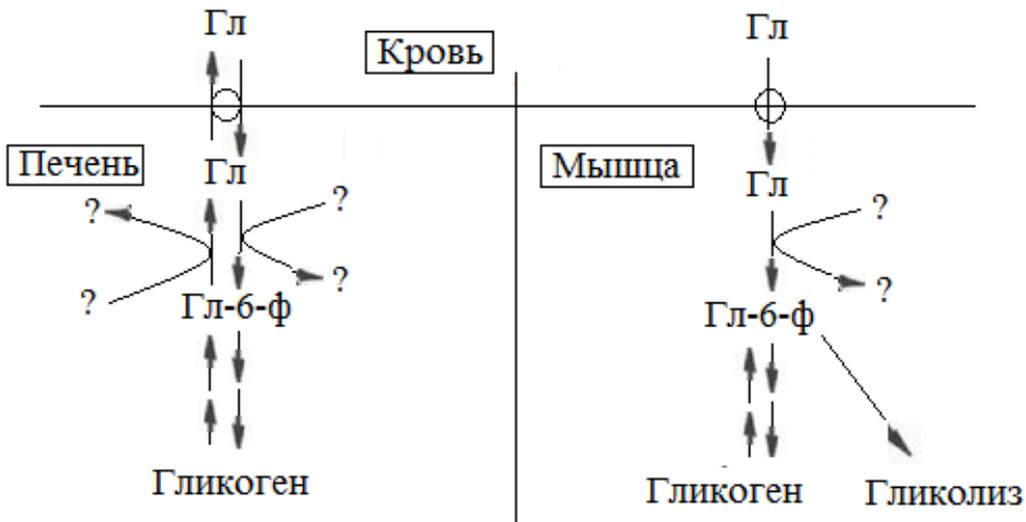


Рисунок 9.8 — Метаболизм гликогена в печени и мышцах

**Задание 6.5** — Заполните таблицу 9.4.

Таблица 9.4 — Сравнительная характеристика мобилизации гликогена в печени и мышцах

Признаки для сравнения	Мышцы	Печень
Количество запасаемого гликогена		
Конечный продукт распада гликогена		
Дальнейшее превращение конечного продукта распада		

**7. Регуляция синтеза и мобилизации гликогена**

**Задание 7.1** — Заполните таблицу 9.5, поставив знаки + или – (указав стимулирующее или ингибирующее действие указанных в таблице факторов).

Таблица 9.5 — Регуляция метаболизма гликогена в печени

Признаки	Синтез гликогена	Мобилизация гликогена
Высокая концентрация Гл		
Высокий уровень инсулина		
Высокий уровень глюкагона		

**Задание 7.2** — Укажите ферменты, регулирующие скорость синтеза и распада гликогена.

- а) для синтеза гликогена – это .....
- б) для мобилизации гликогена – это.....

**Задание 7.3.** Перерисуйте рисунок 9.9 и выделите разными цветами ферменты синтеза гликогена и его мобилизации.

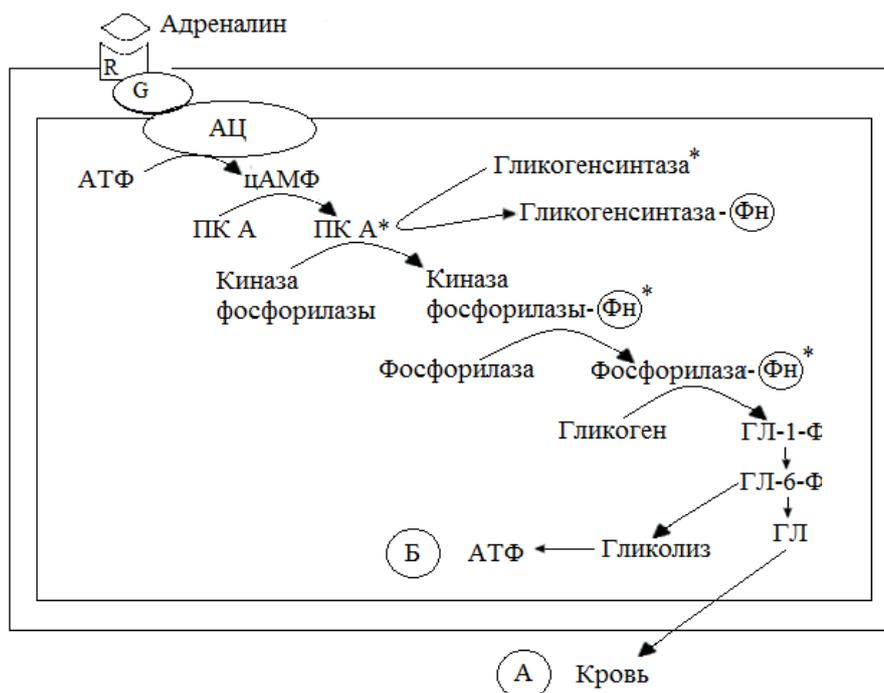


Рисунок 9.9 — Аденилатциклазный механизм мобилизации гликогена

**Задание 7.4.** Сделайте выводы о фосфорилировании ферментов мобилизации и синтеза гликогена. Какой путь включается при фосфорилировании ферментов, а какой при дефосфорилировании? Запишите вывод. Могут ли в клетке одновременно протекать процессы синтеза и процессы распада гликогена?

Обозначьте метаболические пути печени и мышц (укажите правильный вариант на схеме для А и Б).

**Задание 7.5** — Инсулин активизирует ферменты фосфодиэстеразу и протеинфосфатазу. Какие реакции катализируют эти ферменты? Как изменится концентрация Гл в крови в ответ на действие инсулина?

## 8. Другие моносахариды, активно участвующие в углеводном обмене

**Задание 8.1** — Заполните таблицу 9.6.

Таблица 9.6 — Особенности метаболизма в организме галактозы и фруктозы

Признаки	Галактоза	Фруктоза
Входит в состав следующих дисахаридов		
Входит в состав следующих продуктов питания		
Орган, в котором протекает метаболизм		
Название заболеваний обмена		
Возраст манифестации заболеваний		
Клинические проявления		

**10. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 10

**Тема:** Углеводы-2. Тканевый обмен углеводов. Анаэробный и аэробный гликолиз

**Цель занятия:** сформировать знания о путях и механизмах обмена Гл в организме.

**Практическая часть:**

**1. Анаэробное расщепление глюкозы — молочнокислое брожение (гликолиз)**

**Задание 1.1** — Нарисуйте схему превращения субстратов БО (рисунок 1.2) и выполните следующие задания:

а) допишите реакцию молочнокислого брожения;

б) обозначьте на схеме анаэробный и аэробный гликолиз.

### 1.1. Киназные реакции гликолиза

**Задание 1.1.1** — Выпишите 4 киназные реакции гликолиза. Укажите названия и класс ферментов, катализирующих эти реакции.

**Задание 1.1.2** — Укажите какие из 4 вышеперечисленных киназных реакций гликолиза являются энергозатратными, а какие — энергопродуцирующими.

**Задание 1.1.3** — Укажите какие из 4 киназных реакций гликолиза являются реакциями субстратного фосфорилирования.

**Задание 1.1.4** — Рассчитайте энергетический баланс молочнокислого брожения. Дополните полученными данными, задание 1.1.

## 1.2. Гликолитическая оксидоредукция

**Задание 1.2.1** — Нарисуйте схему реакций гликолитической оксидоредукции (рисунок 10.1).

**Задание 1.2.2** — Назовите ферменты (А и Б), участвующие в гликолитической оксидоредукции. Укажите классы ферментов.

**Задание 1.2.3** — Укажите биологическую роль процесса гликолитической оксидоредукции.

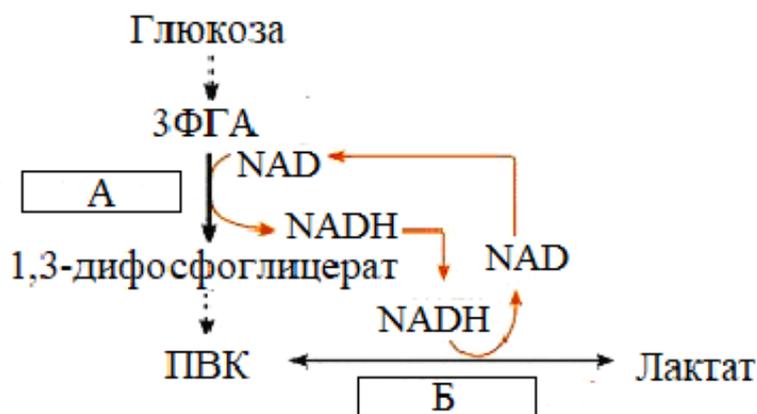


Рисунок 10.1 — Схема реакций гликолитической оксидоредукции

## 2. Анаэробное расщепление глюкозы — спиртовое брожение

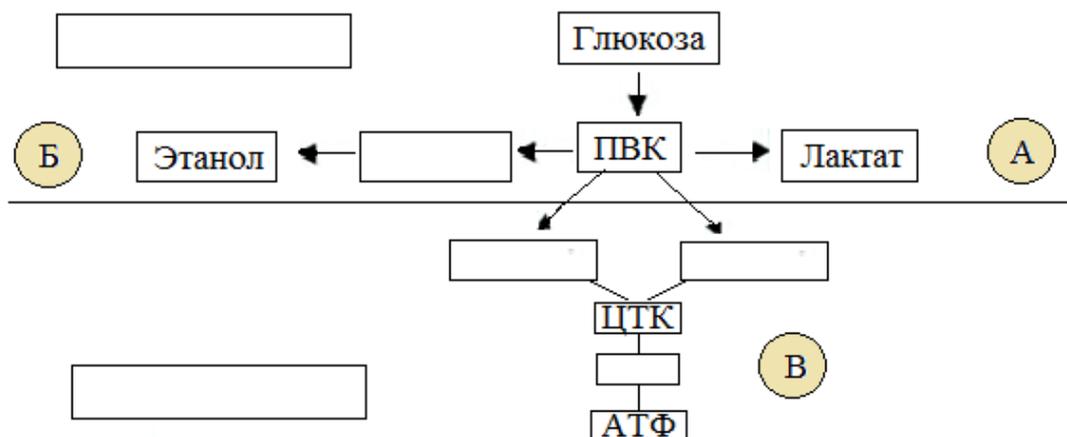


Рисунок 10.2 — Схема анаэробного и аэробного метаболизма глюкозы в клетках

**Задание 2.1** — Дополните схему рисунка 10.2 и укажите внутриклеточную локализацию этапов А, Б и В.

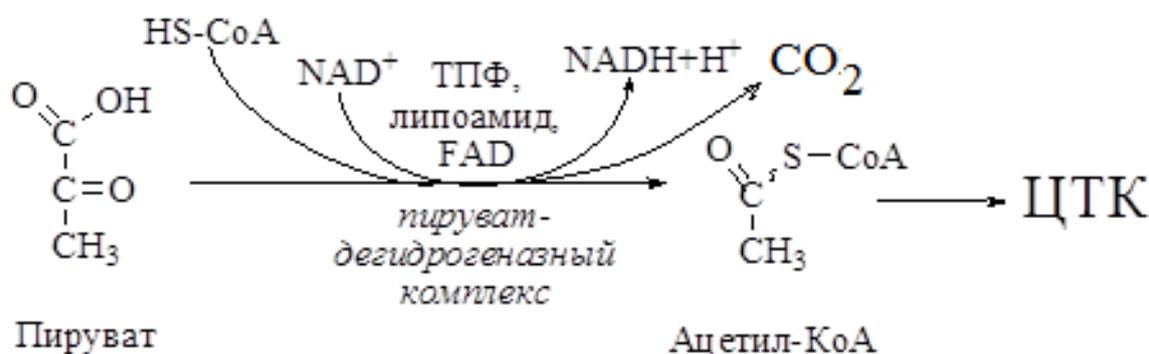
**Задание 2.2** — Укажите ферменты и конечные продукты молочнокислого и спиртового брожения.

**Задание 2.3** — Укажите сходства и отличия молочнокислого и спиртового брожений.

**Задание 2.4** — Допишите реакции спиртового брожения в схему задания 1.1.

### 3. Аэробный гликолиз

**Задание 3.1** — Запишите суммарное уравнение ПВКДГ-комплекса. Укажите название ферментов, коферментов, субстрата и продукта реакции.



**Рисунок 10.3** — Суммарное уравнение пируватдегидрогеназного комплекса

**Задание 3.2** — На схеме задания 1.1. укажите локализацию в клетке ПВКДГ-комплекса. Выделите на схеме конечный продукт метаболизма при работе ПВКДГ-комплекса.

**Задание 3.3** — Напишите формулу витамина  $B_1$  и его активной (коферментной) формы.

**Задание 3.4** — Укажите признаки гипо- и авитаминоза витамина  $B_1$ .

**Задание 3.5** — Дополните предложение, выбрав правильный вариант из предложенных ниже:

Слова для справки: ЦТК, ДЦ, ПВК,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ .

1. Аэробный гликолиз — это процесс расщепления Гл до .... и .  
 2. Расставьте в правильной последовательности следующие этапы аэробного гликолиза: ЦТК, ДЦ, ПВКДГ-комплекс, окисление Гл до ПВК:

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....
- 4) .....

**Задание 3.6** — Используя схему окисления субстратов БО (рисунок 1.2) рассчитайте энергетический баланс полного аэробного окисления 1 молекулы Гл. Дополните полученными данными задание 1.1.

**Задание 3.7** — Сравните процессы аэробного и анаэробного гликолиза (молочнокислого брожения). Заполните таблицу 10.1.

Таблица 10.1 — Сравнительная характеристика анаэробного (молочнокислого брожения) и аэробного гликолиза (включая реакции ПВКДГ-комплекса, ЦТК и ДЦ Мх)

Характеристика	Анаэробный гликолиз	Аэробный гликолиз
Возможное участие кислорода		
Суммарное уравнение		
Тканевая локализация		
Клеточная локализация		
Конечные продукты		
Энергетический баланс		

#### 4. Регуляция гликолиза и гликогенолиза. Эффект Пастера

**Задание 4.1** — Заполните таблицу 10.2, пользуясь рисунком 10.5 и следующими терминами: низкая концентрация Гл, высокая концентрация Гл, АТФ, АДФ,  $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$ , инсулин, адреналин, глюкагон,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Таблица 10.2 — Регуляция гликолиза и гликогенолиза

Активаторы	Ингибиторы

**Задание 4.2** — Рассмотрите рисунок 10.4 и укажите влияние гормонов инсулина и глюкагона на уровень Гл в крови.

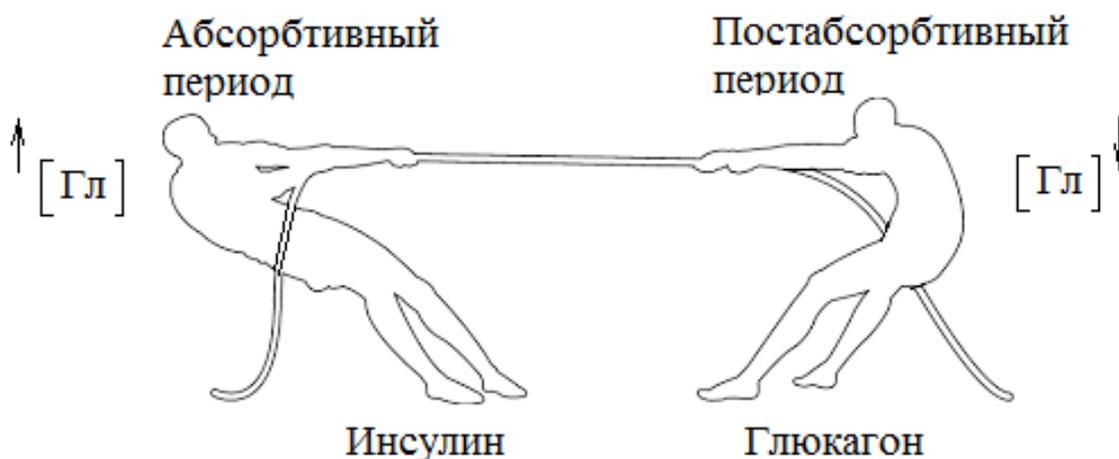


Рисунок 10.4 — Инсулин — глюкагоновый индекс

**Задание 4.3** — Рассмотрите схему рисунка 10.5. Укажите основную причину определяющую количество синтезируемой молочной кислоты.

**Задание 4.4** — Поясните сущность и механизм эффекта Пастера. Запишите уравнения реакции, катализируемые ЛДГ и ПВКДГ-комплексом.

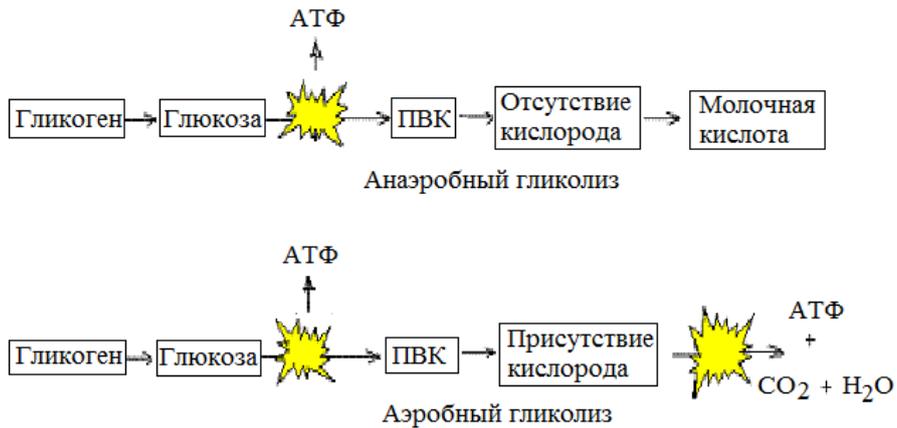


Рисунок 10.5 — Схема анаэробного и аэробного окисления глюкозы

**5. Метаболизм этанола в организме. Механизм токсического действия этанола и пути детоксикации (АДГ, МЭОС, каталаза)**

*Задание 5.1 — Запишите схему рисунка 10.6 и обозначьте разными цветами 3 пути метаболизма этанола.*

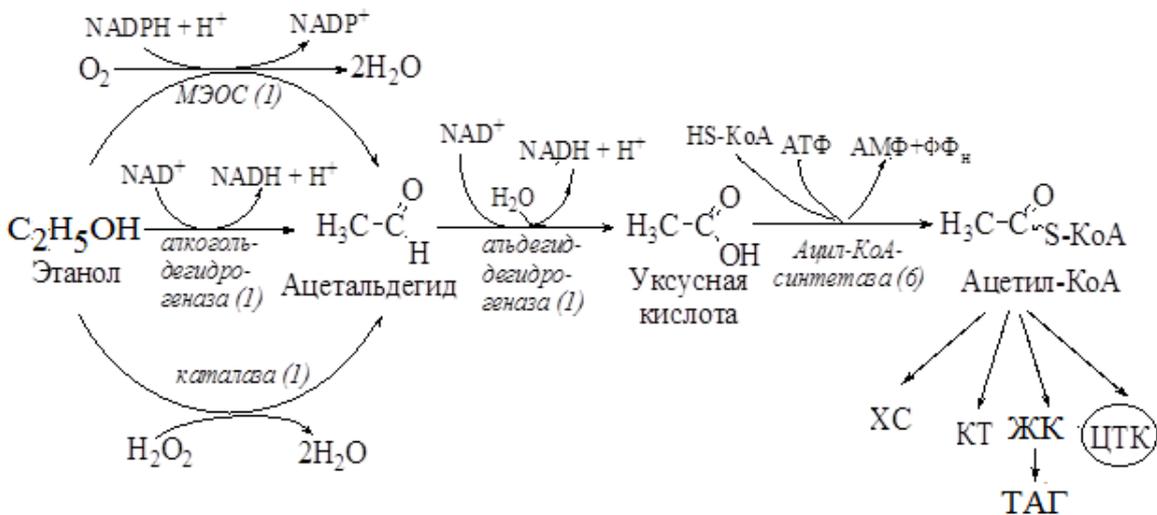


Рисунок 10.6 — Схема метаболизма этанола

*Задание 5.2 — Дополните схему 10.7, обозначив ферменты А, Б, В, коферменты и промежуточные метаболиты.*

*Задание 5.3 — Охарактеризуйте каждый путь метаболизма этанола.*

*Задание 5.4 — Поясните токсическое действие этанола на организм.*

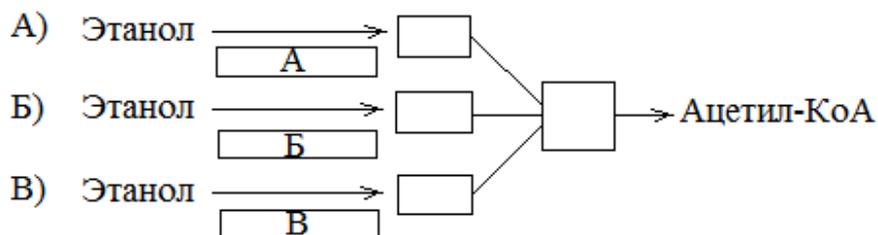


Рисунок 10.7 — Пути метаболизма этанола

**6. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 11

**Тема:** Углеводы-3. Тканевой обмен углеводов. Глюконеогенез. Пентозофосфатный путь

**Цель занятия:** сформировать представления о путях метаболизма Гл.

**Практическая часть:**

### 1. Глюконеогенез

#### 1.1. Общая характеристика глюконеогенеза

**Задание 1.1.1** — Нарисуйте схему образования субстратов БО (рисунок 1.2) и укажите локализацию метаболических путей ГНГ.

**Задание 1.1.2** — Заполните таблицу 11.1, выписав названия ферментов необратимых реакций гликолиза, а также соответствующие им реакции ГНГ.

Таблица 11.1 — Необратимые реакции гликолиза и глюконеогенеза

Гликолиз		Глюконеогенез	
Реакция	Фермент (его класс)	Реакция	Фермент (его класс)
1. гл → гл-6-ф			
2. фр-6-ф → фр-1,6-диф			
3. ФЕП → ПВК			

**Задание 1.1.3** — Дополните схему рисунка 11.1 недостающими веществами и подпишите названия ферментов в этих реакциях. Укажите классы ферментов.

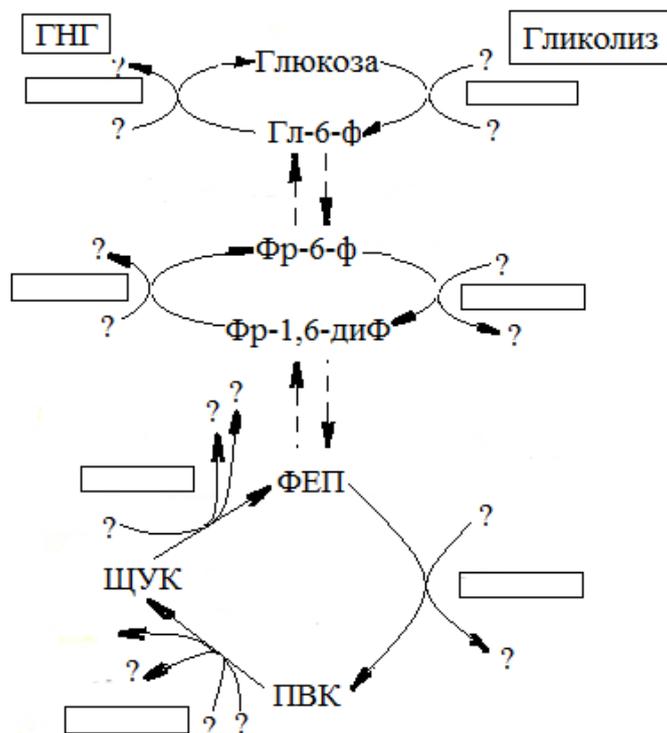


Рисунок 11.1 — Схема сравнения реакций гликолиза и глюконеогенеза

## 1.2. Субстраты глюконеогенеза. Цикл Кори и цикл Фелига

**Задание 1.2.1** — Запишите схему рисунка 11.2. Укажите стрелками в какие метаболиты ГНГ превращаются лактат, аминокислоты и глицерол.



Рисунок 11.2 — Субстраты глюконеогенеза

**Задание 1.2.2** — На схеме задания 1.1.1 укажите субстраты ГНГ и их метаболические цепочки.

**Задание 1.2.3** — Нарисуйте схему глюкозо-лактатного цикла (цикла Кори) (рисунок 11.3) и выполните следующие задания:

- дополните схему соответствующим уравнением реакции, допишите кофермент, фермент и его класс;
- укажите количество АТФ, которое образуется в мышцах при анаэробном окислении Гл и тратится в печени для синтеза Гл de novo;
- укажите биологическую роль цикла Кори.

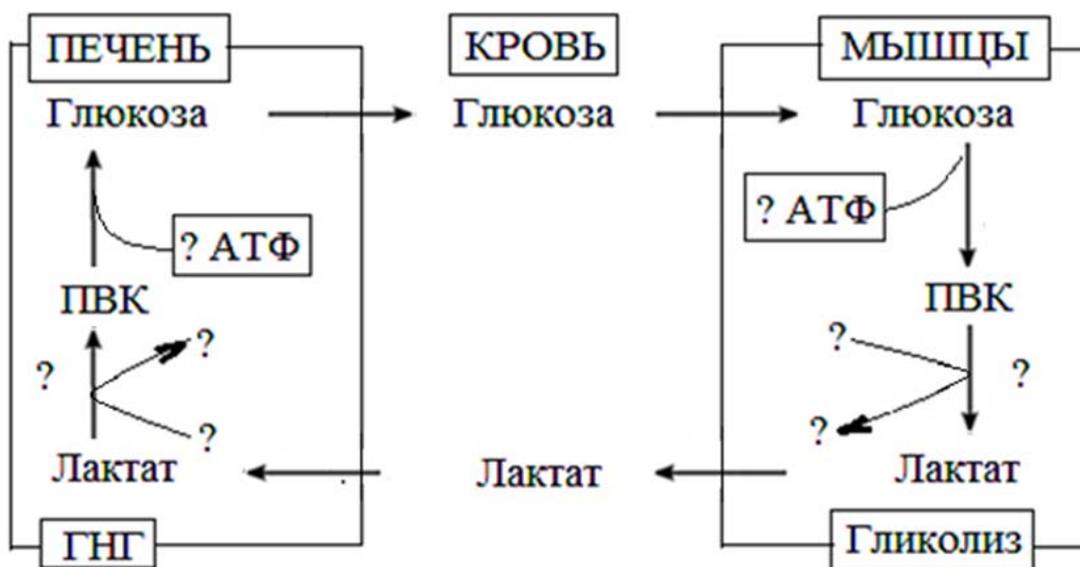


Рисунок 11.3 — Глюкозо-лактатный цикл (Цикл Кори)

**Задание 1.2.4** — Нарисуйте схему глюкозо-аланинового цикла (цикла Фелига) (рисунок 11.4) и выполните следующие задания:

- на месте пропусков запишите необходимые промежуточные метаболиты цикла;

б) укажите название фермента, который катализирует реакции синтеза аланина в мышцах и распад в печени. Запишите уравнение реакции;  
в) укажите биологическую роль цикла Фелига.

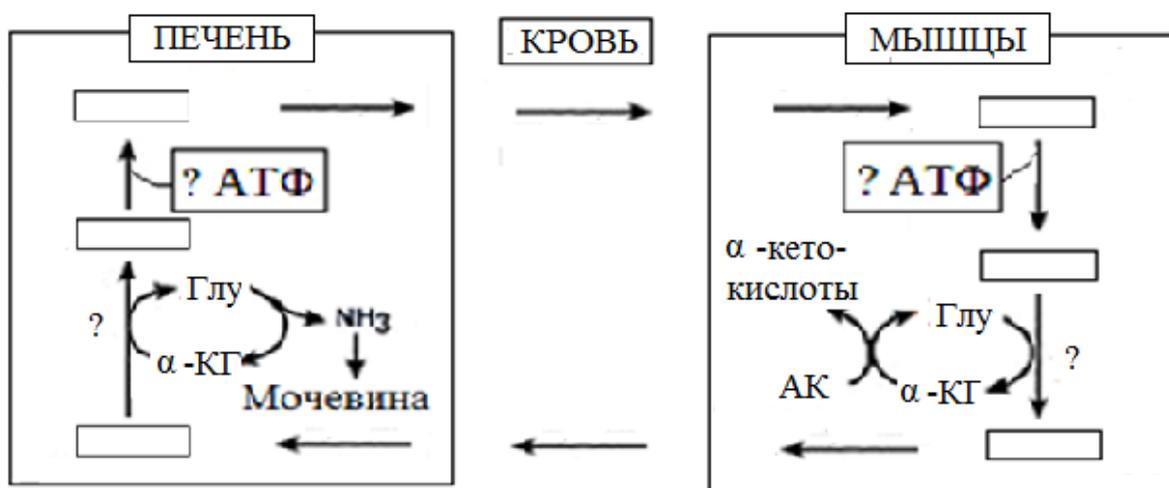


Рисунок 11.4 — Схема глюкозо-аланинового цикла (цикла Фелига)

**Задание 1.2.5** — Заполните таблицу 11.2, указав биологическую роль ГНГ, циклов Кори и Фелига.

Таблица 11.2 — Биологическая роль глюконеогенеза, циклов Кори и Фелига

Метаболические пути	Биологическая роль
ГНГ	
Цикл Кори	1. 2.
Цикл Фелига	1. 2.

**Задание 1.2.6** — Охарактеризуйте ГНГ, выписав правильные утверждения из приведенных ниже:

- происходит синтез АТФ;
- субстратом для синтеза Гл служит гликоген;
- все ферменты локализованы только в цитоплазме;
- ферменты локализованы в цитоплазме и митохондриях;
- субстратами служат лактат, ПВК, глицерол, некоторые аминокислоты;
- протекает в основном в печени и почках;
- протекает во всех тканях организма.

## 2. Пентозофосфатный путь

**Задание 2.1** — Перепишите схему ПФП (рисунок 11.5), выделите на схеме стадии ПФП, а также вставьте полные названия метаболитов.

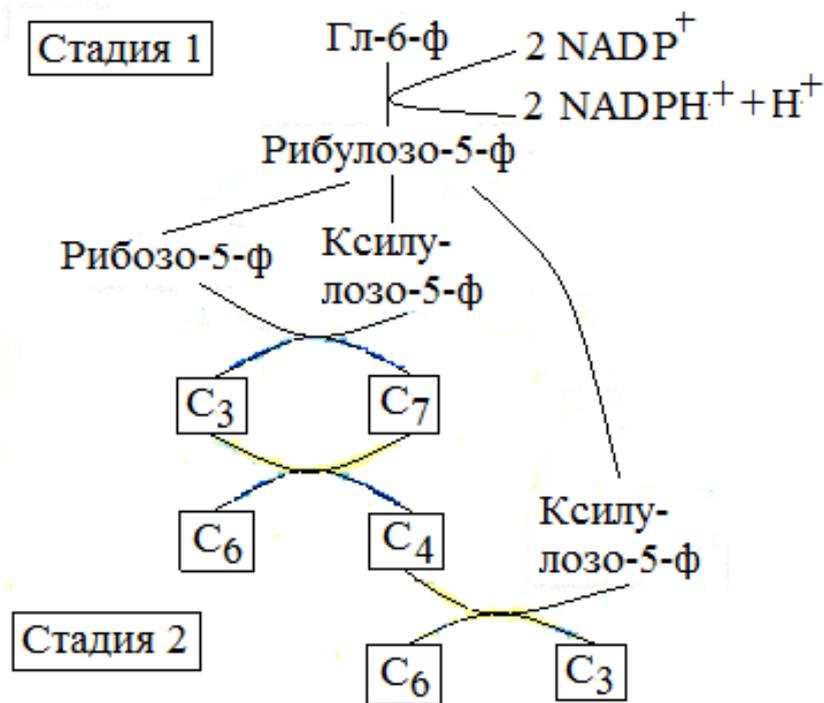


Рисунок 11.5 — Схема пентозофосфатного пути

**Задание 2.2** — Перепишите схему окислительной стадии ПФП (рисунок 11.6). Укажите функции продуктов этой стадии ПФП, дополнив схему следующими терминами: АТФ, NAD, FAD, РНК, АМФ, ДНК, катаболизм и получение энергии, антиоксидантная защита, синтез ХС, детоксикация, синтез ЖК.

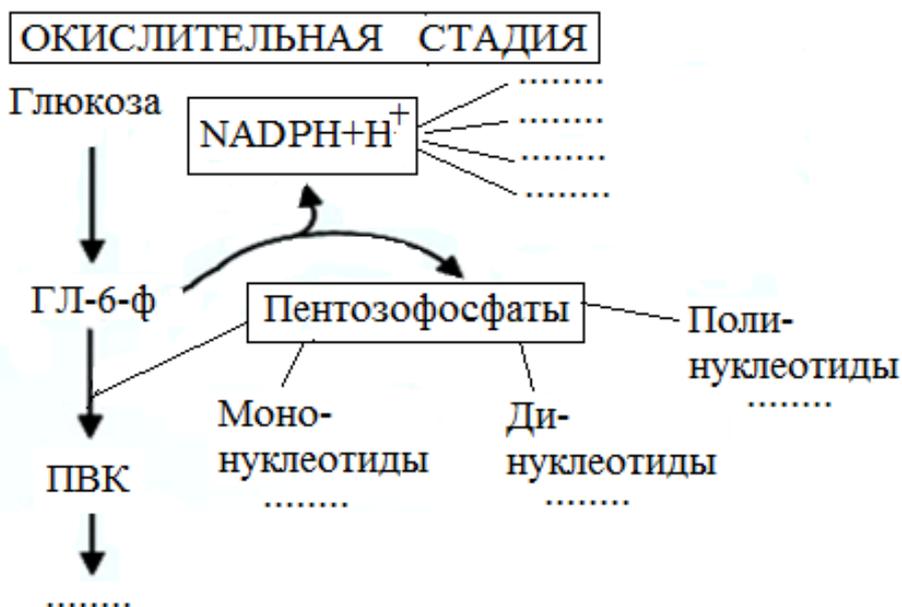


Рисунок 11.6 — Схема окислительной стадии пентозофосфатного пути

**Задание 2.3** — Заполните таблицу 11.3, используя схему 11.6.

Таблица 11.3 — Функции NADPH

Ткань (орган)	Процессы
Жировая ткань	
Печень	
Надпочечники	
Эритроциты	

**Задание 2.4** — Охарактеризуйте ПФП, выписав правильные утверждения из приведенных ниже:

- происходит синтез АТФ;
- окисляется до 90 % всей Гл клетки;
- все ферменты локализованы в цитоплазме;
- все ферменты локализованы в митохондриях;
- происходит образование  $NADPH+H^+$ ;
- протекает в активно пролиферирующих тканях;
- протекает во всех тканях организма.

**3. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 12

**Тема:** Углеводы 4. Регуляция уровня глюкозы в крови. Патология углеводного обмена

**Цель занятия:** сформировать представления о молекулярных и физиологических механизмах регуляции уровня Гл в крови, механизмах основных нарушений углеводного обмена, методах их лабораторной диагностики.

**Практическая часть:**

**1. Механизмы регуляции уровня глюкозы в крови. Регуляция инсулином**

**Задание 1.1** – Рассмотрите рисунок 12.1 и поясните каким образом нормализуется уровень Гл в крови. Назовите инсулинзависимые ткани.

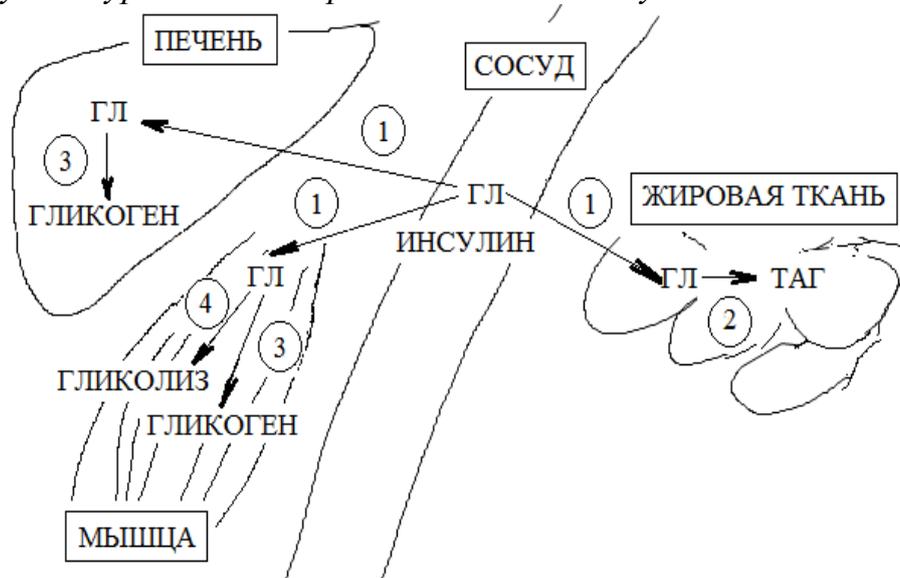


Рисунок 12.1 — Схема регуляции уровня глюкозы в крови инсулином

**Задание 1.2** — Охарактеризуйте роль инсулина в тканевом метаболизме Гл. Отметьте на схеме 12.2 знаками «+» и «--» стимулирующие и ингибирующие эффекты инсулина.

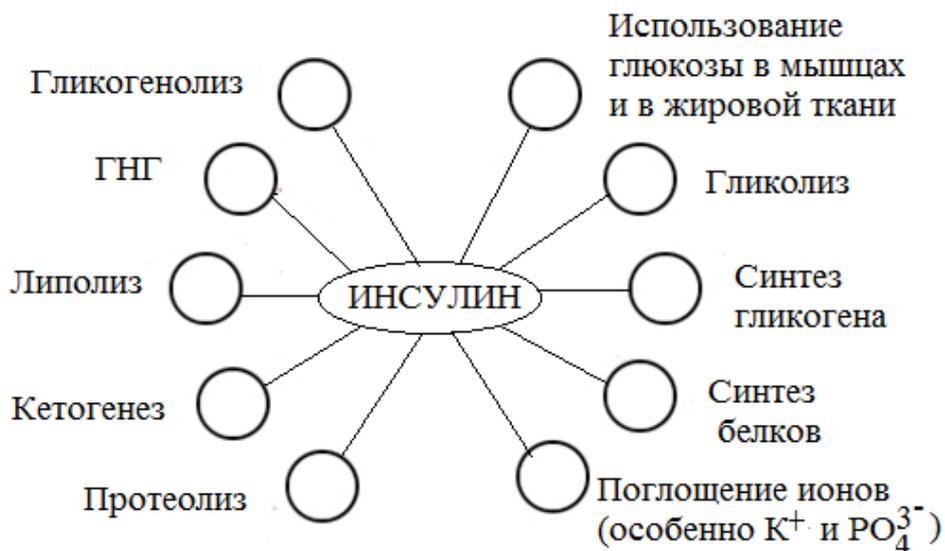


Рисунок 12.2 — Эффекты влияния инсулина

## 2. Механизмы регуляции уровня глюкозы в крови. Срочный и постоянный механизмы

**Задание 2.1** — Перерисуйте рисунок 12.3 и поясните, на чем основан срочный механизм регуляции уровня Гл в крови.

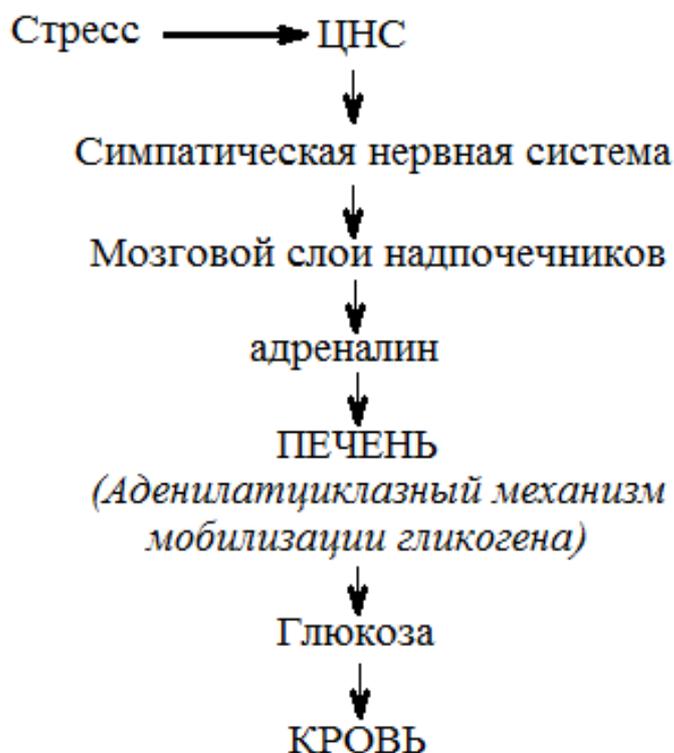
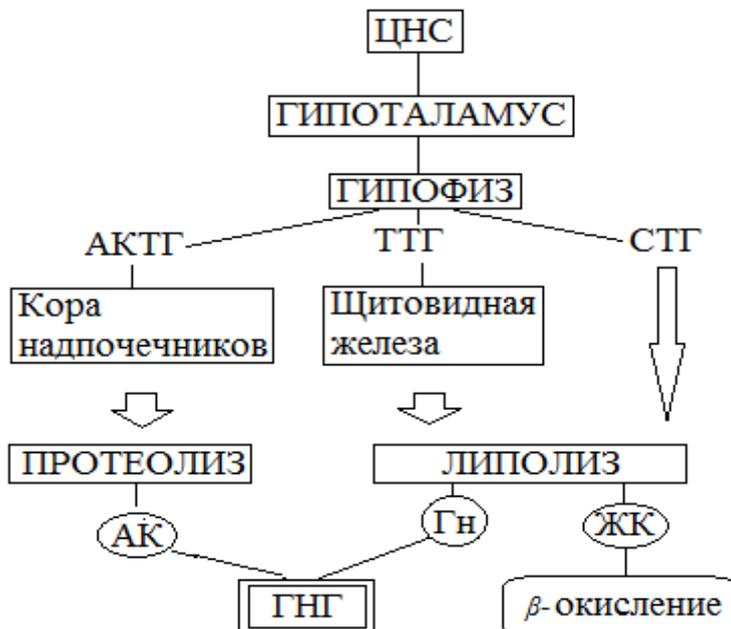


Рисунок 12.3 — Срочный механизм регуляции глюкозы в крови

**Задание 2.2** — Перерисуйте рисунок 12.4 и поясните, на чем основан постоянный механизм регуляции уровня Гл в крови.



**Рисунок 12.4** — Постоянный механизм регуляции глюкозы в крови

**Задание 2.3** — Заполните таблицу 12.1.

Таблица 12.1 — Срочный и постоянный механизмы регуляции

Механизм регуляции	Продолжительность функционирования	Источник глюкозы	Гормоны, участвующие в регуляции
Срочный			
Постоянный			

**Задание 2.4** — Заполните таблицу 12.2, выбирая правильные варианты ответов из приведенных ниже:

Таблица 12.2 — Влияние гормонов на обмен углеводов

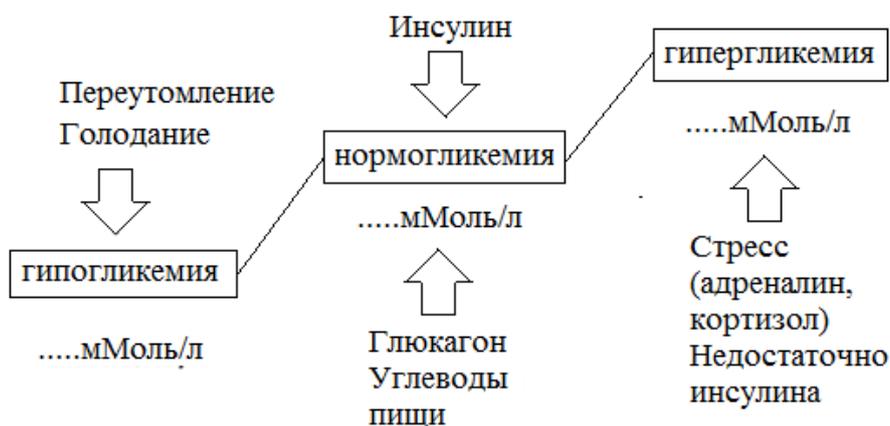
Гормон	Место синтеза	Ткани-мишени	Влияние на обмен углеводов	Влияние на концентрацию глюкозы в крови
Инсулин		А) печень		
		Б) мышцы		
		В) жировая ткань		
Адреналин		А) печень		
		Б) мышцы		
Кортизол		А) печень		
		Б) мышцы		

1. Место синтеза гормона:
  - а) кора надпочечников;
  - б) мозговой слой надпочечников;
  - в)  $\alpha$ -клетки островков Лангерганса поджелудочной железы;
  - г)  $\beta$ -клетки островков Лангерганса поджелудочной железы.
2. Влияние на обмен углеводов:
  - а) глюконеогенез;
  - б) мобилизация гликогена;
  - в) синтез гликогена;
  - г) поступление глюкозы в клетки.

**Задание 2.5** — Рассмотрите рисунок 12.5, проанализируйте регуляцию уровня Гл в крови и выполните следующие задания:

а) укажите концентрацию глюкозы, соответствующую состоянию нормо-, гипо- и гипергликемии;

б) выпишите факторы, вызывающие снижение и повышение уровня Гл в крови:



**Рисунок 12.5** — Регуляция уровня глюкозы в крови при нормо-, гипо- и гипергликемии

**Задание 2.6** — Перепишите схему поддержания гомеостаза Гл в крови (рисунок 12.6). Укажите источник Гл для каждого временного этапа, выбирая правильные варианты из приведенных ниже: ГНГ, гликогенолиз, Гл пищи, ГНГ и частично гликогенолиз.



**Рисунок 12.6** — Схема поддержания гомеостаза глюкозы в крови

**Задание 2.7** — Заполните таблицу 12.3. Для каждого временного этапа укажите название гормона или гормонов, контролирующих уровень Гл в крови, выбирая правильные варианты из приведенных ниже: глюкагон; инсулин; в основном кортизол; глюкагон и в меньшей степени кортизол.

Таблица 12.3 — Гормоны, контролирующие уровень глюкозы в крови

	Абсорбтивный период	Постабсорбтивный период	Начальный период голодания	Продолжительное голодание
Название гормона				

**Задание 2.8** — Перепишите схему распределения глюкозы в организме (рисунок 12.7). Укажите ткани, использующие глюкозу для каждого временного этапа:

- головной мозг и эритроциты;
- все ткани кроме мышечной, жировой и печени;
- ткани;
- все ткани кроме печени и жировой, мышечная ткань — только при физической нагрузке.

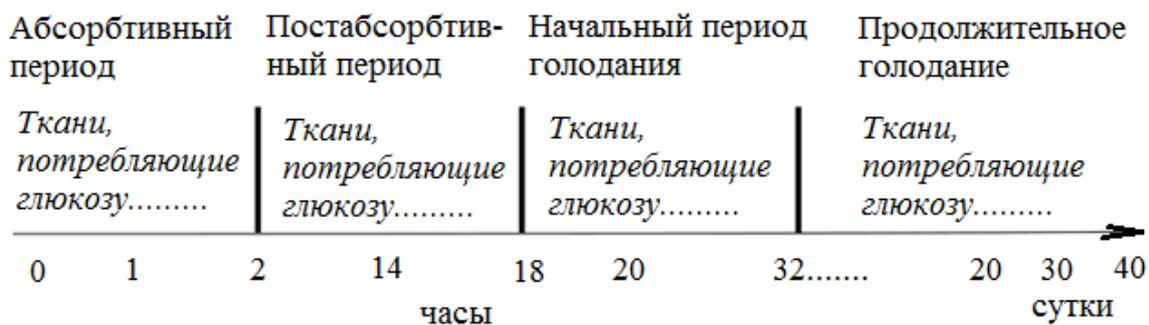


Рисунок 12.7 — Схема распределения глюкозы в организме при разных физиологических состояниях

### 3. Сахарный диабет 1 типа. Причины возникновения, биохимические сдвиги при инсулярной недостаточности, основные клинические проявления сахарного диабета. Диагностика сахарного диабета

**Задание 3.1** — Нарисуйте схему биохимических сдвигов при СД 1 типа (рисунок 12.8) и выполните следующие задания:

- обозначьте разными цветами пути метаболизма для разных органов и тканей;
- поясните каждый метаболический эффект, изображенный на схеме:
  - кровеносный сосуд:.....
  - печень: .....
  - жировая ткань: .....
  - мышца: .....
  - повышение Гл в крови за счет: .....

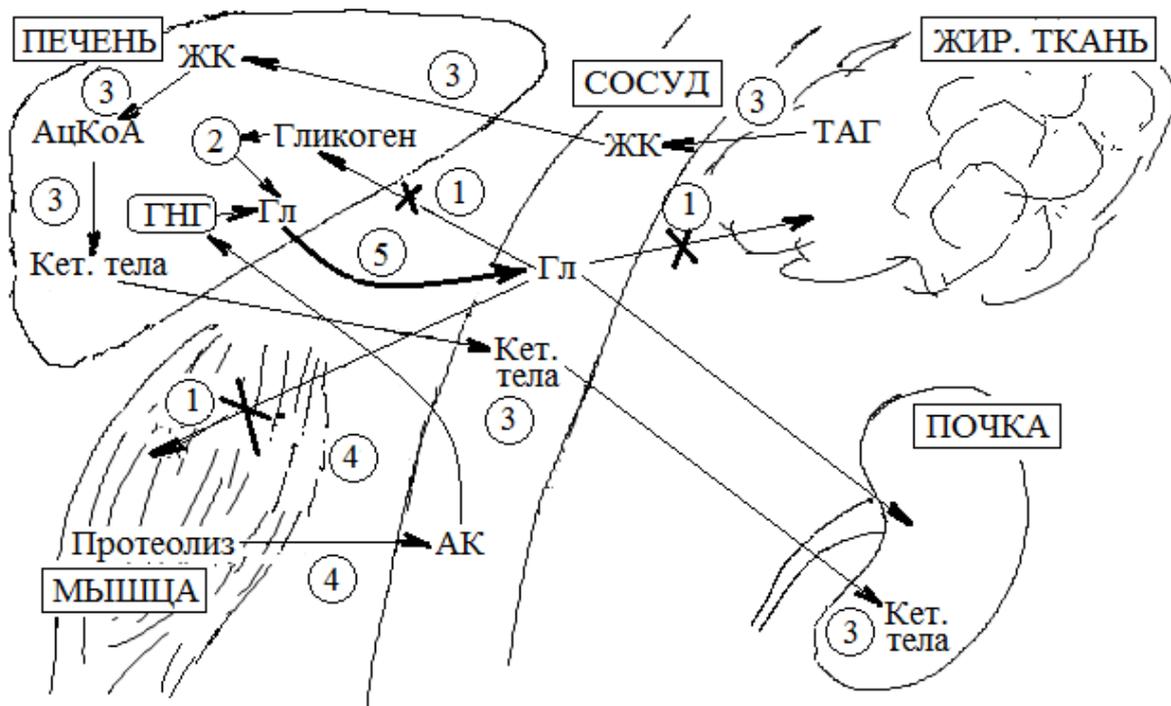


Рисунок 12.8 — Схема биохимических сдвигов при сахарном диабете 1 типа

**Задание 3.2** — Из предложенных ниже утверждений, выпишите правильные, отражающие клинические проявления СД 1 типа:

- а) полидипсия, полиурия, полифагия (синдром 3-х “П”);
- б) потеря массы тела;
- в) гипергликемия, глюкозурия;
- г) кетоацидоз (кетонемия, кетонурия);
- д) пигментация кожных покровов;
- е) нарушение регенерации тканей, трофические язвы;
- ж) множественный кариес;
- з) атеросклероз;
- и) отказ от еды;
- к) микроангиопатии, нейропатии;
- л) хроническая почечная недостаточность;
- м) слепота.

**Задание 3.3** — Перерисуйте схему гликемической кривой здорового пациента и больного инсулинзависимым СД (рисунок 12.9). Отметьте, какой из графиков отражает динамику изменения уровня Гл в крови здорового пациента, а какой — больного (А-?; Б-?).

**Задание 3.4** — Охарактеризуйте принципы построения и анализа гликемических кривых, закончив следующие предложения следующими терминами: 1 г; 1 кг; 3,3–5,5 ммоль/л; 7,0–7,5 ммМ/л; 30 мин; 1 ч; 1,5–2 ч.

- а) Исходный уровень Гл натощак должен быть в пределах — .....
- б) Глюкоза принимается из расчета ..... на ..... массы тела.
- в) Каждые ..... в крови определяют уровень Гл.
- г) Максимальный уровень Гл в крови достигается примерно через .....
- д) Максимальный уровень Гл в крови составляет примерно ..... (выше исходного не более чем на 30–50 %).
- е) Снижение уровня Гл в крови до исходного уровня происходит через.....

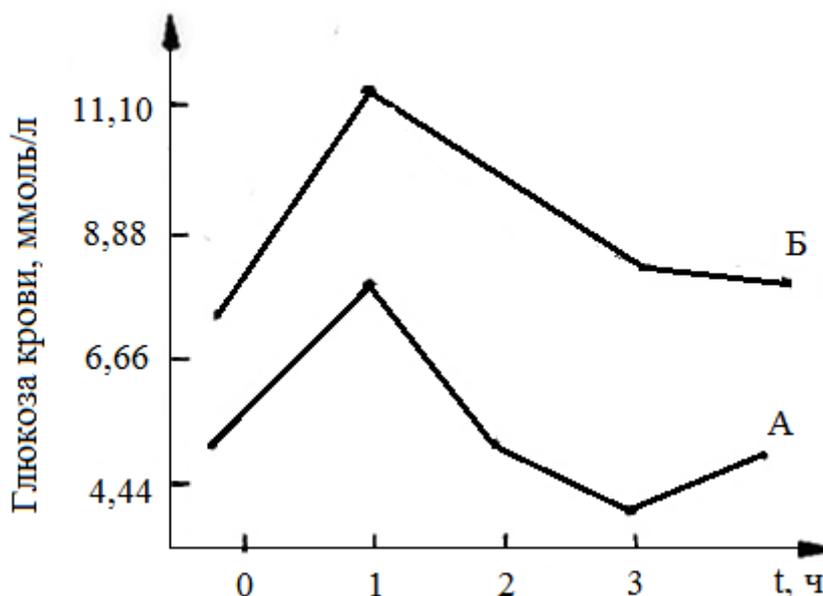


Рисунок 12.9 — Схема гликемических кривых здорового человека и больного инсулинзависимым сахарным диабетом

**Задание 3.5** — Заполните таблицу 12.4.

Таблица 12.4 — Концентрация глюкозы в крови здорового пациента и пациента с сахарным диабетом

Время (ч)	Концентрация глюкозы в крови	
	Здоровый пациент	Пациент с СД
0		
1		
1,5–2		

**Задание 3.6** — Охарактеризуйте принципы расчета коэффициента Бодуэна, который используется для оценки сахарных кривых. Охарактеризуйте его клинко-диагностическое значение.

$$K_B = \frac{B - A}{A} \times 100 \%,$$

где А — .....

В — .....

В норме  $K_B = 50 \%$ , если выше  $80 \%$  — признак нарушения.

**Задание 3.7** — Рассчитайте коэффициент Бодуэна для гликемических кривых А и В, изображенных на рисунке 12.9. Сделайте соответствующие выводы.

**Задание 3.8** — Заполните таблицу 12.5.

Таблица 12.5 — Лабораторная диагностика сахарного диабета

Метод диагностики	Суть метода
Определение глюкозы в крови	
Определение глюкозы в моче	
Определение кетоновых тел в крови	
Определение кетоновых тел в моче	
Построение гликемических кривых	
Определение гликозилированного гемоглобина	
Определение С-пептида	
Антитела к клеткам островков Лангерганса	

**Задание 3.9** — Заполните таблицу 12.6, выбирая правильные варианты ответов из приведенных ниже:

- а) инсулиннезависимый / инсулинзависимый;
- б) у детей и молодых людей (до 30 лет) / у взрослых 40 лет;
- в) норма или повышена / снижена
- г) наследственные факторы + ожирение и резистентность клеток к действию инсулина / нарушение образования инсулина;
- д) норма или повышен / ниже нормы;
- е) диета, сахароснижающие препараты / инсулин.

Таблица 12.6 — Сравнительная характеристика сахарного диабета 1 и 2 типов

	СД 1 типа	СД 2 типа
Название		
Возраст манифестации		
Масса тела		
Причины		
Инсулин		
Лечение		

**4. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

### **Занятие 13**

**Тема:** Итоговое занятие по разделу «Биохимия углеводов».

**Цель занятия:** Самоконтроль усвоения знаний по вопросам раздела.

**Практическая часть:**

**Задание 13.1** — Ответьте на вопросы кроссворда и запишите правильные варианты ответов (рисунок 13.1).

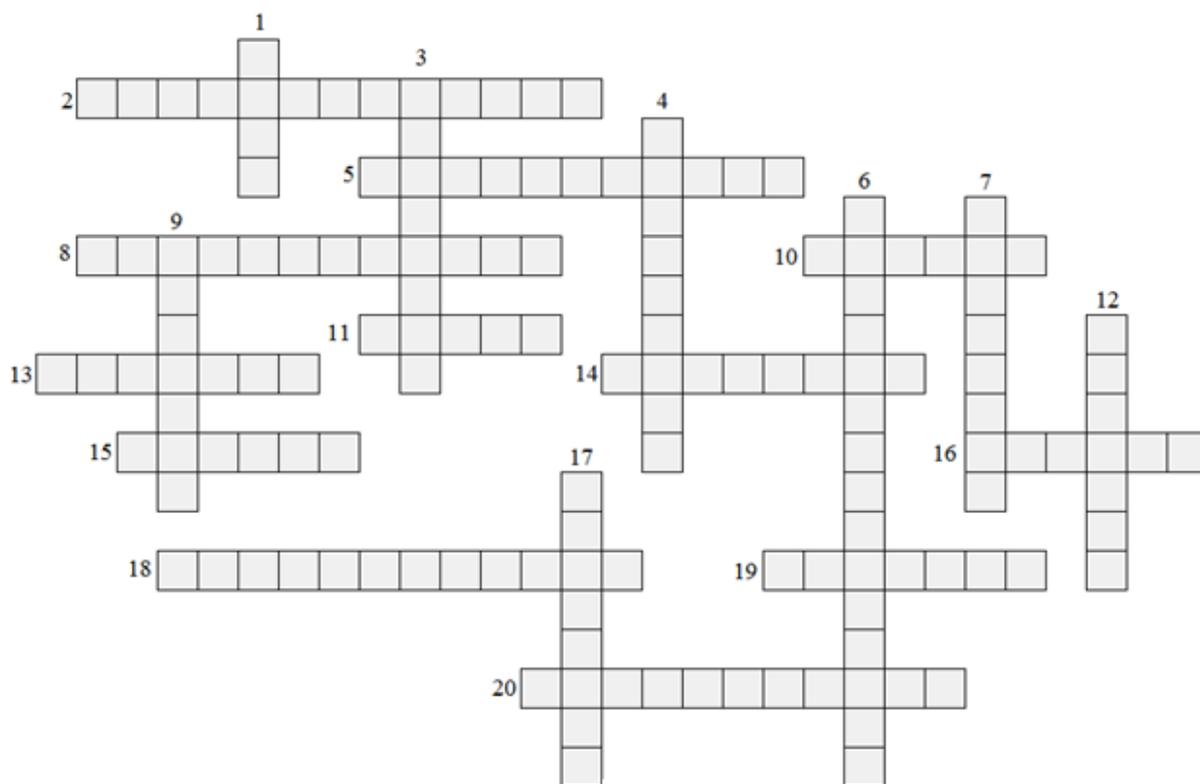


Рисунок 13.1 — Кроссворд по разделу «Биохимия углеводов»

**По горизонтали:** 2. Процесс синтеза Гл из неуглеводных предшественников; 5. Органелла, в которой локализован конечный этап аэробного окисления Гл; 8. Процесс распада гликогена; 10. АК, используемая для синтеза Гл в цикле Фелига; 11. Фамилия ученого, предложившего глюкозо-аланиновый цикл; 13. Субстрат для синтеза лактата; 14. Один из субстратов ГНГ; 15. Заболевание, развивающиеся вследствие дефицита инсулина; 16. Конечный продукт анаэробного гликолиза; 18. Продукт метаболизма этанола под действием АДГ; 19. Фермент расщепления крахмала; 20. Фермент фосфорилирования Гл.

**По вертикали:** 1. Фамилия ученого, предложившего глюкозо-лактатный цикл; 3. Форма депонирования углеводов в организме; 4. Гормон, повышающий уровень Гл в крови по срочному механизму; 6. Фермент синтеза гликогена; 7. Место локализации анаэробного гликолиза; 9. Гормон, снижающий уровень Гл в крови; 12. Фермент, расщепляющий дисахарид до Гл и галактозы; 17. Процесс анаэробного окисления Гл.

## РАЗДЕЛ 4. БИОХИМИЯ ЛИПИДОВ

### Занятие 14

**Тема: Липиды-1. Классификация, биологические функции. Переваривание и всасывание. Обмен липопротеидов**

**Цель занятия:** сформировать представления о строении, классификации основных липидов, их биологической функции, о молекулярных механизмах переваривания и всасывания липидов в желудочно-кишечном тракте. Изучить строение, химический состав, метаболизм и функциональную роль основных классов липопротеидов.

**Практическая часть:**

#### 1. Липиды — их строение и классификация

**Задание 1.1** — Дополните схему следующими терминами: ацилглицеролы, диольные липиды, насыщенные, гликолипиды, ненасыщенные, с нечетным числом углеродных атомов, воска, с четным числом углеродных атомов, стероиды, фосфолипиды, каротиноиды, терпены, сульфолипиды.

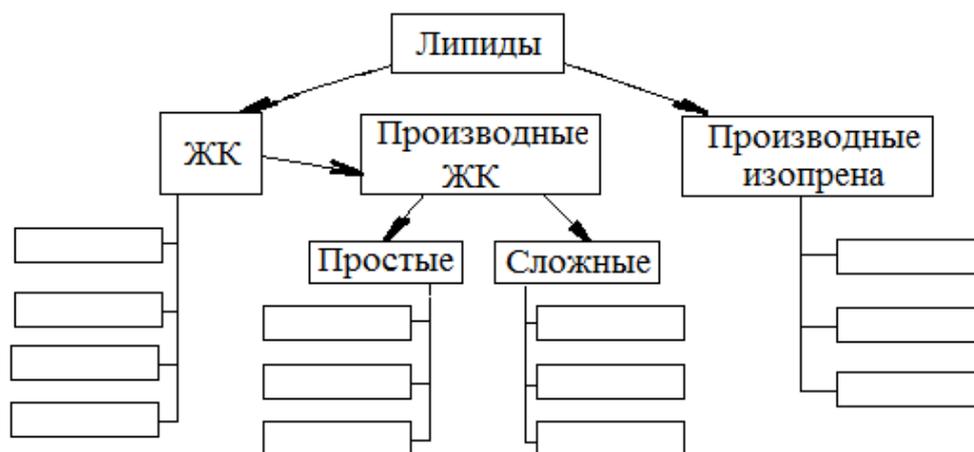


Рисунок 14.1 — Классификация липидов по химическому строению

#### 2. Роль липидов в построении биологических мембран

**Задание 2.1** — Рассмотрите рисунок 14.2. и подпишите основные компоненты биологических мембран следующими терминами: гидрофильная головка, ненасыщенная ЖК, гидрофобный хвост, Фл, периферический белок, жесткое стероидное кольцо, интегральный белок, насыщенная ЖК.

**Задание 2.2** — Рассмотрите строение молекулы ХС и предложите правильное расположение ее в билипидном слое (окно для ХС).

Следует помнить, что липидный бислой не является полностью однородным, а содержит рафты (липидные домены), обогащенные ХС и сфинголипидами, способные свободно плавать в жидком бислое клеточной мембраны.

**Задание 2.3** — Запишите определение понятия «липидный рафт».

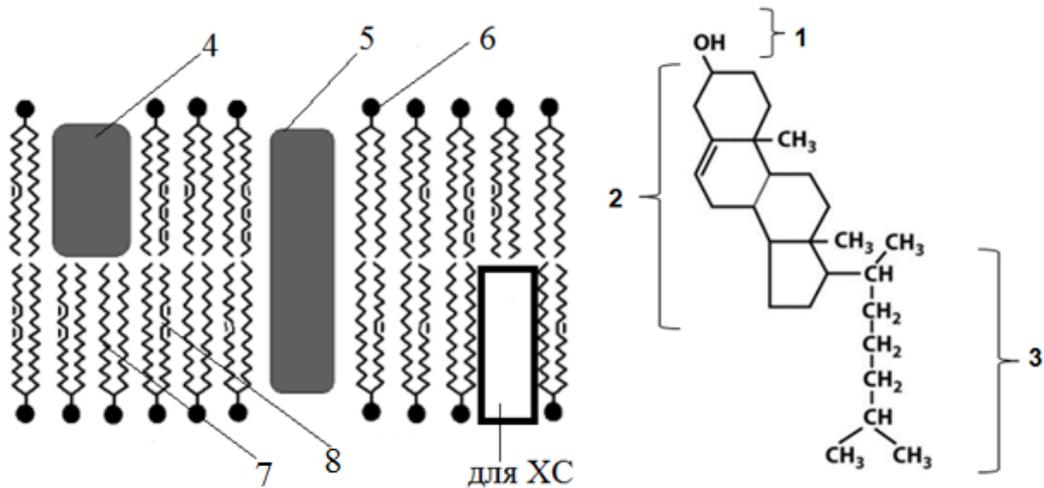


Рисунок 14.2 — Схема строения биологических мембран, строение холестерина

### 3. Переваривание и всасывание липидов в желудочно-кишечном тракте

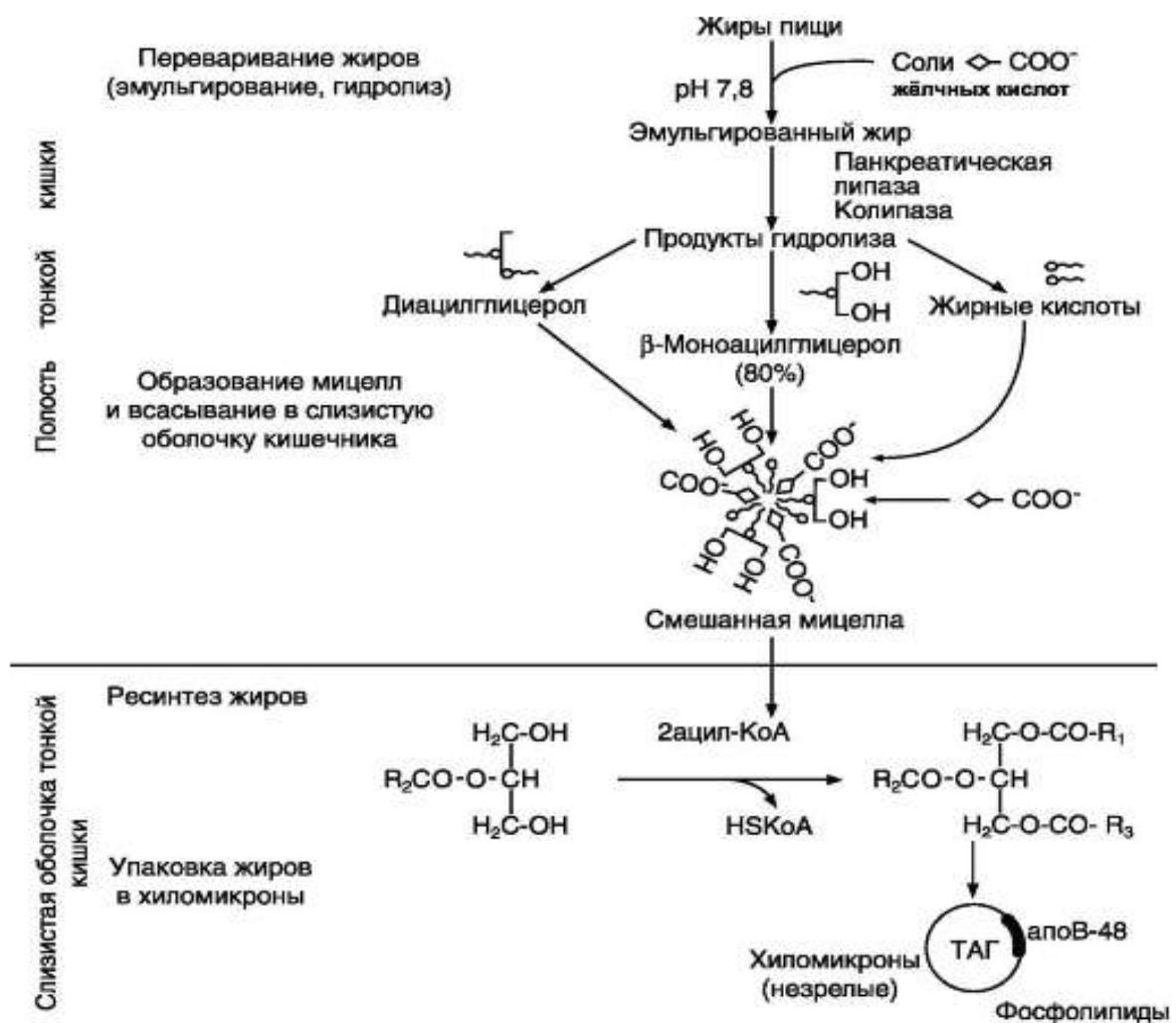


Рисунок 14.3 — Этапы переваривания и всасывания экзогенных жиров в тонком кишечнике [2]

**Задание 3.1** — Рассмотрите рисунок 14.3 и расположите в правильной хронологической последовательности следующие процессы: гидролиз, всасывание, транспорт, ресинтез, эмульгирование.

**Задание 3.2** — Запишите основные компоненты смешанных мицелл.

**Задание 3.3** — Перерисуйте рисунки 14.4 и 14.5 и выполните следующие задания:

а) допишите в схему формулу холестерина и обозначьте разными цветами гидрофильную и гидрофобную части молекулы в самой формуле и в схеме под ней (рисунок 14.4);

б) поясните механизм действия желчных кислот, дайте определение понятию «эмульгирование» и поясните физиологический смысл данного процесса.

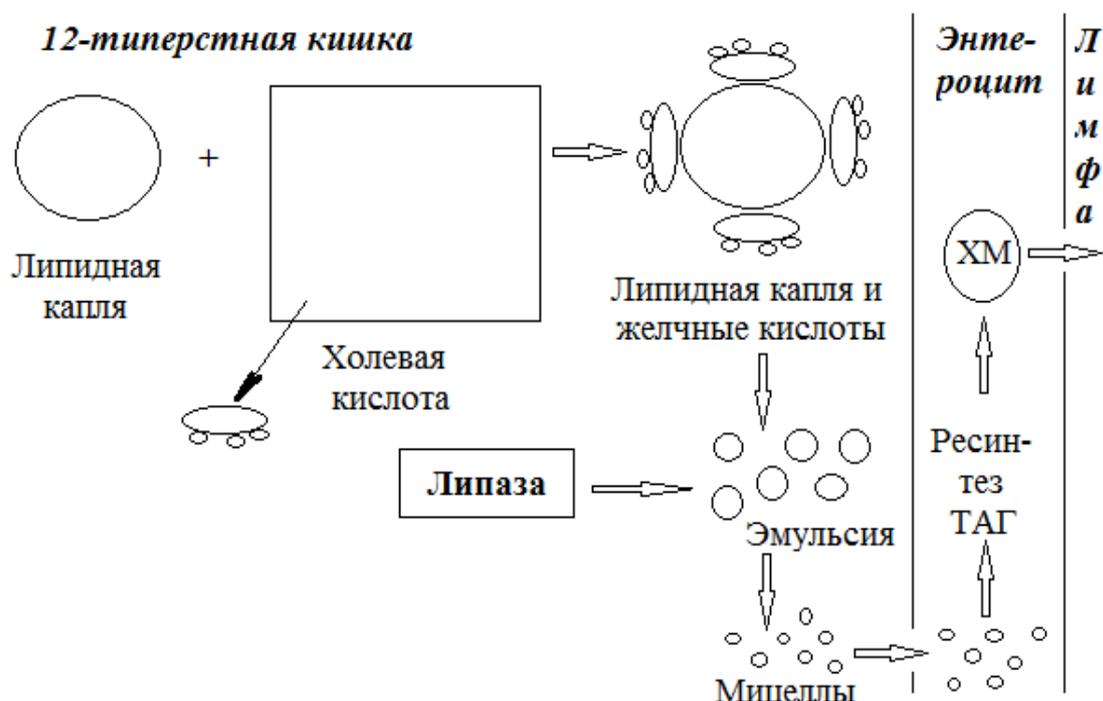


Рисунок 14.4 — Этапы переваривания и всасывания липидов

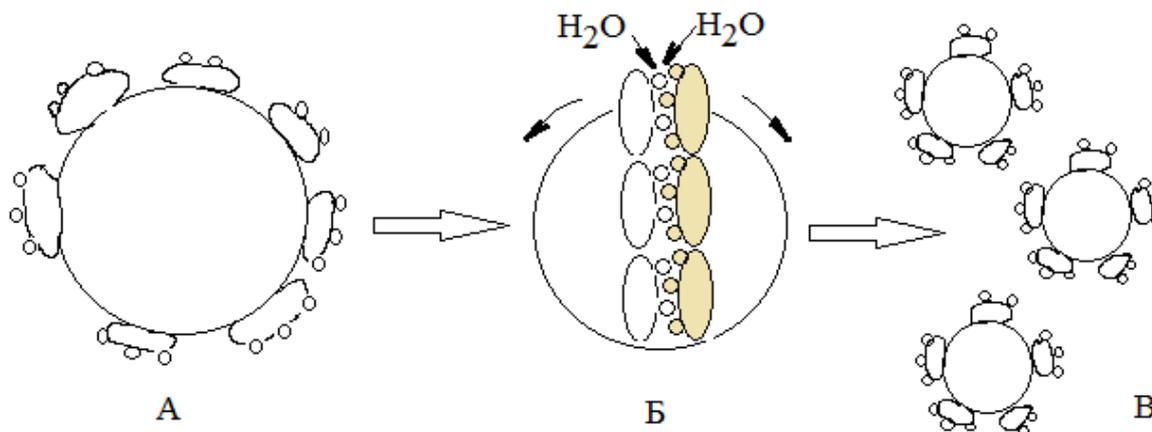


Рисунок 14.5 — Механизм эмульгирования жира

**Задание 3.4** — Дайте определение понятию «ресинтез» и поясните физиологический смысл данного процесса.

**Задание 3.5** — Объясните, каким образом осуществляется транспорт экзогенных жиров в крови и лимфе.

#### 4. Липопротеиды и их метаболизм

##### 4.1. Строение липопротеидов

**Задание 4.1.1** — Перепишите и подпишите формулы и схематические изображения веществ, входящих в состав липопротеида следующими терминами: ФЛ, апобелок, эфир ХС, свободный ХС, триглицериды (рисунок 14.6).

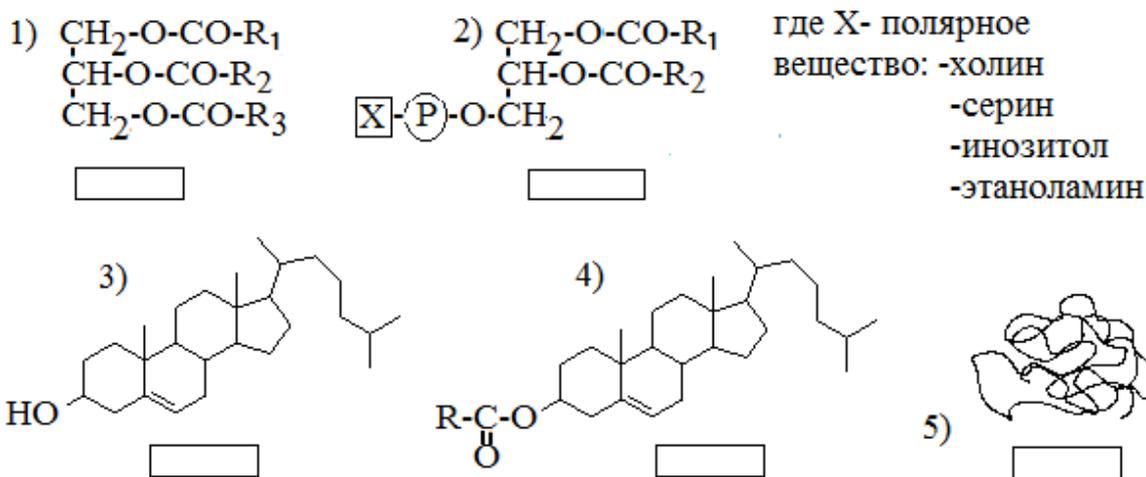


Рисунок 14.6 — Основные компоненты липопротеидных частиц

**Задание 4.1.2** — Отметьте разными цветами гидрофильные и гидрофобные части веществ, изображенных на рисунке 14.6.

**Задание 4.1.3** — Поясните, почему фосфолипид изображается в виде «головастика» с двумя «хвостами» (рисунок 14.7).

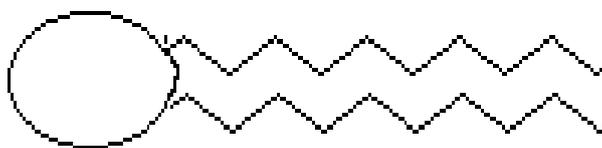


Рисунок 14.7 — Структурная формула фосфолипида

**Задание 4.1.4** — Запишите и запомните: липопротеид имеет гидрофобное ядро и гидрофильную оболочку.

**Задание 4.1.5** — Используя рисунок 14.6, отметьте разными цветами гидрофильные и гидрофобные части веществ, изображенных на рисунке 14.6.

**Задание 4.1.6** — Дополните рисунок 14.8 (А), расположив правильно все составные части липопротеида (Б), пользуясь правилом задания 4.1.4.

Запомните: гидрофобная часть амфифильных веществ оболочки липопротеида повернута в сторону ядра.

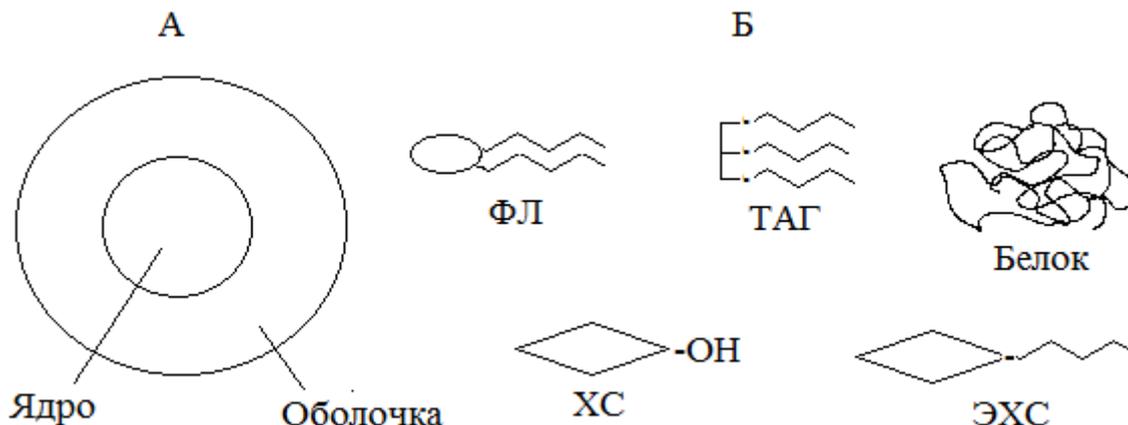


Рисунок 14.8 — Схема строения липопротеидной частицы

**Задание 4.1.7** — Запишите и запомните виды липопротеидов:

- ХМ;
- ЛПОНП, пре- $\beta$ -ЛП;
- ЛПНП;
- ЛПНП,  $\beta$ -ЛП;
- ЛПВП,  $\alpha$ -ЛП.

**Задание 4.1.8** — Пользуясь учебником, заполните таблицу 14.1.

Таблица 14.1 — Характеристика липопротеидов

Характеристика	ХМ	ЛПОНП	ЛПНП	ЛПВП
Плотность, г/см <sup>3</sup>				
Белок, %				
ФЛ, %				
ХС, %				
ЭХС, %				
ТАГ, %				
Апопротеины и их роль				

## 4.2. Метаболизм хиломикрона

**Задание 4.2.1** — Рассмотрите рисунок 14.9. и, пользуясь рисунком 14.10, выполните следующие задания:

- Опишите метаболизм ХМ.
- Укажите на рисунке 14.10 главный апобелок ХМ.
- Опишите роль ЛПВП в метаболизме ХМ.
- Что транспортируют ХМ?
- Запишите уравнение реакции, катализируемое ферментом ЛПЛ.
- Где разрушаются ХМ?

ж) Каким образом утилизируются вещества, принесенные ХМ (дополните схему рисунка 14.10)?

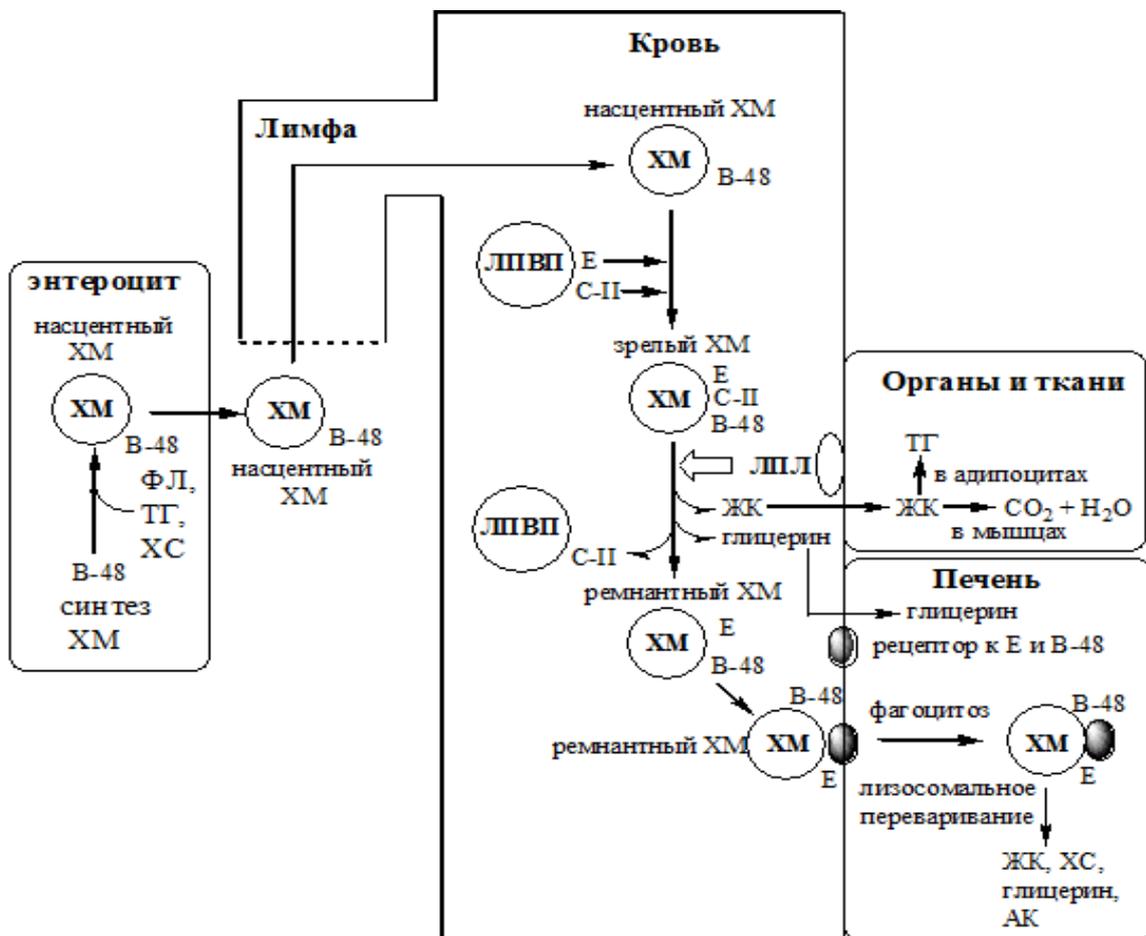


Рисунок 14.9 — Общая схема метаболизма хиломикрона [ ]

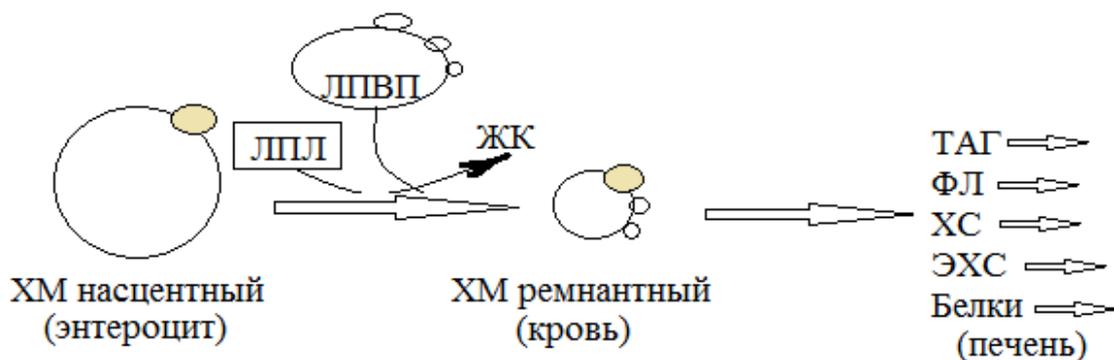


Рисунок 14.10 — Метаболизм хиломикрона

**Задание 4.2.2** — Заполните таблицу 14.2.

Таблица 14.2 — Строение хиломикрона

Хиломикрон	Насцентный	Зрелый	Ремнантный
Апобелки (какие?)			
ТАГ (мало/много)			

### 4.3. Метаболизм липопротеинов очень низкой плотности

**Задание 4.3.1** — Перерисуйте рисунок 14.11 и, пользуясь данными рисунка 14.12, опишите метаболизм ЛПОНП, ЛППП и ЛПНП. Укажите роль фермента ЛПЛ. Укажите главные апобелки каждого из липопротеидов.

**Задание 4.3.2** — Рассмотрите рисунок 14.12 и выделите разными цветами метаболизм ЛПОНП, ЛПНП и ЛПВП.

**Задание 4.3.3** — Каким образом утилизируются тканями вещества, принесенные ЛПНП (дополните схему рисунка 14.11)?

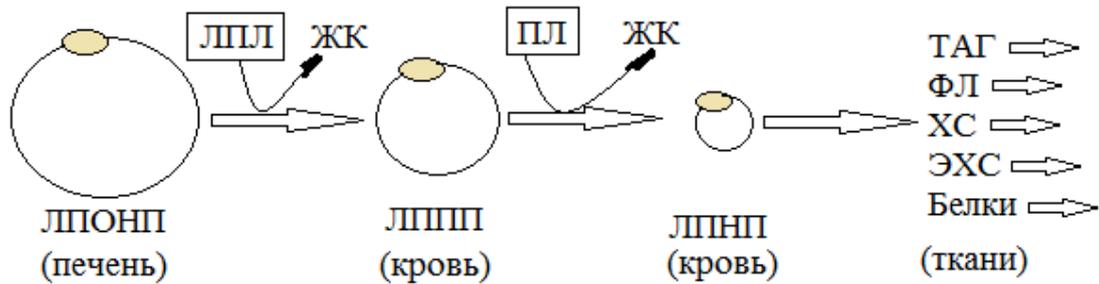


Рисунок 14.11 — Метаболизм липопротеидов низкой плотности

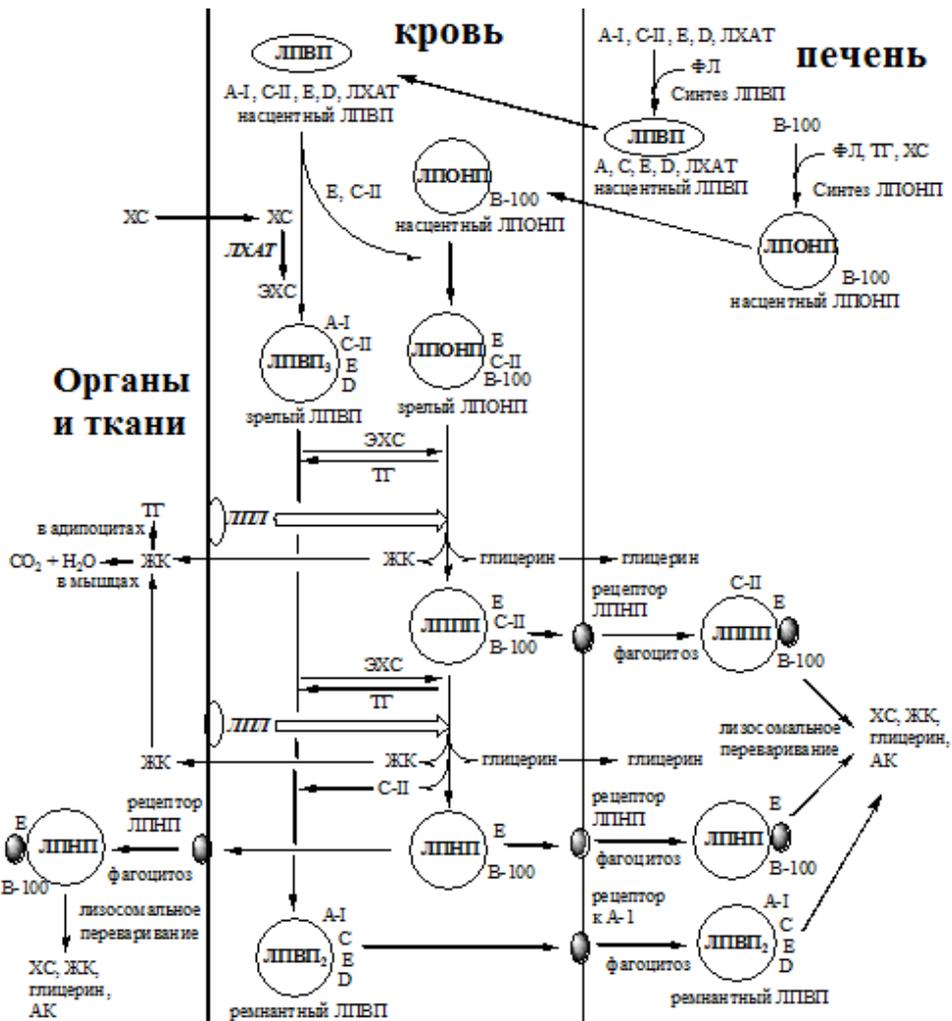


Рисунок 14.12 — Общая схема метаболизма ЛПОНП, ЛППП, ЛПНП и ЛПВП

#### 4.4. Метаболизм липопротеидов высокой плотности

**Задание 4.4.1** — Рассмотрите рисунки 14.12 и 14.13 и опишите метаболизм ЛПВП. Укажите главные апобелки этого липопротеида.

**Задание 4.4.2** — Перерисуйте рисунок 14.13. Какую форму имеют насцентные и зрелые ЛПВП? Объясните их отличия.

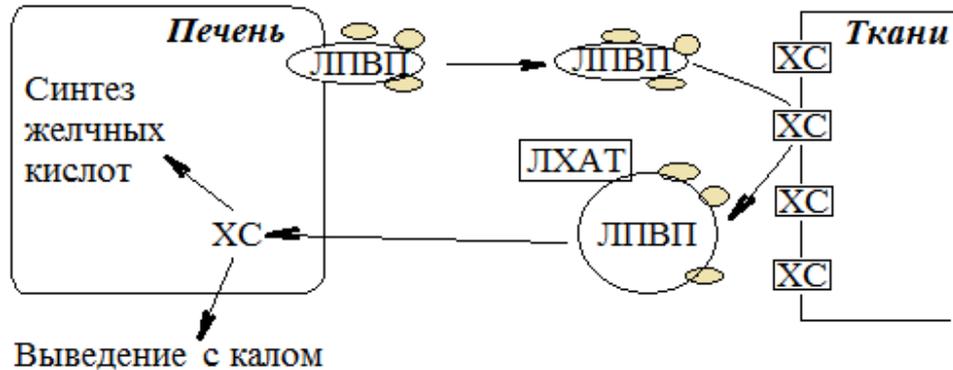


Рисунок 14.13 — Метаболизм липопротеидов высокой плотности

Таблица 14.3 — Характеристика липопротеидов

ЛП	ЛПОНП	ЛППП	ЛПНП	ЛПВП
Место синтеза				
Место разрушения				

**Задание 4.4.3** — Пользуясь рисунками 14.10, 14.11, 14.13, заполните таблицу 14.3

#### 4.5. Роль ферментов в метаболизме липопротеидов

**Задание 4.5.1** — Запишите химическими символами уравнение реакции Лецитин + ХС → Лизолецитин + ЭХС, катализируемой ферментом: ЛХАТ. Объясните физиологическое значение данной реакции, пользуясь рисунком 14.14.

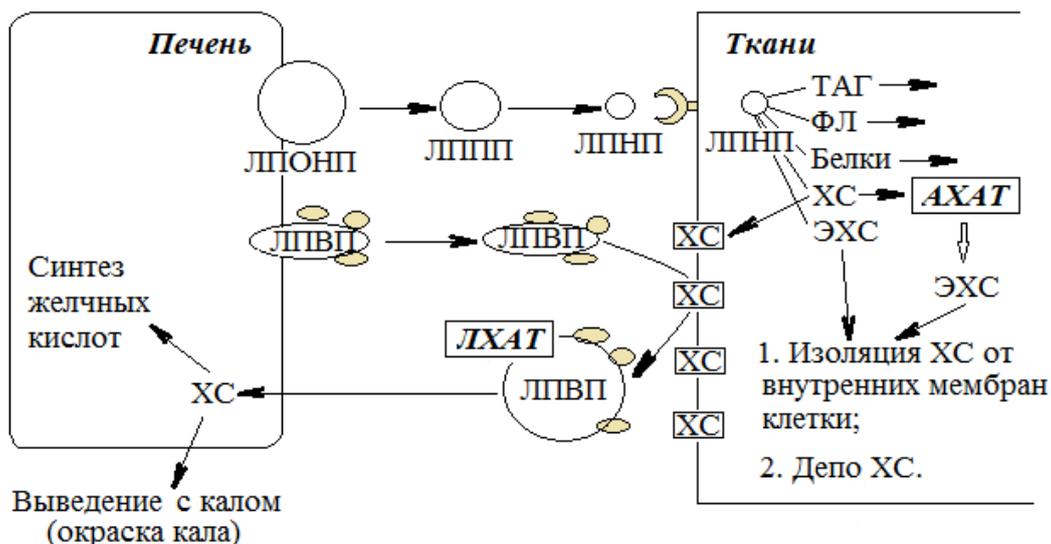


Рисунок 14.14 — Роль ферментов лецитин: холестерол-ацилтрансферазы и ацил-КоА-холестерол-ацилтрансферазы в метаболизме липопротеидов

**Задание 4.5.2** — Запишите химическими символами уравнение реакции  $XC + \text{Ацил-КоА} \rightarrow \text{ЭХС} + \text{HS-КоА}$ , катализируемой ферментом АХАТ. Объясните физиологическое значение данной реакции, пользуясь рисунком 14.14.

**Задание 4.5.3** — Обозначьте на схеме (рисунок 14.14) разными цветами транспорт ХС в ткани и из тканей. Поясните роль липопротеидов в данном процессе.

Таблица 14.4 — Сравнительная характеристика ферментов метаболизма липопротеидов

Фермент	ЛПЛ	ПЛ	АХАТ	ЛХАТ
Расшифровать аббревиатуру				
Место действия				
Биологическая роль				

**Задание 4.5.4** — Заполните таблицу 14.4, предложенными терминами: печеночная липаза, ЛХАТ, люминальная поверхность эндотелиальных клеток, цитозоль клеток, ЛПЛ, АХАТ, плазма крови, поверхность эндотелиальных клеток печеночных капилляров.

**5. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 15

**Тема:** Липиды-2. Тканевой обмен липидов. Катаболизм триацилглицеролов. Метаболизм кетонных тел

**Цель занятия:** изучить главные метаболические пути основных классов липидов (ТАГ, ЖК, КТ).

**Практическая часть:**

### 1. Механизм мобилизации триацилглицеролов (жира)

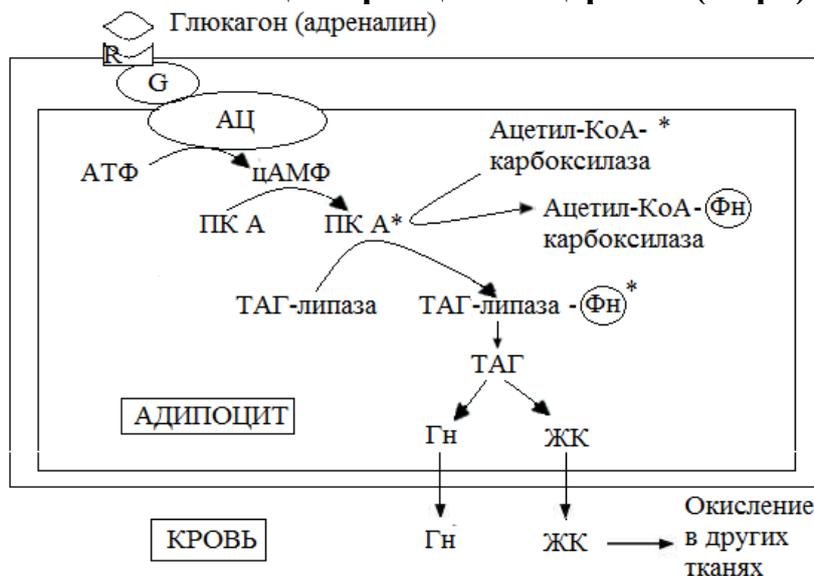


Рисунок 15.1 — Активация гормончувствительной ТАГ-липазы

**Задание 1.1** — Пользуясь рисунком 15.1. объясните изменения в метаболизме жировой ткани, если после последнего приема пищи прошло 14 ч. При ответе:

- а) укажите гормон, действие которого на жировую ткань преобладает в этих условиях;
- б) изобразите схему действия этого гормона на жировую клетку;
- в) запишите уравнение реакции, катализируемое ферментом аденилатциклазой;
- г) запишите уравнение реакции, катализируемое ферментом гормончувствительной ТАГ-липазой;
- д) выделите разными цветами ферменты синтеза ТАГ и его распада;
- е) сделайте выводы о фосфорилировании ферментов распада и синтеза ТАГ. Какой путь включается при фосфорилировании ферментов, а какой — при дефосфорилировании. Запишите вывод. Могут ли в клетке одновременно протекать процессы синтеза и процессы распада ТАГ?

**Задание 1.2** — Заполните таблицу 15.1 предложенными терминами: инсулин, полость тонкого кишечника, адипоциты, кровь (эндотелий), проникновение в клетки органов, колипаза, адреналин, ТАГ жировой ткани, пищевые жиры, ТАГ в составе липопротеидов, ЖК (3), МАГ, Гн (2), всасывание в слизистую тонкого кишечника, выход в кровь.

Таблица 15.1 — Сравнительная характеристика липаз

Характеристика	Панкреатическая липаза	ЛП-липаза	Гормончувствительная ТАГ-липаза
Место катализа			
Активатор, индуктор			
Субстрат для фермента			
Главные продукты реакции			
Судьба продуктов реакции			

## 2. Окисление триацилглицерола в тканях. Окисление глицерола, его энергетический баланс

**Задание 2.1** — Дополните схему рисунка 15.2.

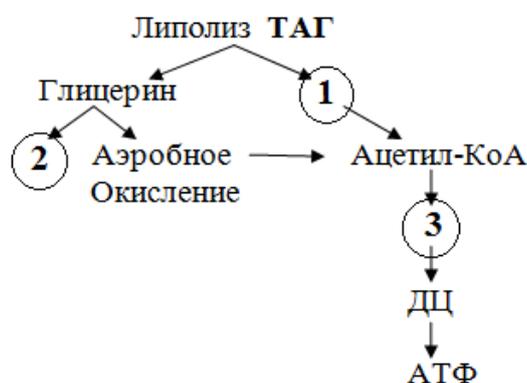


Рисунок 15.2 — Схема использования продуктов липолиза триглицеридов

**Задание 2.2** — Запишите уравнения окисления Гн (рисунок 15.3) и выполните следующие задания:

а) Выделите красным цветом уравнение активации Гн; зеленым — ОВР; желтым — реакции субстратного фосфорилирования; фиолетовым — реакцию окислительного декарбоксилирования пирувата.

б) Сколько молекул  $NADH+H$  и АТФ образуется при аэробном окислении глицерола?

в) Сколько молекул АТФ затрачивается при аэробном окислении глицерола?

г) Рассчитайте энергетический выход полного аэробного окисления 1 молекулы Гн, включая субстратное и окислительное фосфорилирования.

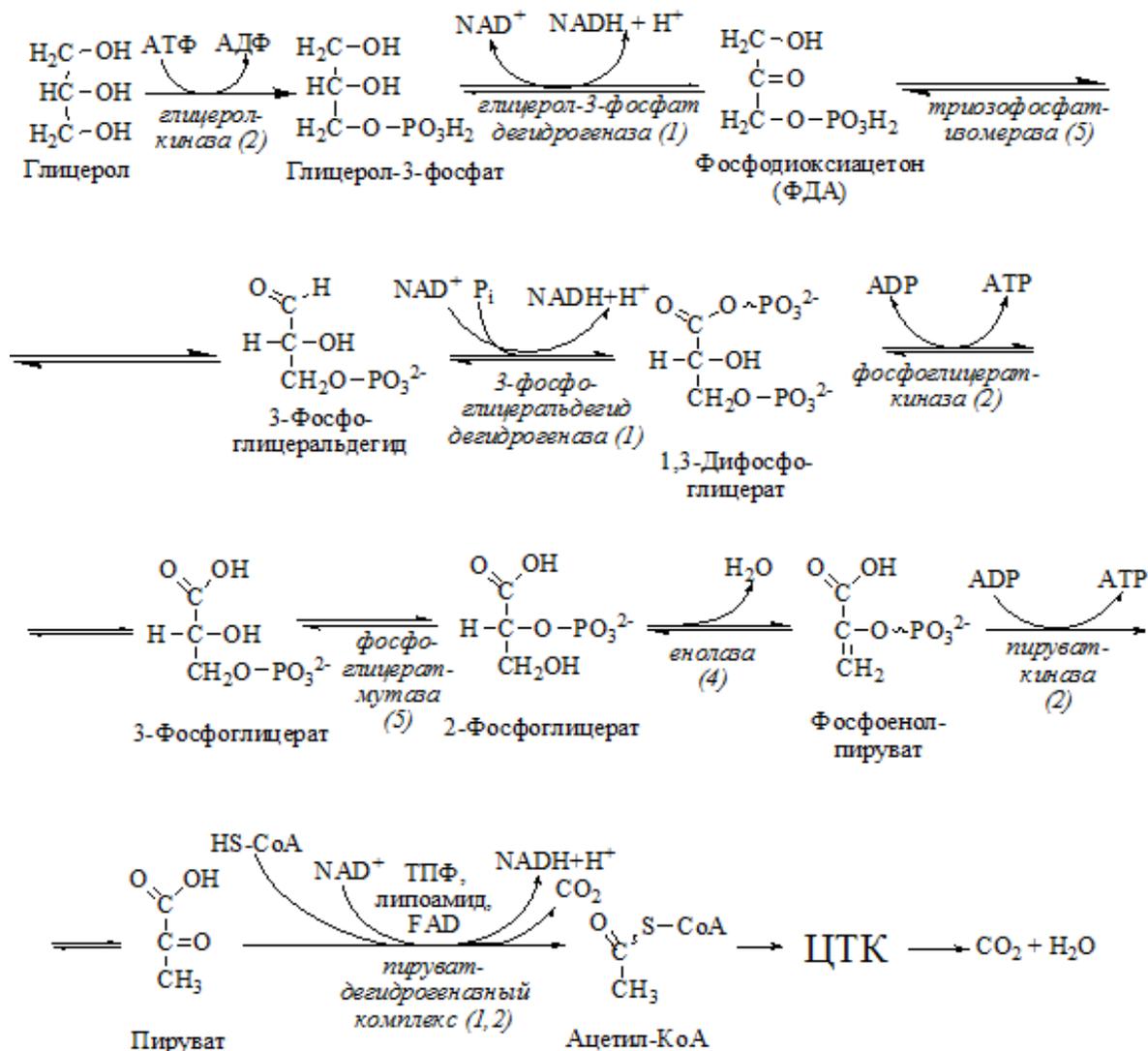


Рисунок 15.3 — Окисление глицерола

### 3. $\beta$ -окисление жирных кислот

**Задание 3.1** — Расположите последовательно следующие процессы: вступление ацетил-КоА в общий путь катаболизма, транспорт ЖК в

матрикс митохондрий (карнитин-ацилтрансферазы I и II), активация ЖК (ацил-КоА-синтетаза) в цитоплазме, последовательное циклическое отщепление  $C_2$ -фрагментов в матриксе митохондрий.

**Задание 3.2** — Рассмотрите рисунок 15.4 и выполните следующие задания: выделите красным цветом уравнение активации ЖК; желтым — транспорт ЖК; зеленым — непосредственно реакции  $\beta$ -окисления ЖК.

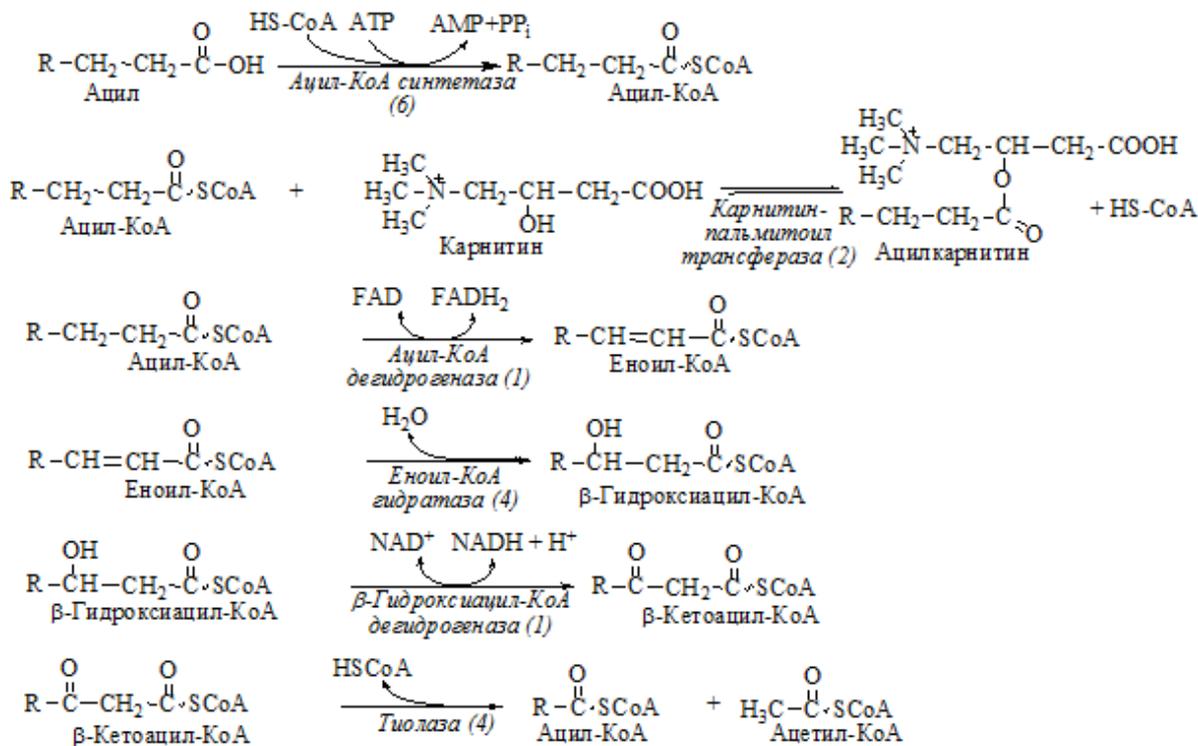


Рисунок 15.4 — Общие реакции окисления жирных кислот

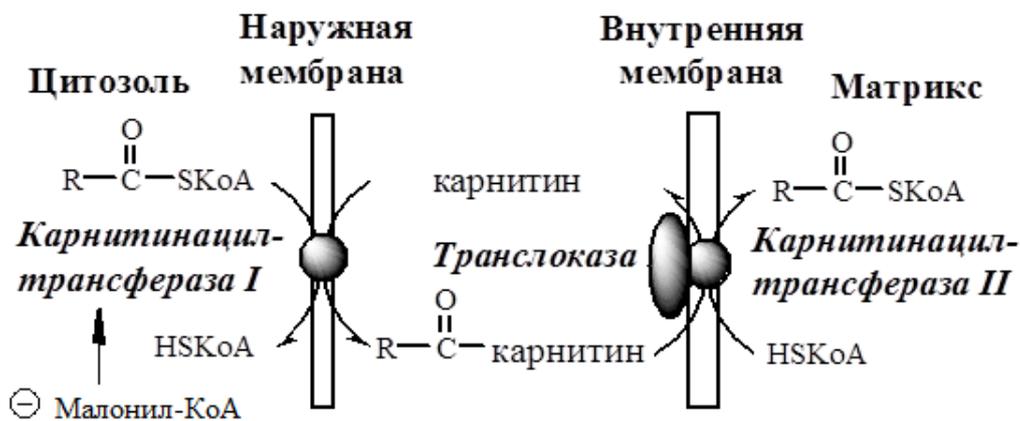


Рисунок 15.5 — Механизм трансмембранного переноса длинноцепочечного ацил-КоА в матрикс митохондрий при участии пальмитоил-карнитин- ацилтрансфераз и транслоказы

**Задание 3.3** — Рассмотрите рисунок 15.5 и выполните следующие задания:

а) запишите уравнение реакции образования ацилкарнитина;

б) нарисуйте схему субстратов БО (рисунок 1.2) и отметьте на ней локализацию переносчика карнитина и внутриклеточную локализацию реакций  $\beta$ -окисления ЖК.

**Задание 3.4** — Пользуясь формулой  $АТФ = [(n/2 - 1) \times 5 + N/2 \times 12] - 1 АТФ$  (где  $n$  — число атомов углерода в ЖК;  $(n/2 - 1)$  — число циклов  $\beta$ -окисления, каждый из которых обеспечивает синтез 5 молекул АТФ ( $FADH_2 - 2 АТФ$ ;  $NADH+H^+ - 3АТФ$ );  $n/2$  — число образовавшихся молекул ацетил-КоА, утилизируемых в ЦТК, обеспечивающего синтез 12 молекул АТФ; 1АТФ — затрачивается на этапе активации ЖК) рассчитайте полный энергетический выход аэробного окисления 1 молекулы пальмитиновой кислоты.

#### 4. Кетоновые тела

**Задание 4.1** — Дополните схему рисунка 15.6 и рассчитайте суммарный выход полного аэробного окисления 1 молекулы  $\beta$ -гидроксибутирата.

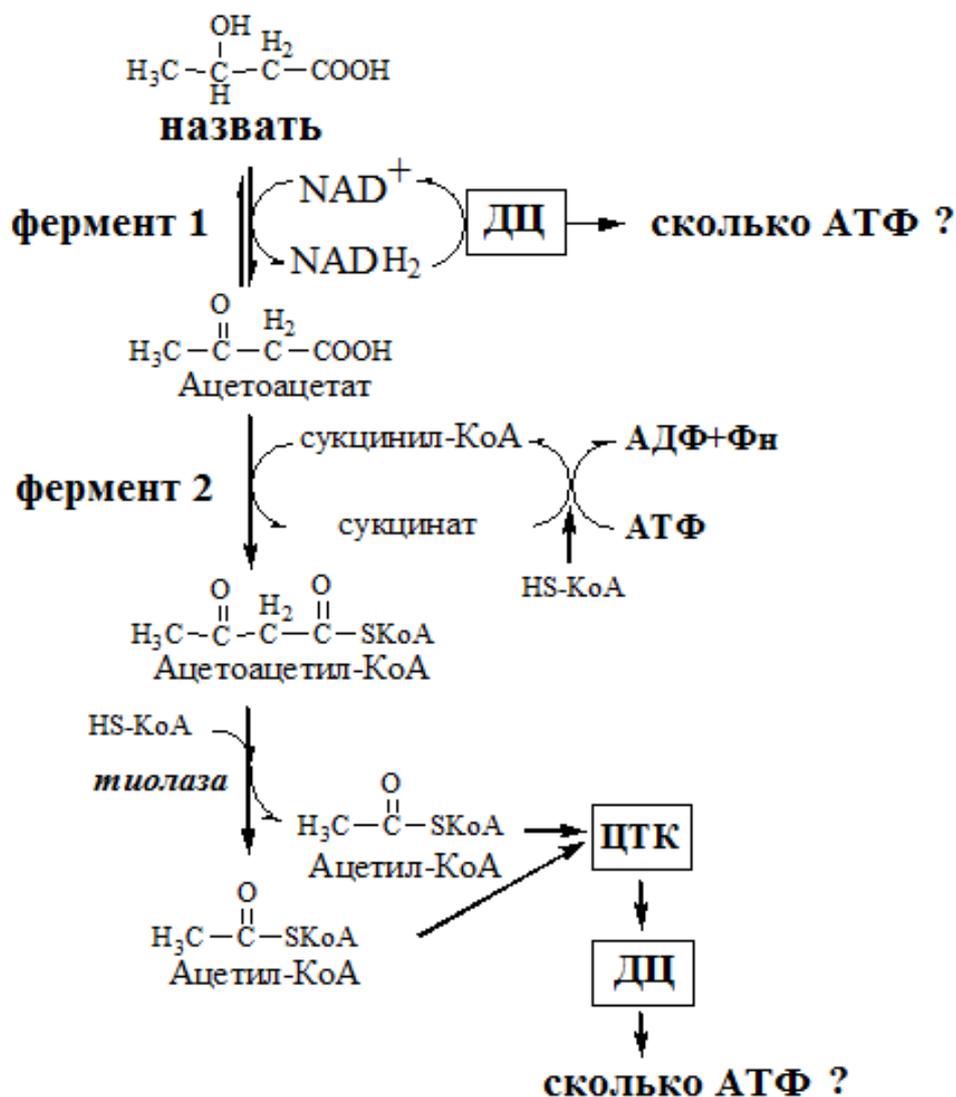


Рисунок 15.6 — Катаболизм кетоновых тел



**Задание 1.3** — Рассмотрите рисунок 16.2 и сделайте вывод о регуляции ферментативной активности фермента ацетил-КоА-карбоксилазы.

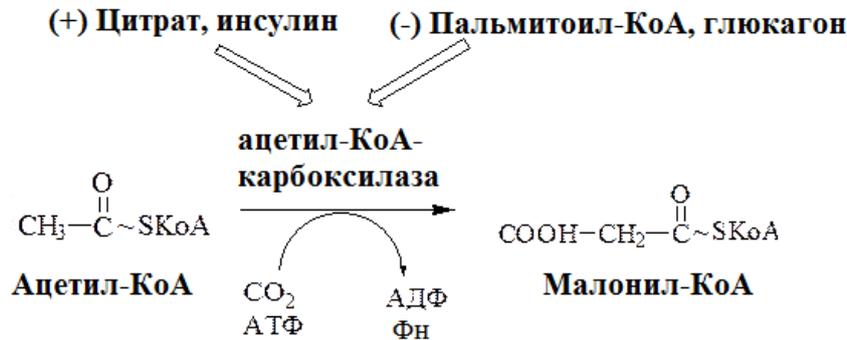


Рисунок 16.2 — Регуляция скорости лимитирующей реакции синтеза жирных кислот

**Задание 1.4** — Рассмотрите рисунок 16.3 и ответьте на следующие вопросы:

- а) Сколько субъединиц содержит активная форма синтазы ЖК?
- б) Сколько ЖК синтезируется одновременно?
- в) Выпишите 7 ферментов, участвующих в синтезе 1 ЖК.
- г) Что такое АПБ и какова его роль в синтезе ЖК?

Помните, что синтаза ЖК обеспечивает образование только пальмитиновой кислоты (C<sub>16</sub>), которая является основой для синтеза длинных и ненасыщенных ЖК в эндоплазматическом ретикулуме при участии других ферментов.



Рисунок 16.3 — Схема строения полиферментного комплекса синтазы жирных кислот

**Задание 1.5** — Заполните таблицу 16.1 предложенными терминами: редуктазы, ацилпереносящий белок, цитоплазма, выделение, митохондрии, дегидрогеназы, затраты, HS-КоА, FAD, NADP, NAD.

Таблица 16.1 — Сравнительная характеристика окисления и синтеза жирных кислот

Признак	Окисление	Синтез
Локализация		
Ферменты ОВР		
Коферменты		
Энергия		
Переносчик ацилов		

## 2. Биосинтез триацилглицеролов и фосфолипидов

**Задание 2.1** — Рассмотрите рисунок 16.4 и закончите следующие предложения:

- синтез жиров в печени происходит из продуктов катаболизма....;
- после еды, образующийся в результате аэробного гликолиза избыток ацетил-КоА активно используется для синтеза.....(1);
- глицерол-3-фосфат образуется двумя путями (2, 3). Запишите соответствующие уравнения реакций;
- синтез ТАГ и ФЛ (4,5) происходит через образование.....

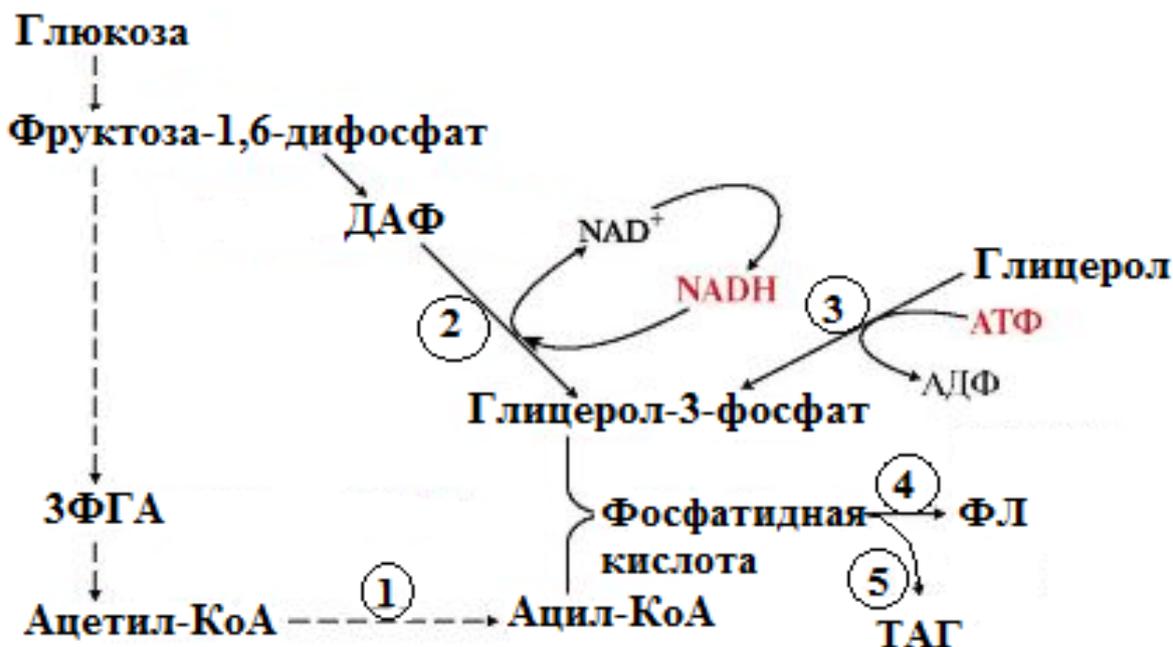


Рисунок 16.4 — Синтез липидов в печени

### 3. Биосинтез холестерина

Задание 3.1 — Дополните схему рисунка 16.5 о биологической роли ХС.

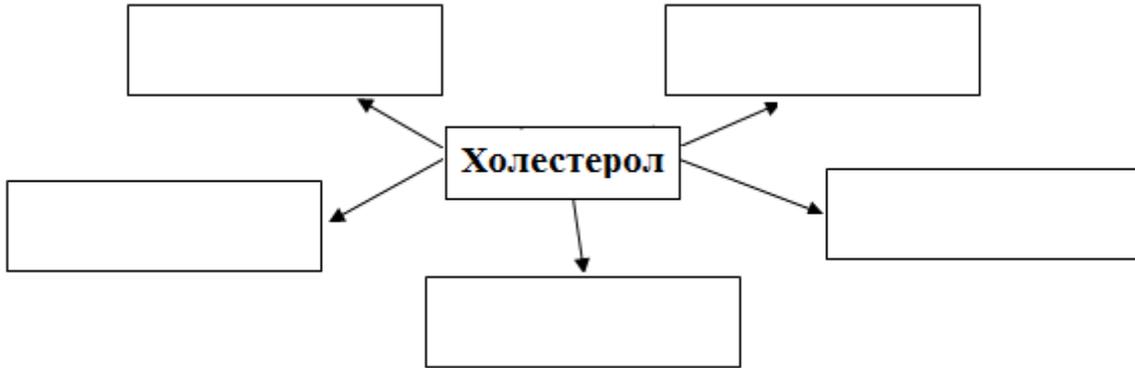


Рисунок 16.5 — Биологическая роль холестерина

Задание 3.2 — Рассмотрите рисунок 16.6 и отметьте следующие стадии синтеза ХС: 1. Превращение активного ацетата в мевалоновую кислоту; 2. Образование сквалена из мевалоновой кислоты; 3. Циклизация сквалена в ХС.

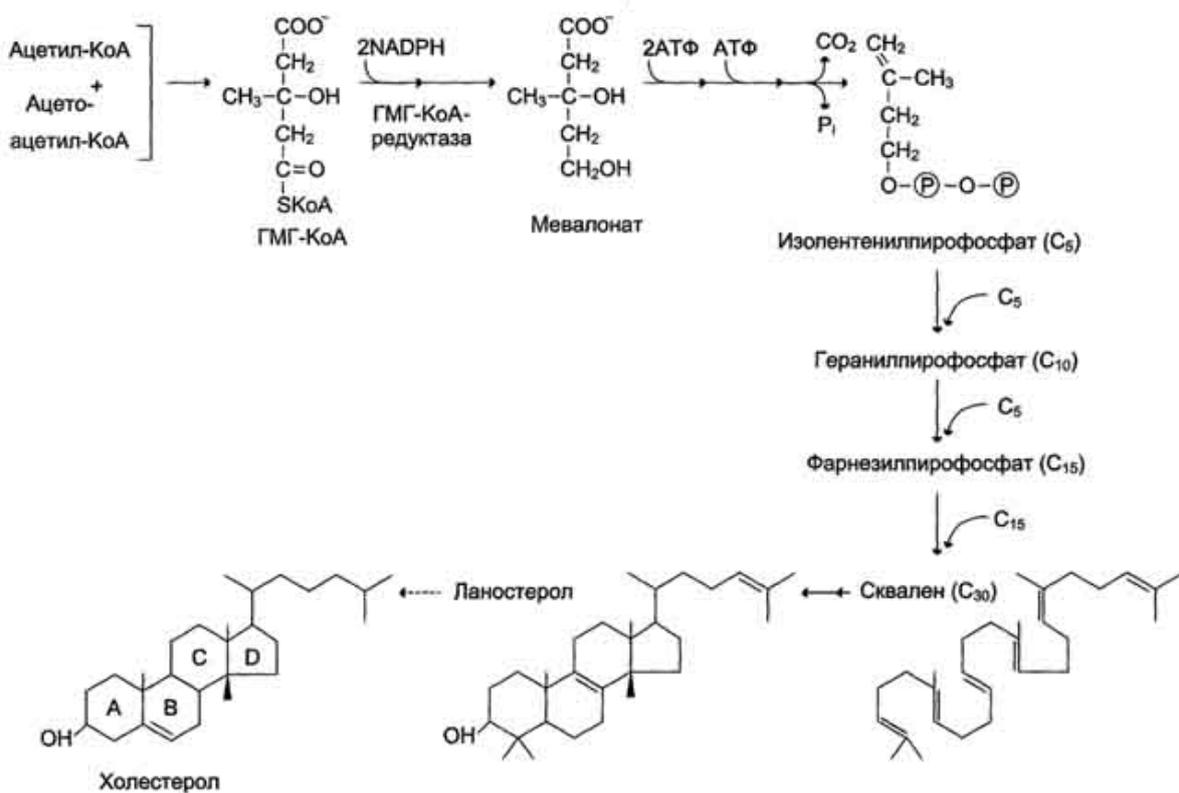


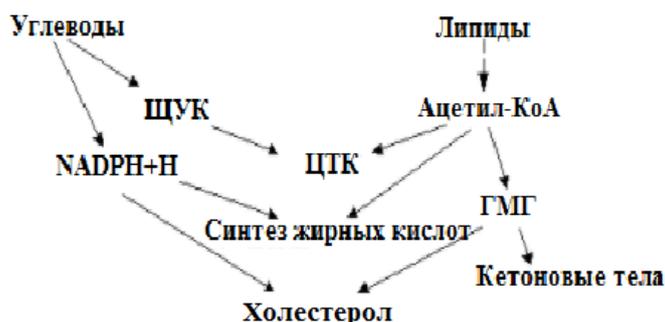
Рисунок 16.6 — Схема синтеза холестерина

Задание 3.3 — Вспомните схему транспорта ХС. Назовите атерогенные и антиатерогенные липопротеиды.

#### 4. Интеграция липидного и углеводного обменов

**Задание 4.1** — Пользуясь рисунками 16.7 и 1.2 закончите следующие предложения:

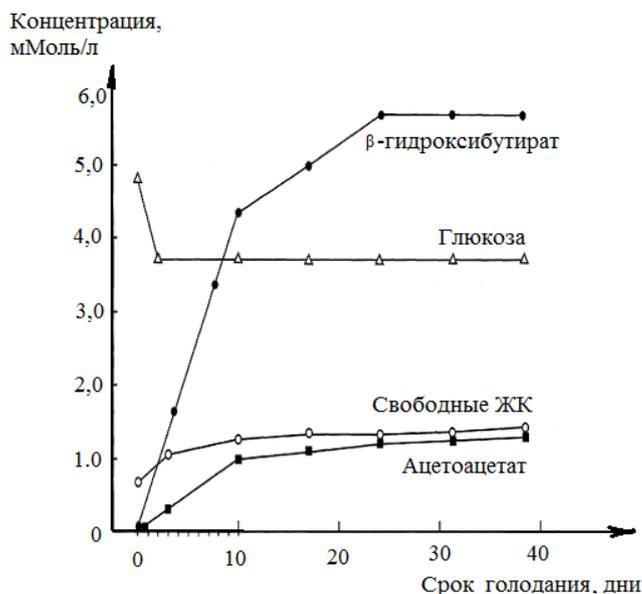
- а) .....?.....источник АТФ для синтеза ЖК;
- б) ПФП – источник.....?...для синтеза ЖК и ХС;
- в) ...?....., образующий при липолизе может быть субстратом ГНГ;
- г) Пируват источник образования ...?... и ...?....для синтеза ЖК;
- д) Гликолиз источник .....?....., который необходим для образования глицерол-3-фосфата – субстрата в синтезе ТАГ.



**Рисунок 16.7** — Схема интеграции липидного и углеводного обменов

**Задание 4.2** — Рассмотрите рисунок 16.8 и проанализируйте изменения в использовании различных субстратов как источника энергии при голодании.

Вспомните энергетический выход полного аэробного окисления 1 молекулы Гл, 1 молекулы пальмитиновой кислоты, 1 молекулы  $\beta$ -гидроксибутирата. Сравните.



**Рисунок 16.8** — Изменение содержания кетоновых тел, свободных жирных кислот и глюкозы в крови при голодании

**6. Общий вывод:** формулируется самостоятельно исходя из цели занятия.

## Занятие 17

**Тема:** Итоговое занятие по разделу «Биохимия липидов»

**Цель занятия:** самоконтроль усвоения знаний по вопросам раздела.

**Практическая часть:**

**Задание 17.1** — Ответьте на вопросы кроссворда и запишите правильные варианты ответов (рисунок 17.1).

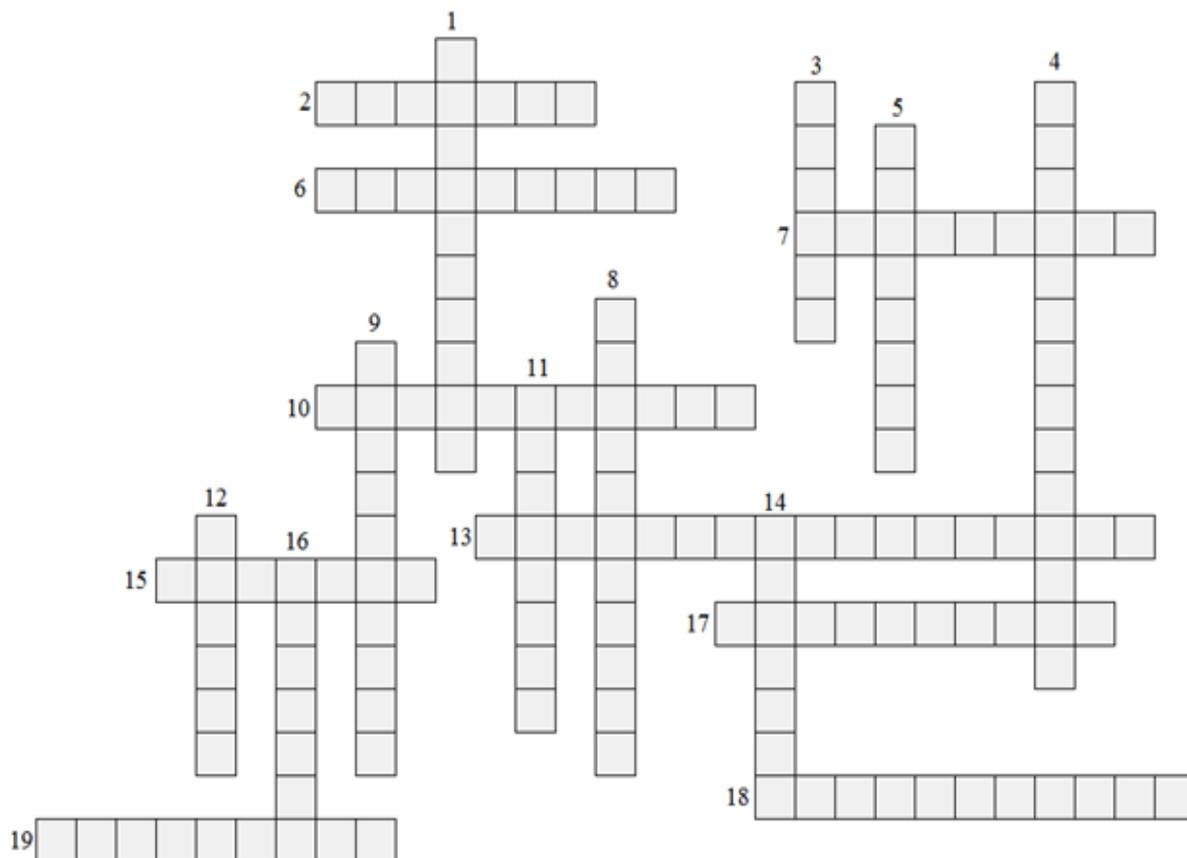


Рисунок 13.1 — Кроссворд по разделу «Биохимия липидов»

**По горизонтали:** 2. Процесс распада ТАГ; 6. Клетка, которая осуществляет ресинтез ТАГ; 7. Гормон, активирующий гормончувствительную ТАГ-липазу; 10. Транспортная форма липидов в крови; 13. Фермент, расщепляющий ТАГ в ХМ; 15. Фосфотидилхолин; 17. Сложный липид, входящий в структуру мембран; 18. Кетоновое тело; 19. Процесс синтеза липидов.

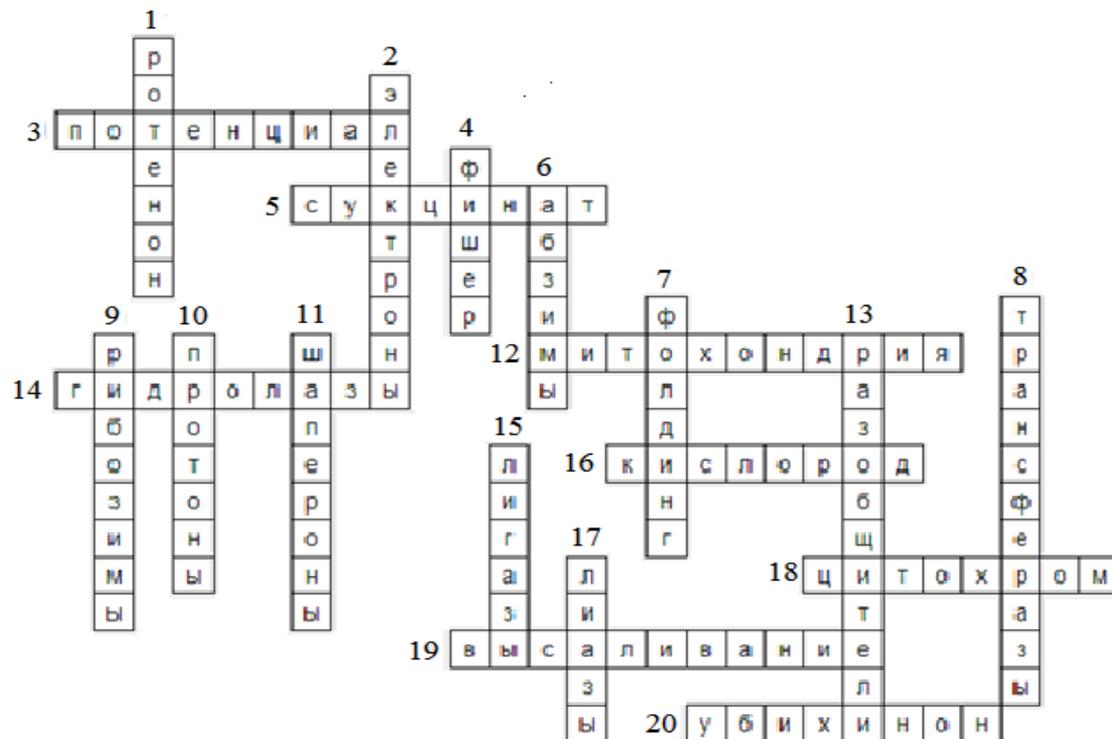
**По вертикали:** 1. Входит в состав биологических мембран и стабилизирует их; 3. Фермент расщепления липидов; 4. Процесс дробления липидных капель с участием желчных кислот; 5. Переносчик ЖК в митохондрию; 8. Органелла, в которой локализовано  $\beta$ -окисление ЖК; 9. Липопротеид, синтезируемый в энтероците; 11. Процесс обратного синтеза липидов в энтероците; 12. Орган синтеза ЛПВП; 14. Терминальный фермент  $\beta$ -окисления ЖК; 16. Гормон, активирующий синтез ТАГ.

## ЛИТЕРАТУРЫ

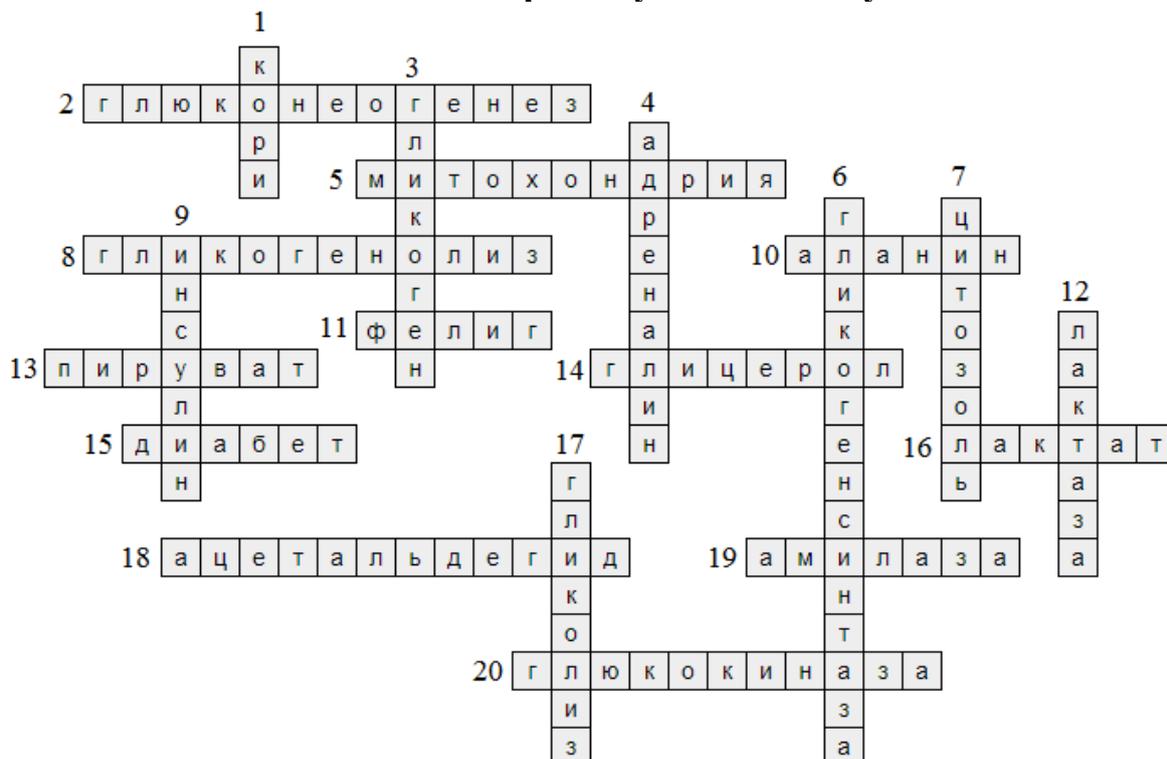
1. Биологическая химия: учебник / под ред. А. Д. Тагановича [и др.]. — 2-е изд., испр. — Минск: Выш. шк., 2016. — 670.
2. Биохимия: учебник для вузов / под ред. чл.-кор РАН Е. С. Северина. — 5-е изд., испр. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 768 с.
3. Сборник тестовых заданий по биологической химии: В 2 ч.: учеб.-метод. пособие / А. И. Грицук [и др.]. — Ч. I. — Гомель: ГомГМУ, 2017. — 74 с.
4. Биологическая химия: учебник для студ. мед. ВУЗ / В.К. Кухта [и др.]; под ред. А. Д. Тагановича. — Минск: БИНОМ, 2008. — 688 с.
5. Биологическая химия: учеб. пособие / В. В. Лелевич [и др.]; под общ. ред. В. В. Лелевич. — Минск: Выш. шк., 2015. — 380 с.
6. *Николаев, А. Я.* Биологическая химия / А. Я. Николаев. — 3-е изд., перераб. — МИА, 2007. — 568 с.
7. *Березов, Т. Т.* Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. — 3-е изд. — М.: Медицина, 2008. — 704 с.
8. *Зезеров, Е. Г.* Биохимия (общая, медицинская, фармакологическая): Курс лекций / Е. Г. Зезеров. — М.: Мед. информ. агенство, 2014. — 456 с.

## ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ КРОССВОРДОВ

Тема: Итоговое занятие по разделам «Введение в биохимию», «Энзимология и биологическое окисление»



Тема: Итоговое занятие по разделу «Биохимия углеводов»



**Тема: Итоговое занятие по разделу «Биохимия липидов»**

1

2 л и п о л и з

3 л и п

4 э м у

5 к а

6 э н т е р о ц и т

7 а д р е н а л и н

8 м и

9 х р

10 л и п о п р о т е и д

11 л е о

12 п

13 л и п о п р о т е и д л и п а з а

14 и н

15 л е ц и т и н

16 ч н к

17 ф о с ф о л и п и д

18 а ц е т о а ц е т а т

19 л и п о г е н е з

с

т

е

р

л

л

с

х

н

н

д

е

р

и

я

з

л

а

з

а

ц

е

т

о

а

ц

е

т

а

т

Учебное издание

**Грекова** Зинаида Вячеславовна  
**Малаева** Екатерина Геннадьевна  
**Щербакова** Екатерина Николаевна и др.

**ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ БИОХИМИИ**  
(для самостоятельной работы)

**Учебно-методическое пособие**  
**для студентов 2 курса всех факультетов**  
**учреждений высшего медицинского образования**

**В двух частях**

**Часть 1**

Редактор ***Т. М. Кожмякина***  
Компьютерная верстка ***Ж. И. Цырыкова***

Подписано в печать 25.10.2018.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная 70 г/м<sup>2</sup>. Гарнитура «Таймс».  
Усл. печ. л. 4,88 Уч.-изд. л. 5,34. Тираж 150 экз. Заказ № 462.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/46 от 03.10.2013.  
Ул. Ланге, 5, 246000, Гомель.