

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 |
| РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В БИОХИМИЮ | 7 |
| <i>Занятие 1.</i> Вводное занятие. Введение в биохимию | 7 |
| <i>Занятие 2.</i> Строение и функции белков | 8 |
| РАЗДЕЛ 2. ЭНЗИМОЛОГИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ | 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 |
| РАЗДЕЛ 3. БИОХИМИЯ УГЛЕВОДОВ | 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 |
| РАЗДЕЛ 4. БИОХИМИЯ ЛИПИДОВ | 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 ₃ | — 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 ₂ | — рибофлавин |
| FAD | — окисленный флавинадениндинуклеотид |
| FAD H ₂ | — восстановленный флавинадениндинуклеотид |
| FMN | — окисленный флавиномононуклеотид |
| FMNH ₂ | — восстановленный флавиномононуклеотид |
| SGLT | — шероховатый натрий-глюкозный транспортёр |
| GLUT | — глюкозный транспортёр |
| K _m | — константа Михаэлиса |
| LT | — лейкотриены |
| NAD ⁺ | — окисленный никотинамидадениндинуклеотид |
| NADH ⁺ | — окисленный никотинамидадениндинуклеотидфосфат |
| PG | — простагландины |
| PP | — витамин В ₅ , или ниацин |
| Rf | — 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».

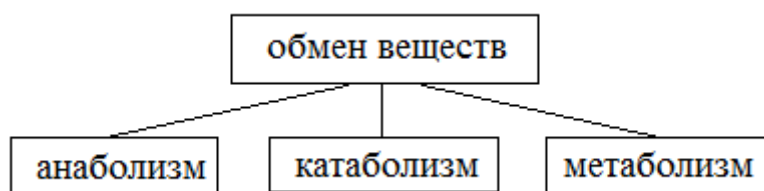


Рисунок 1.1 — Схема обмена веществ

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

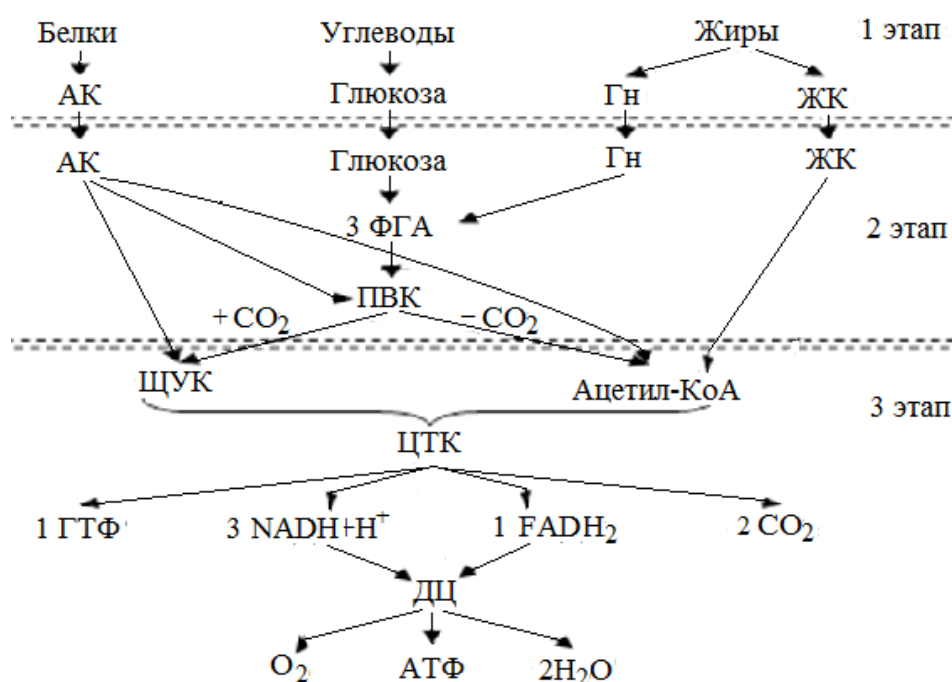


Рисунок 1.2 — Схема превращения субстратов биологического окисления

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 α -спираль и β -структуру (рисунок 2.1) и укажите на рисунке водородные связи.

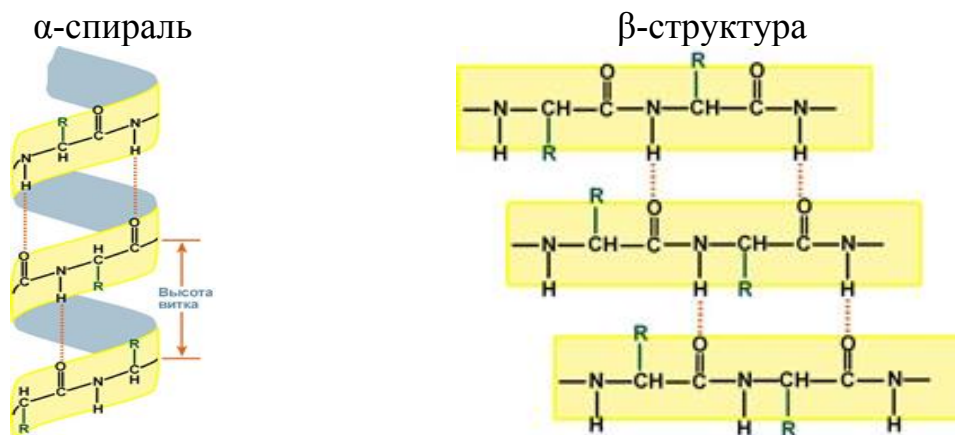


Рисунок 2.1 — Вторичная структура белка

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).

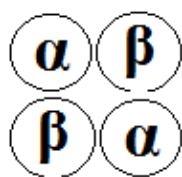


Рисунок 2.2 — Четвертичная структура молекулы белка гемоглобина

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.

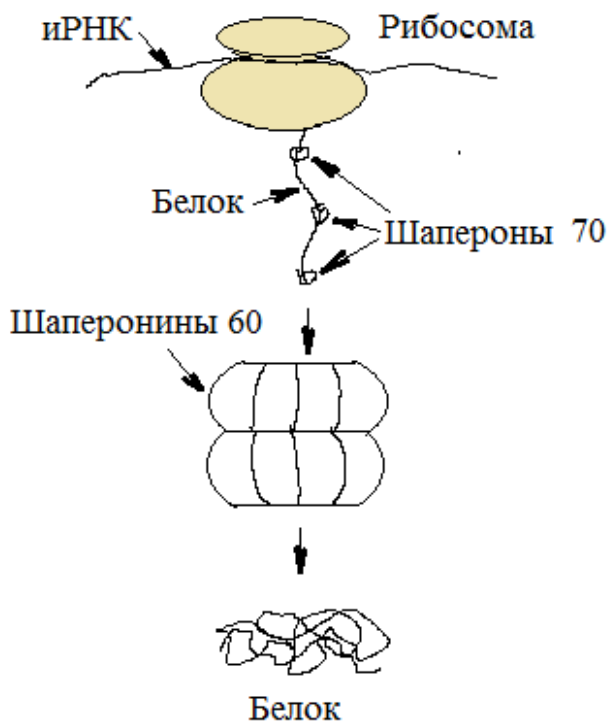


Рисунок 2.3 — Схема фолдинга белка

4. Методы выделения белка

4.1. Высаливание (рисунок 2.4)

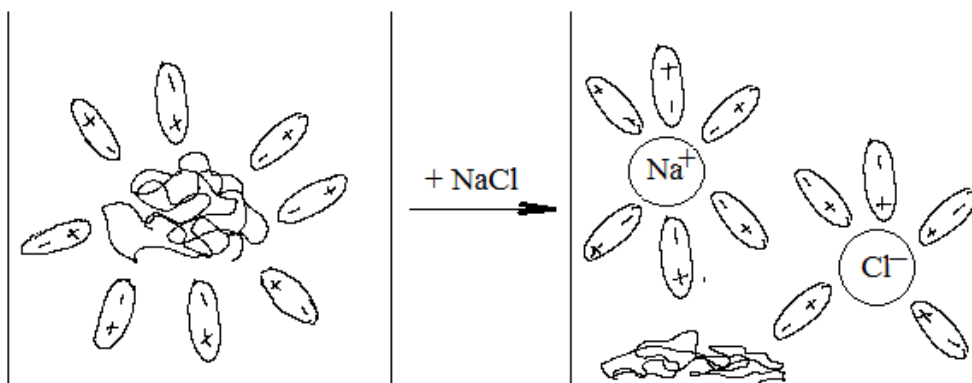


Рисунок 2.4 — Схема механизма высаливания белков из их водных растворов

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 получаемфракции;
- 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.

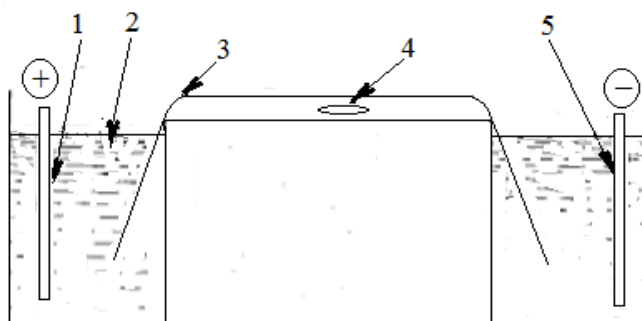


Рисунок 2.5 — Электрофорез белка

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).

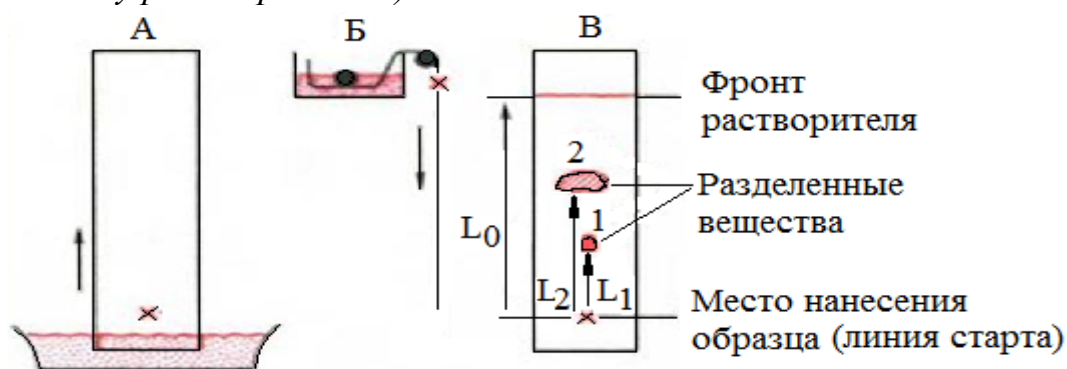


Рисунок 2.6 — Хроматография на бумаге:

A — восходящая хроматография; Б — 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)

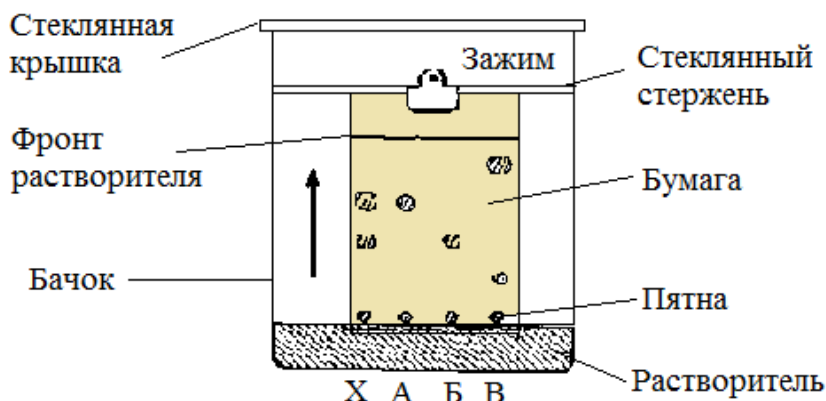


Рисунок 2.7 — Восходящая хроматография на бумаге. Пятно X принадлежит неизвестному веществу. Пятна А, Б и В принадлежат известным веществам, используемым для сравнения. Хроматограмма показывает, что вещество X содержит компоненты А и Б

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

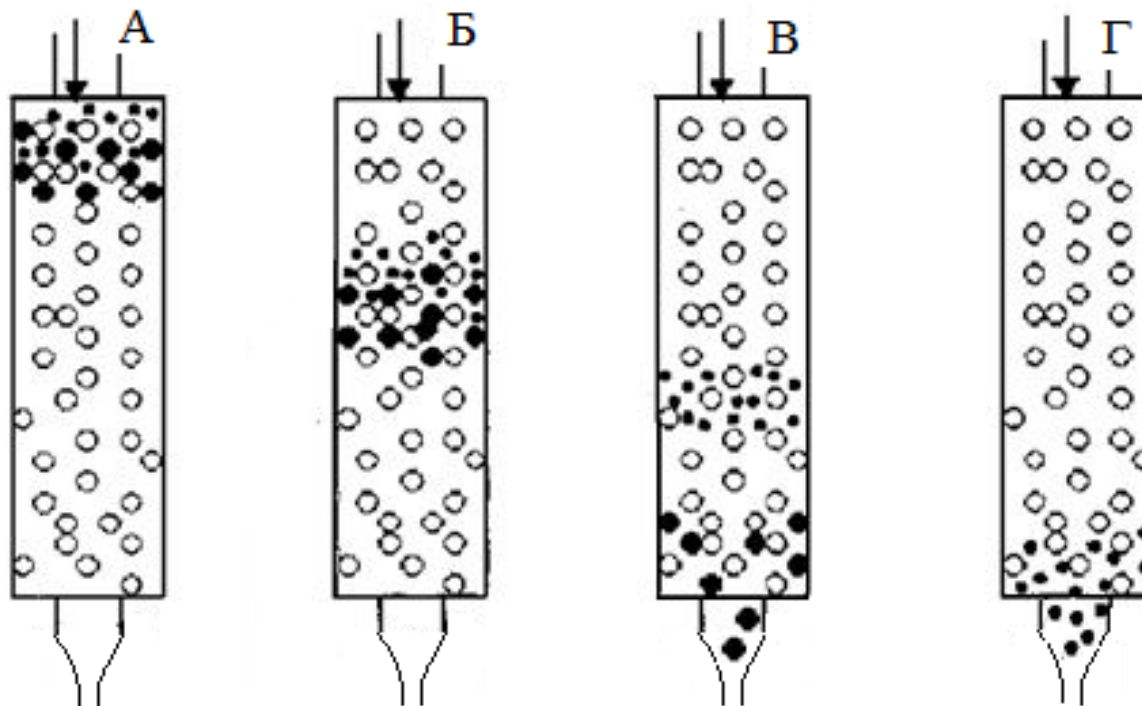


Рисунок 2.8 — Гель — хроматография:

*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:

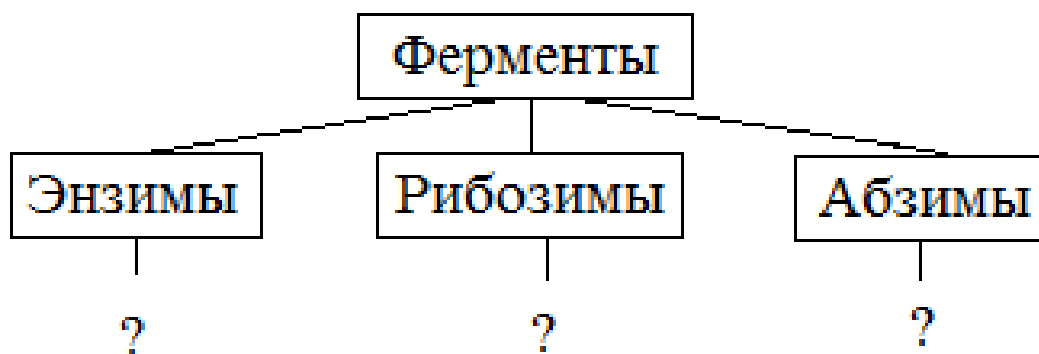


Рисунок 3.1 — Виды биологических катализаторов

2. Особенности ферментативного катализа (свойства ферментов)

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

- действуют в «мягких» условиях (температура -; рН -);
- 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 ₂ | (формула B ₂) | (формула FMN и FAD) |
| PP | (формула PP) | (формула NAD и NADF) |

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.

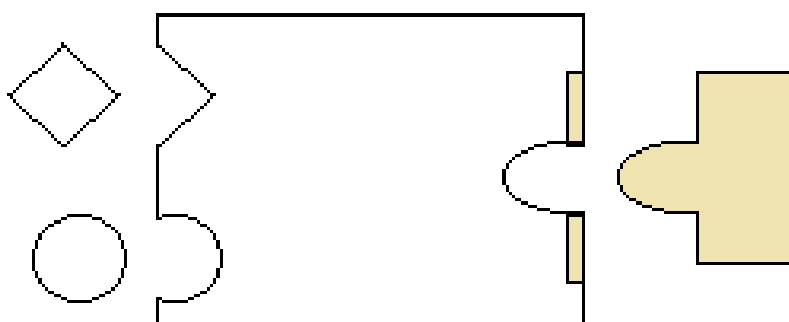


Рисунок 3.2 — Структурно-функциональная организация фермента

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.

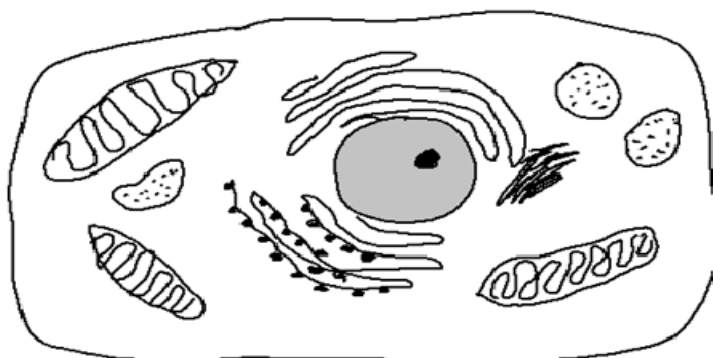


Рисунок 3.3 — Строение эукариотической клетки

7. Номенклатура и классификация ферментов

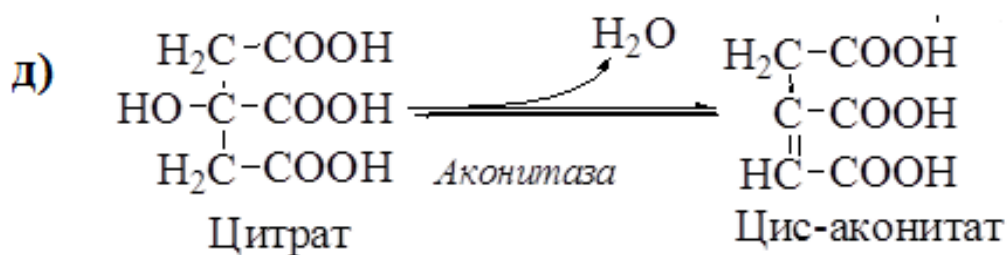
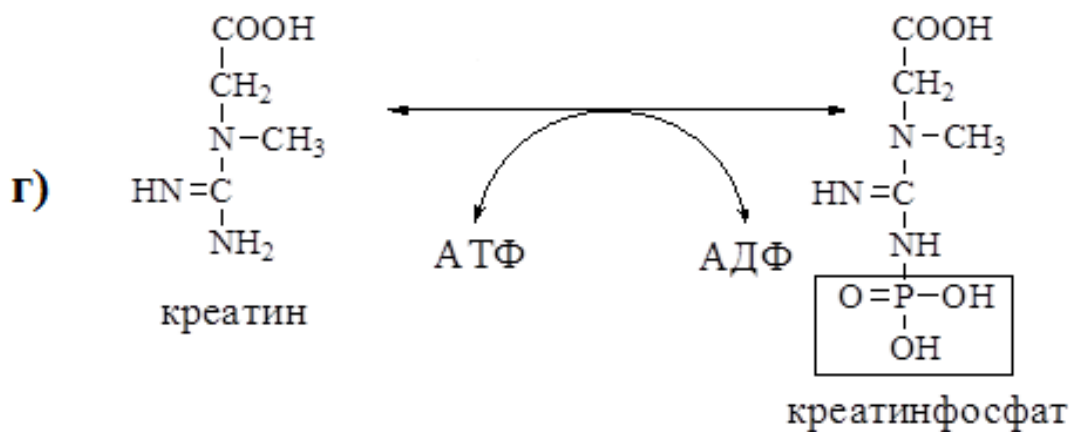
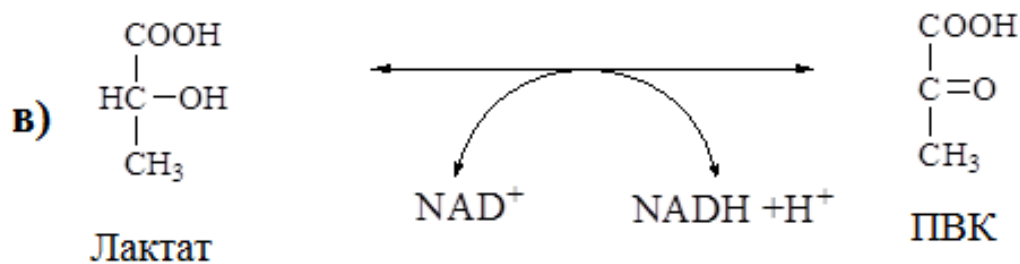
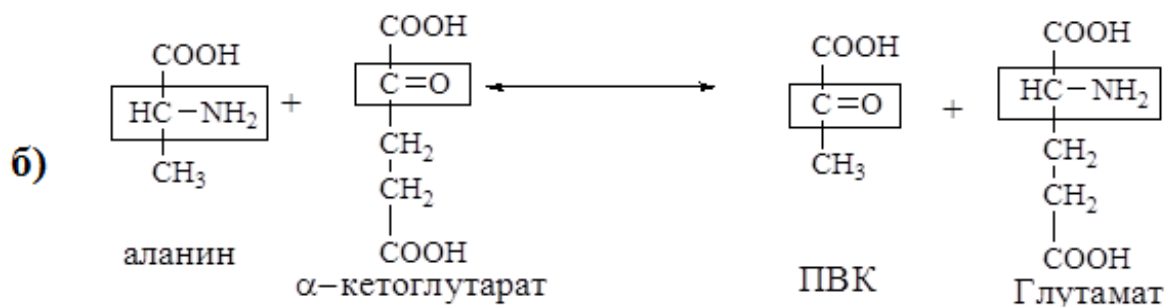
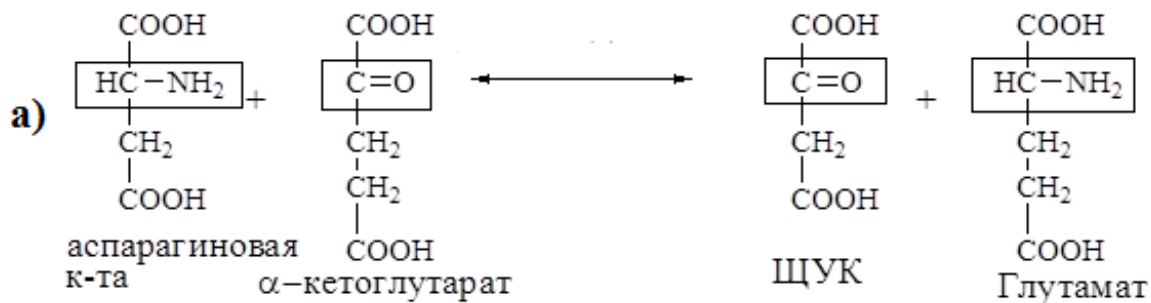
Задание 7.1 — Заполните таблицу 3.3.

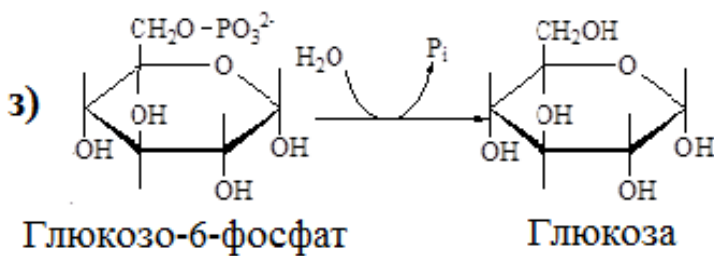
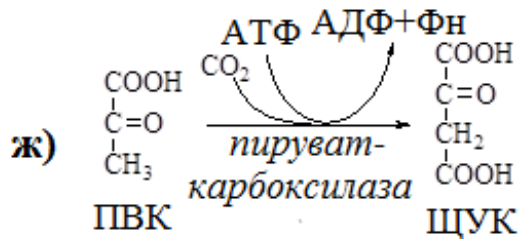
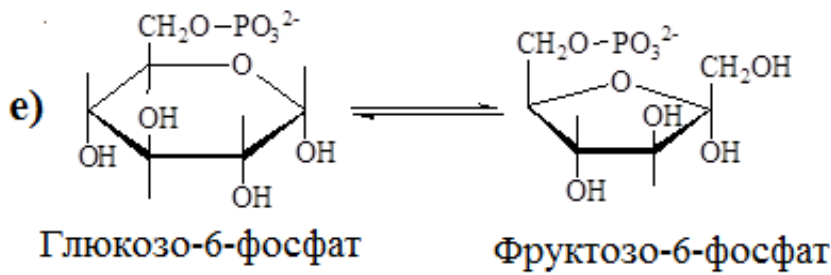
Таблица 3.3 — Классы ферментов

| 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.

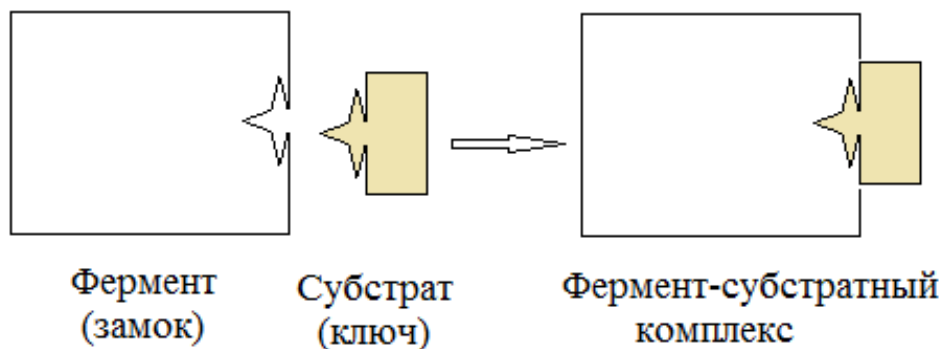


Рисунок 4.1 — Гипотеза Э. Фишера («ключ-замок», гипотеза «жесткой матрицы»)

1.2. Гипотеза Кошланда («рука-перчатка»)

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

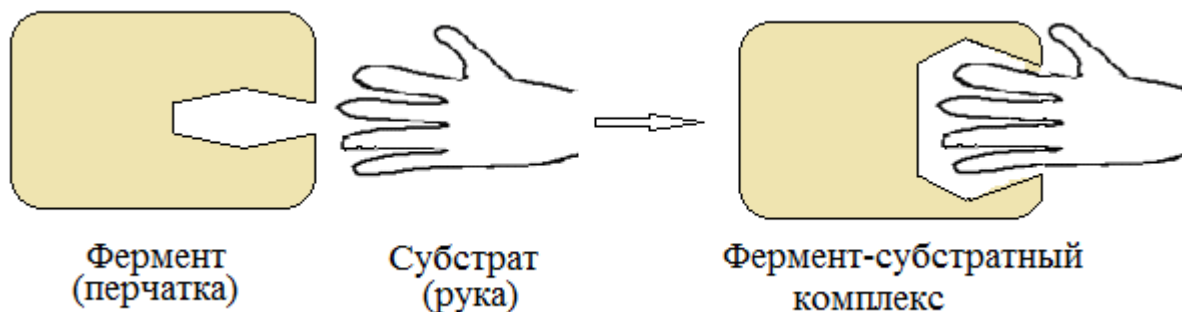


Рисунок 4.2 — Гипотеза Д. Кошланда («рука-перчатка», гипотеза «индуцированного соответствия»)

1.3. Теория промежуточных соединений

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

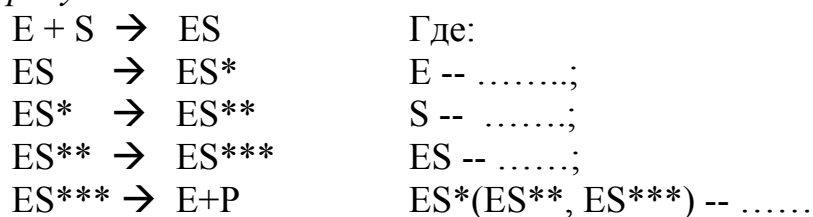


Рисунок 4.3 — Теория промежуточных соединений

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.

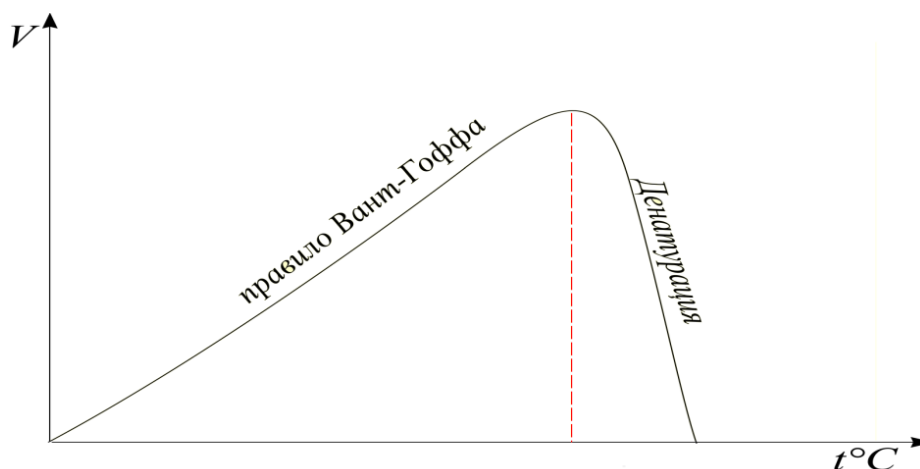


Рисунок 4.4 — Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры

2.2. Зависимость от рН

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

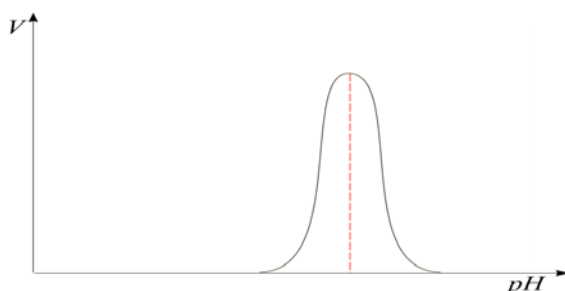


Рисунок 4.5 — Зависимость скорости ферментативной реакции от рН

2.3. Зависимость от концентрации фермента

Задание 2.3.1 — Поясните график на рисунке 4.6.

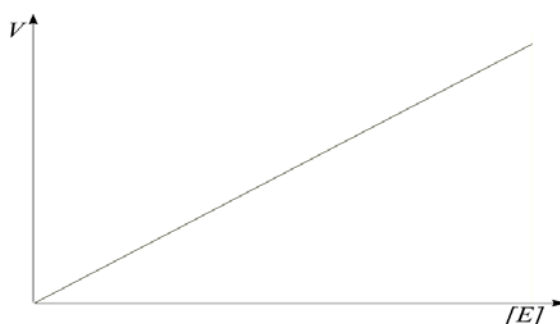


Рисунок 4.6 — Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации фермента

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 .

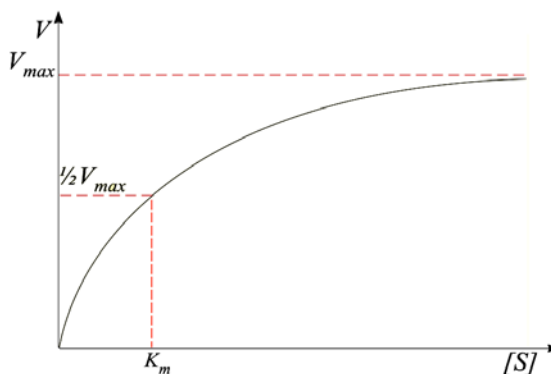


Рисунок 4.7 — Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата (константа Михаэлиса)

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.

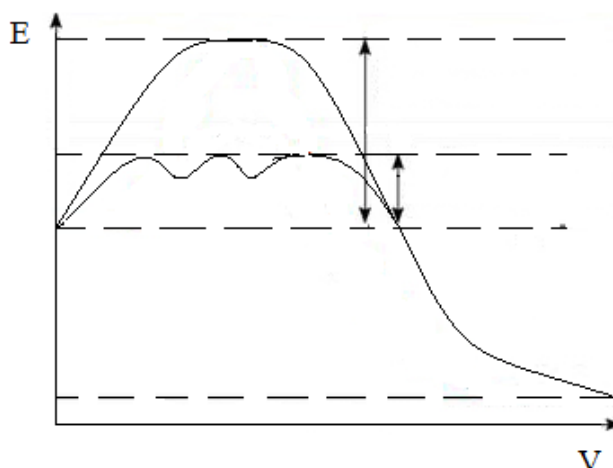


Рисунок 4.8 — Энергия активации и энергетический барьер

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.

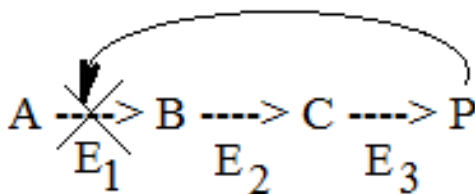


Рисунок 4.9 — Принцип обратной отрицательной связи

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.

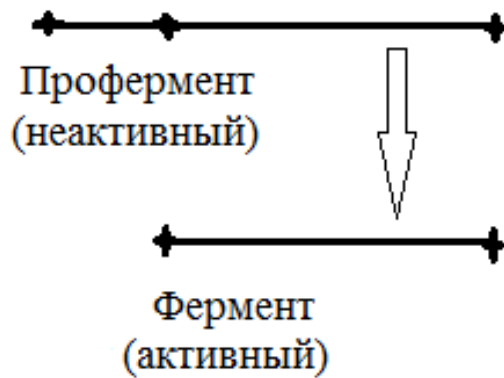


Рисунок 4.10 — Схема реакции ограниченного протеолиза

3.3. Действие ингибиторов

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

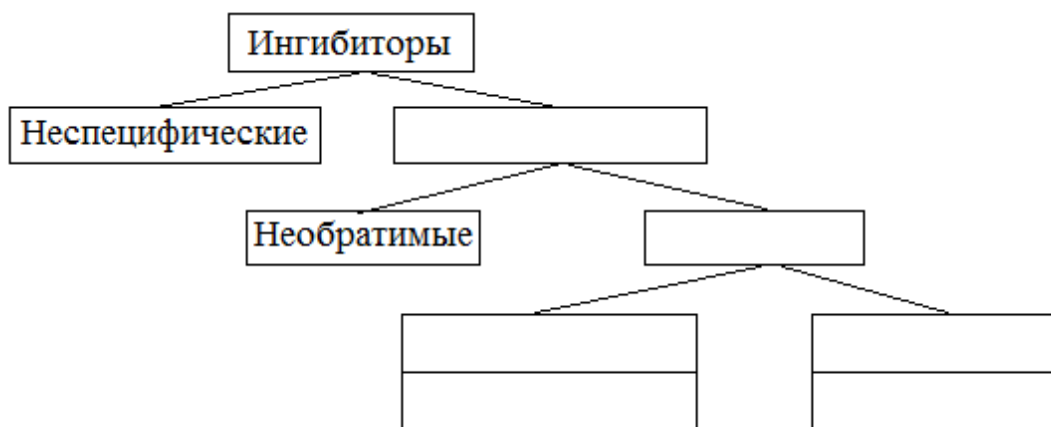


Рисунок 4.11 — Виды ингибиторов

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

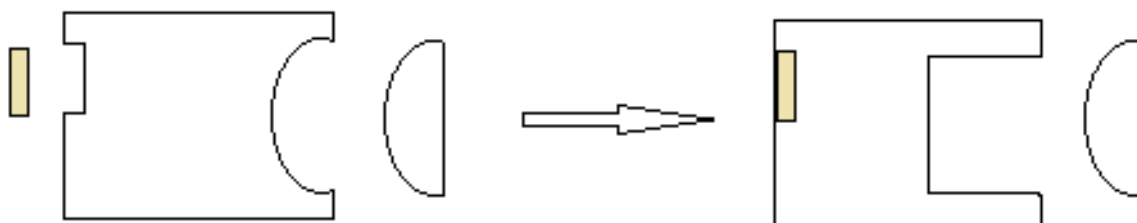


Рисунок 4.12 — Действие неконкурентных ингибиторов на ферментативную реакцию

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

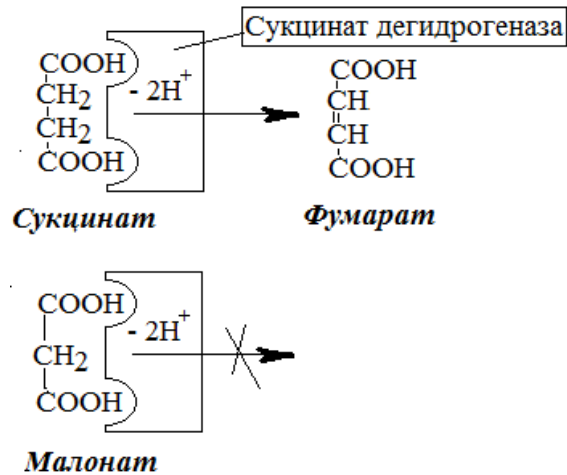


Рисунок 4.13 — Действие конкурентных ингибиторов

3.4. Действие активаторов

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

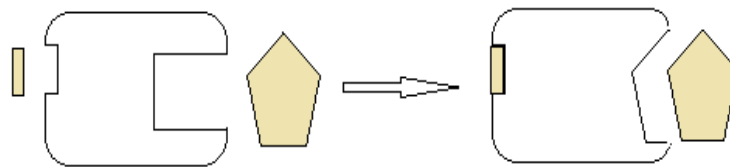


Рисунок 4.14 — Действие активаторов на ферментативную реакцию

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 A, аденилатциклазу, G-белок, гормон, рецептор.

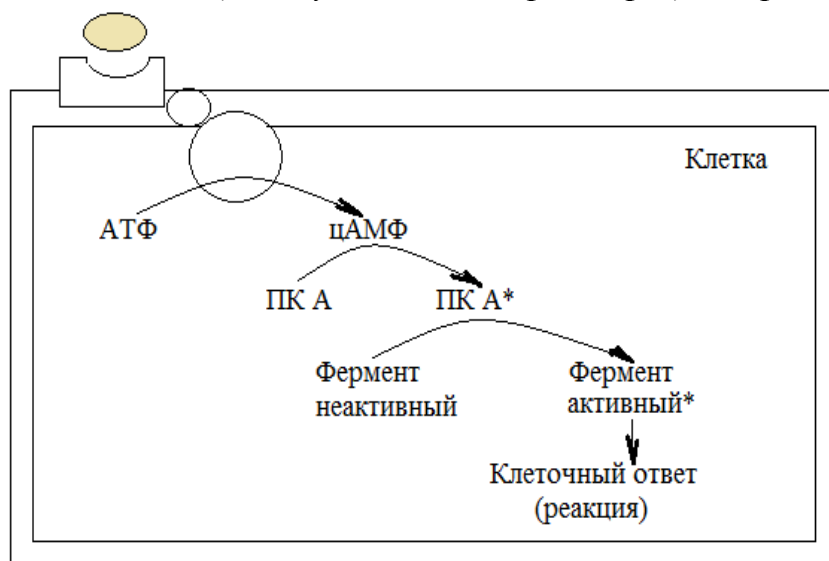


Рисунок 4.15 — Схема аденилатциклазного пути регуляции метаболизма

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 ИФ₃, ДАГ, РГ, ЛТ, ТХА.

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

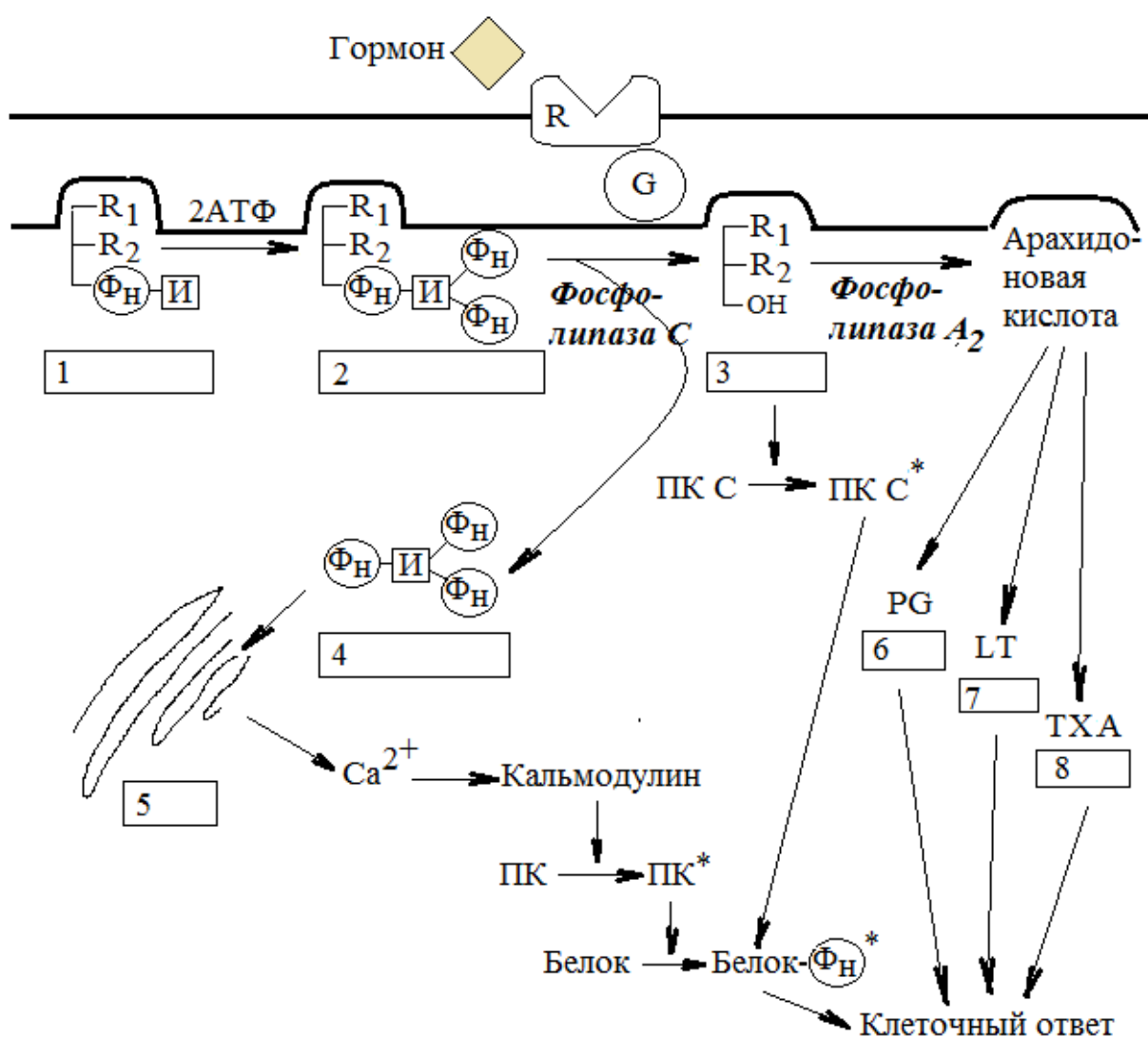


Рисунок 4.16 — Инозитолтрифосфатный путь регуляции метаболизма

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.

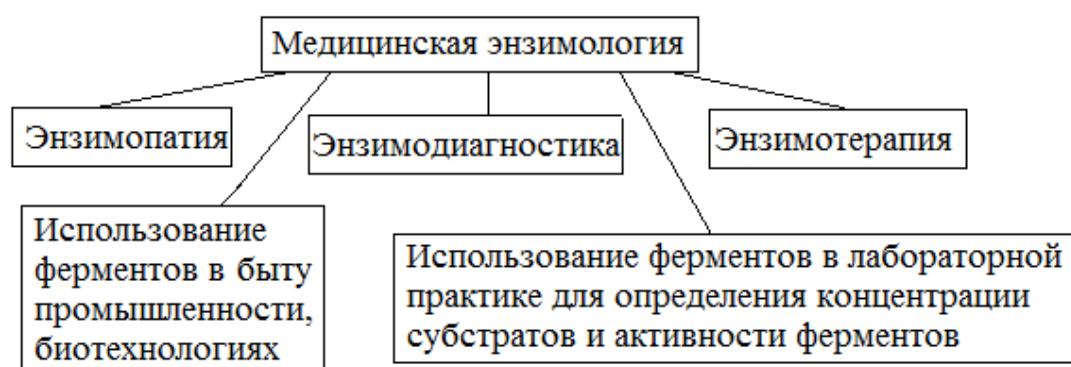


Рисунок 5.1 — Основные направления медицинской энзимологии

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 _{1,2} | |
| ЛДГ ₃ | |
| ЛДГ _{4,5} | |
| КФК ₁ | |
| КФК ₂ | |
| КФК ₃ | |
| Кислая фосфатаза | |
| Щелочная фосфатаза | |

Задание 1.1.3.3 — Рассмотрев рисунок 5.2 заполните таблицу 5.4.

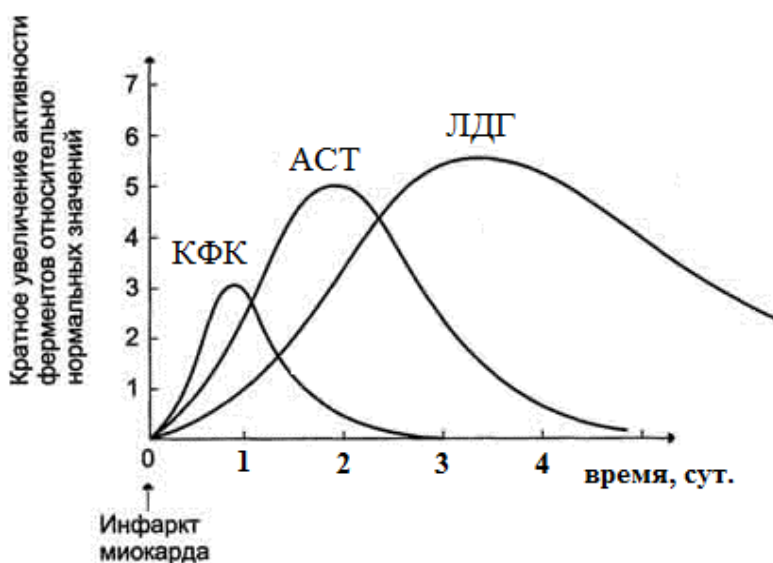


Рисунок 5.2 — Изменение активности некоторых ферментов в плазме крови при инфаркте миокарда

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 (ΔG) для оценки направления протекания реакций? Записать формулу выражения свободной энергии (ΔG).

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.

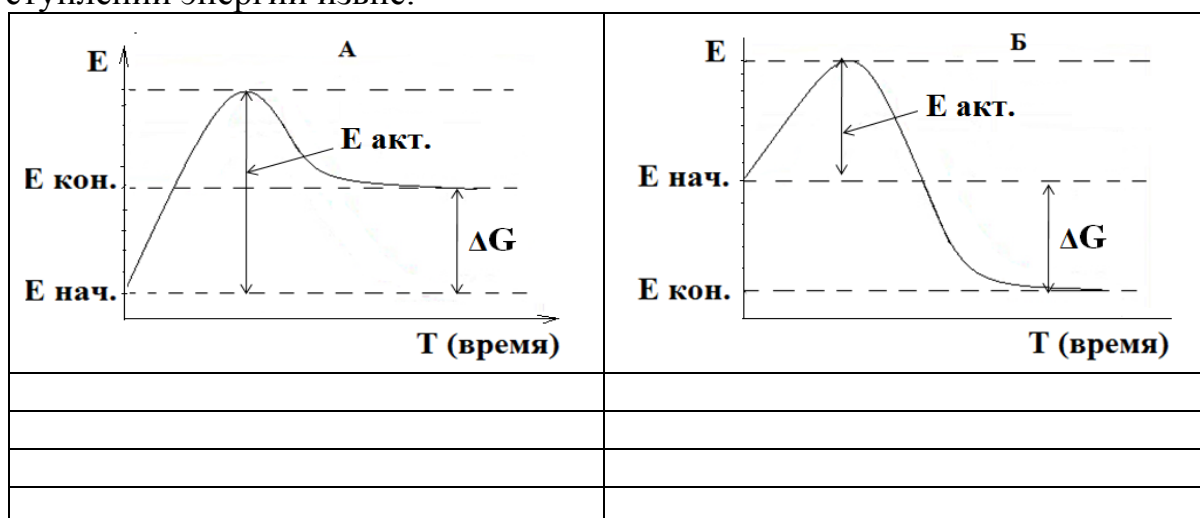


Рисунок 6.1. — Сравнительная характеристика изменений энергий Гиббса при эндергонических и экзергонических реакциях

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 (ΔG 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.

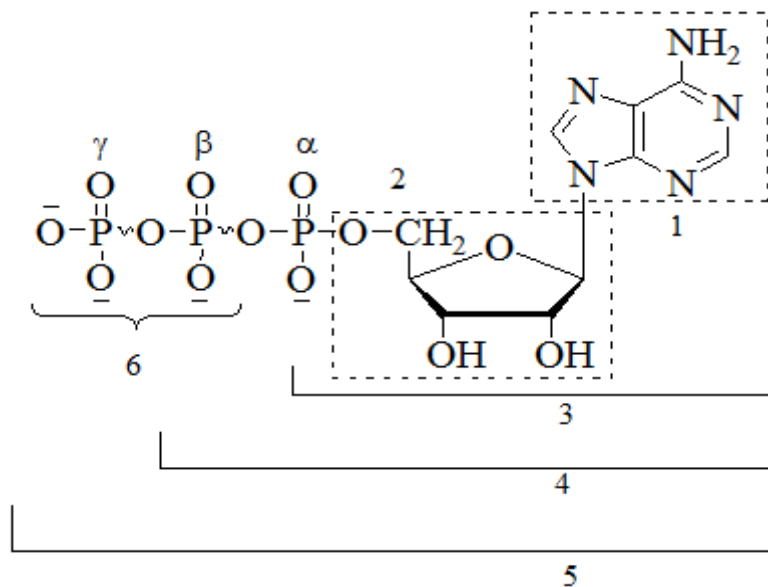


Рисунок 6.2 — Строение молекулы АТФ

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

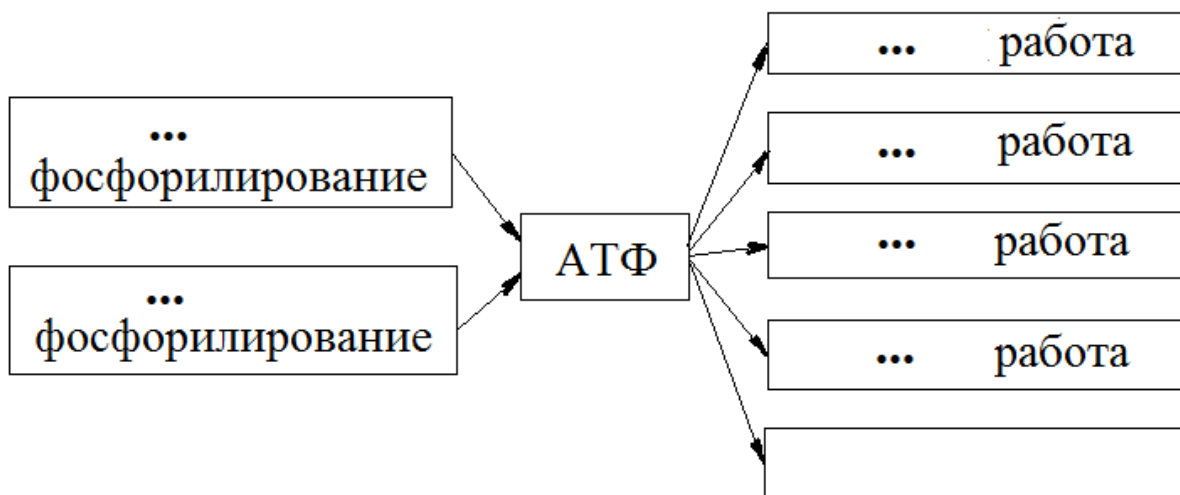


Рисунок 6.3 — Способы получения и использования АТФ

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.

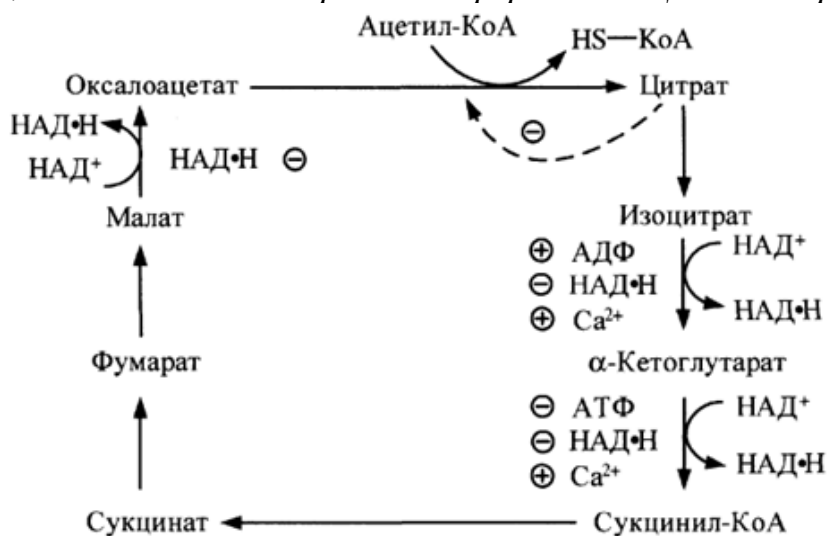


Рисунок 6.5 — Аллостерическая регуляция цикла Кребса

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.

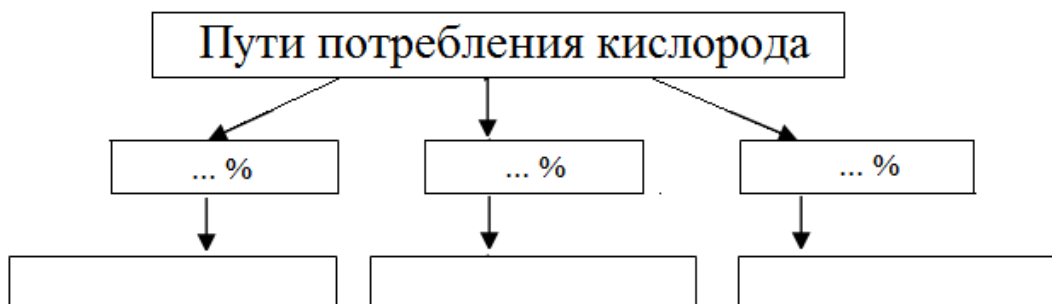


Рисунок 6.6 — Пути потребления кислорода в организме

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.

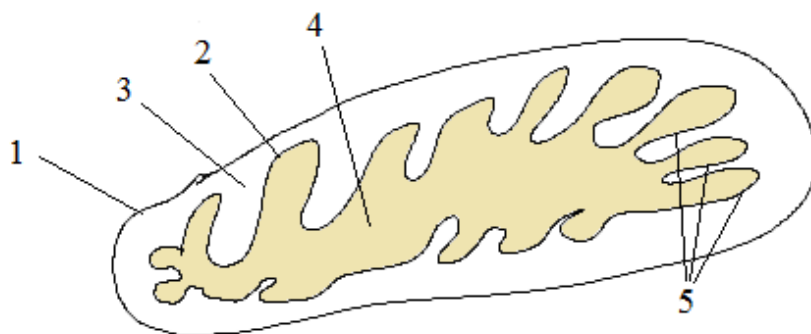


Рисунок 7.1 — Схема строения митохондрии

1.2. Строение митохондриальной дыхательной цепи

Задание 1.2.1 — Дополните схему рисунка 7.2 предложенными терминами: изоцитрат, сукцинат, α -КГ, малат.

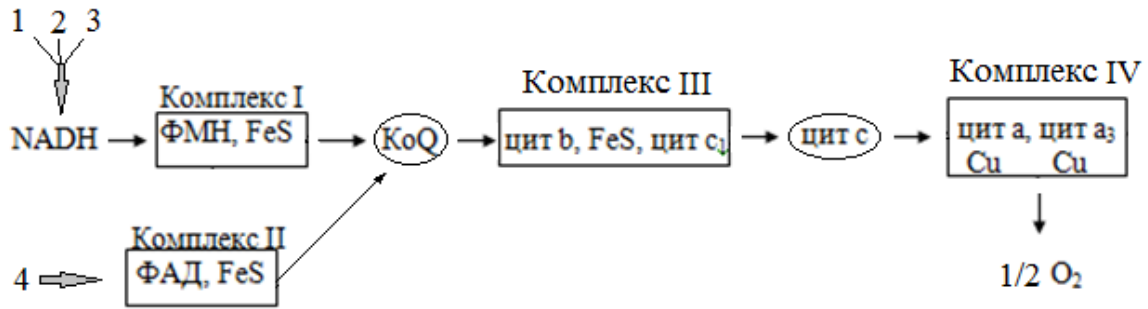


Рисунок 7.2 — Схема строения митохондриальной дыхательной цепи

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: H_2O ; 4H^+ ; сукцинат; $2\text{H}^+ + 2\text{H}^+$; 2H^+ ; 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: ΔpH (протонный градиент) и $\Delta\psi$ (мембранный, электрический потенциал).

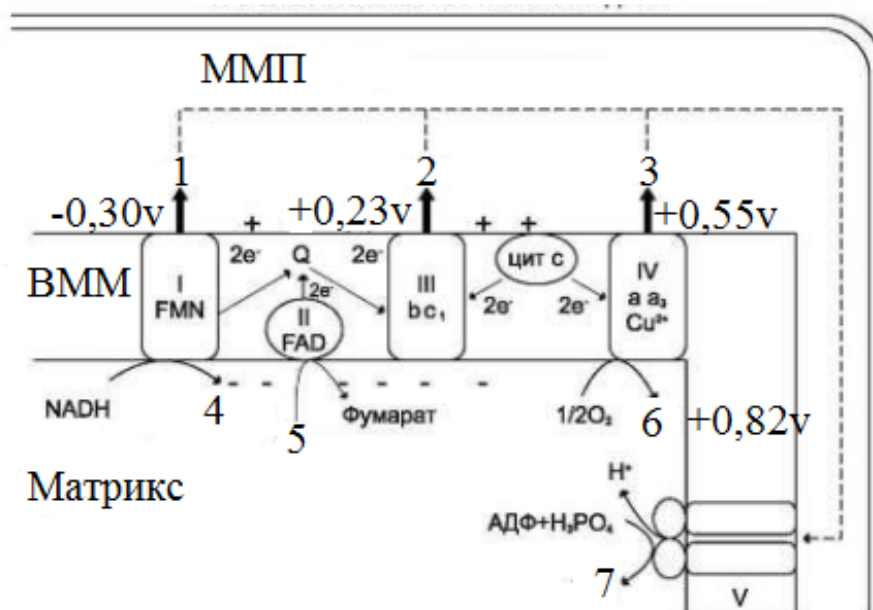


Рисунок 7.3 — Окислительно-восстановительный потенциал некоторых переносчиков электронтранспортной цепи митохондрий

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

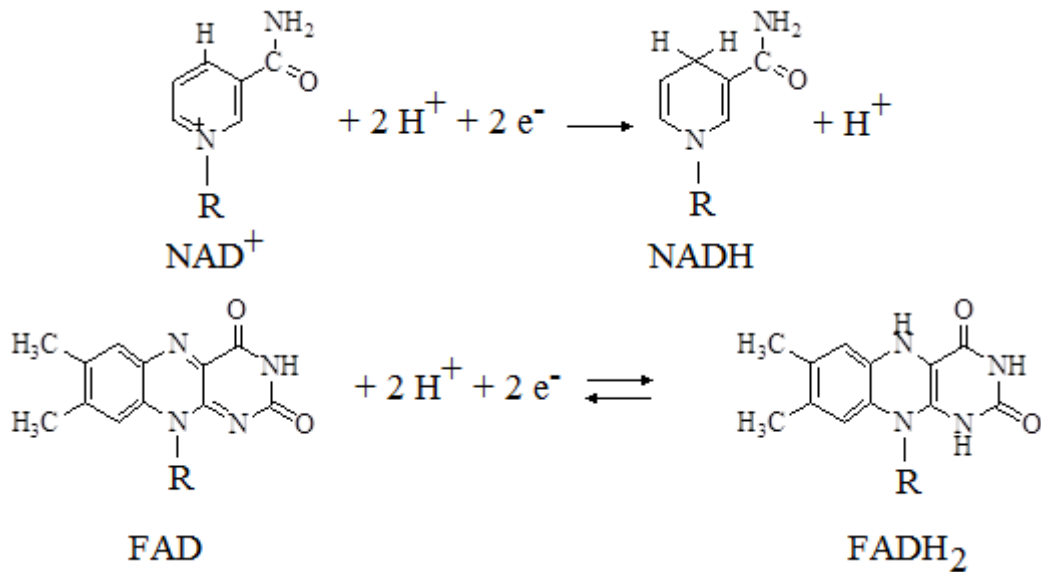


Рисунок 7.4 — Механизм действия никотинамидзависимых и флавиновых коферментов

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, H₂S, 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).

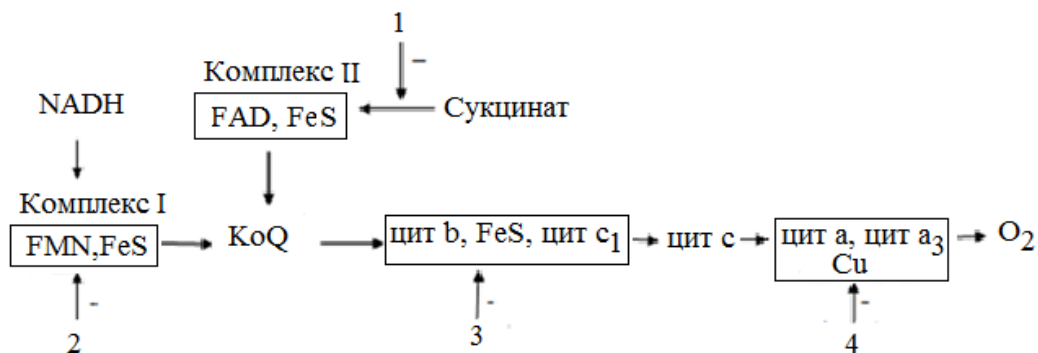


Рисунок 7.5 — Ингибиторы переноса электронов в дыхательной цепи митохондрий

1.5. Хемиосмотическая гипотеза Митчелла (рисунок 7.6)

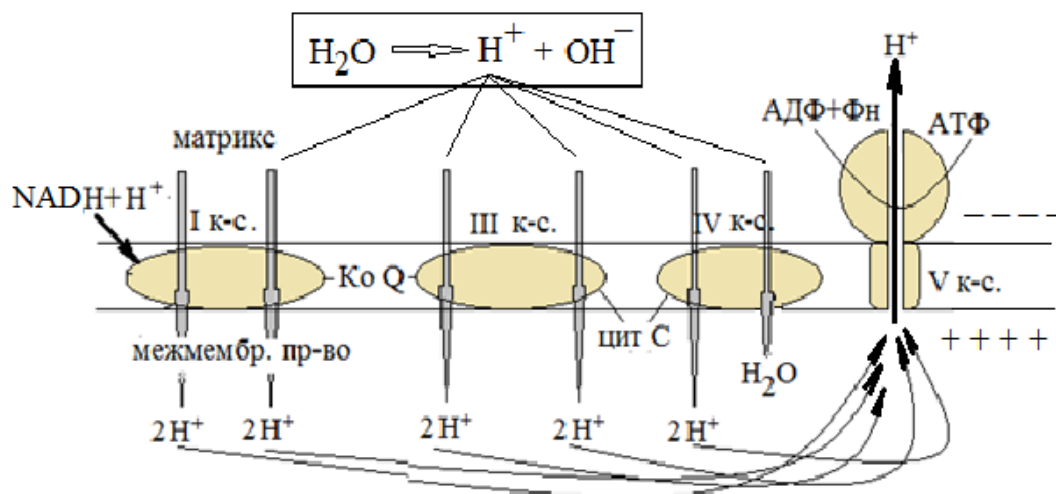


Рисунок 7.6 — Хемиосмотическая гипотеза Митчелла

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.

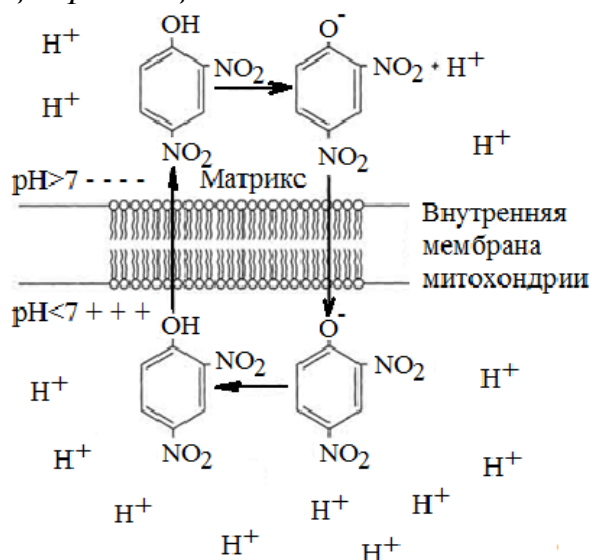


Рисунок 7.7 — Механизм действия 2,4-динитрофенола

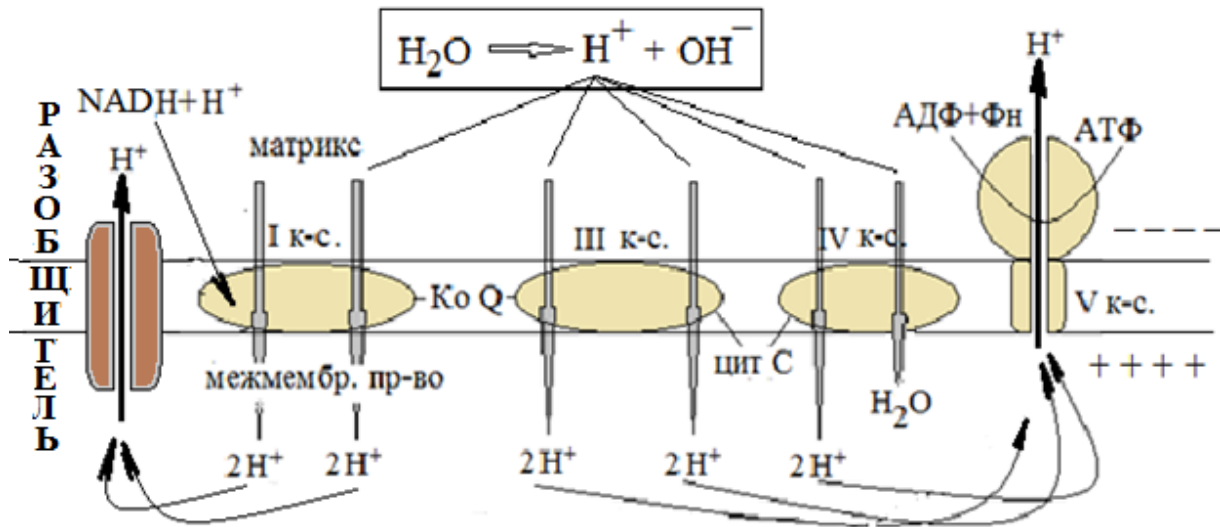


Рисунок 7.8 — Механизм действия каналообразующих разобщителей

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

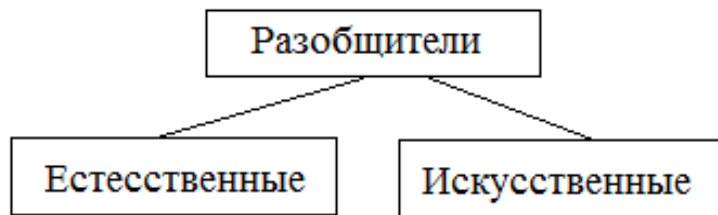


Рисунок 7.9 — Разобщители дыхательной цепи митохондрий в зависимости от их происхождения

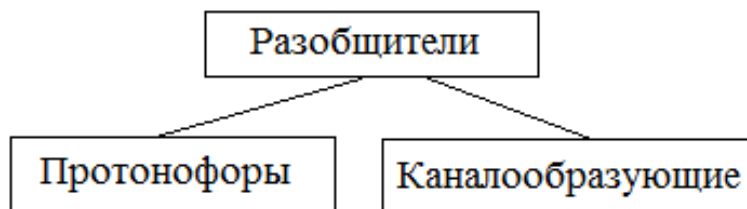


Рисунок 7.10 — Разобщители дыхательной цепи митохондрий в зависимости от механизма действия

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

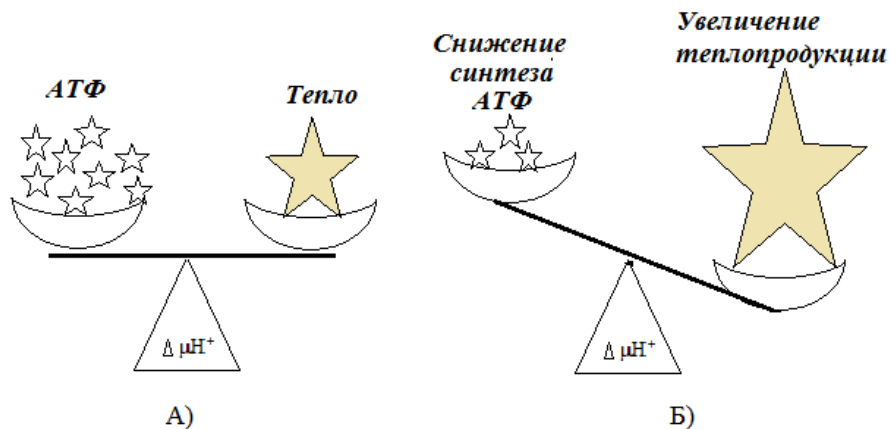


Рисунок 7.11 — Механизм действия разобщителей:

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: RH ; H_2O ; NADP^+ ; O_2 ; RON ; $\text{NADPH}+\text{H}^+$.

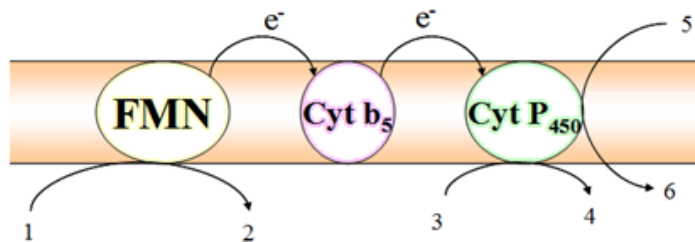


Рисунок 7.12 — Строение микросомальной дыхательной цепи

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 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.

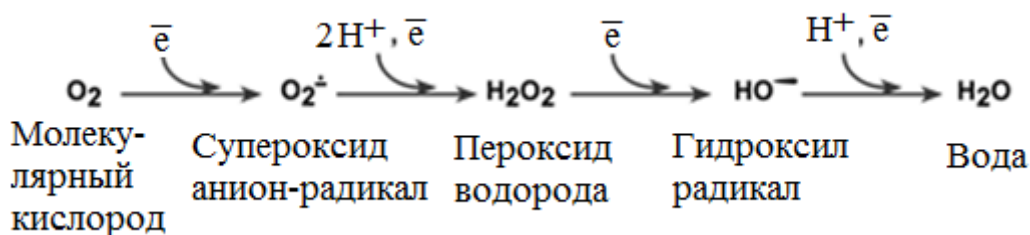


Рисунок 7.13 — Схема восстановления кислорода до воды

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

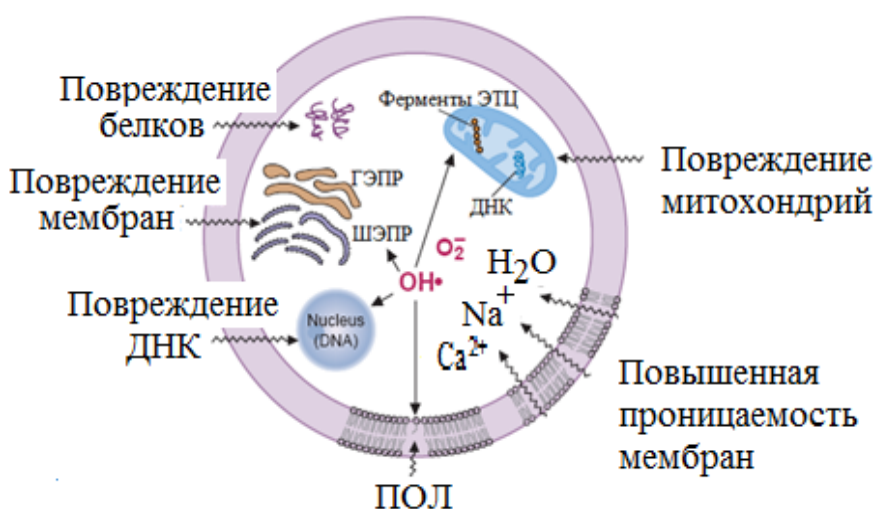


Рисунок 7.14 — Повреждающее действие активных форм кислорода на клетку

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

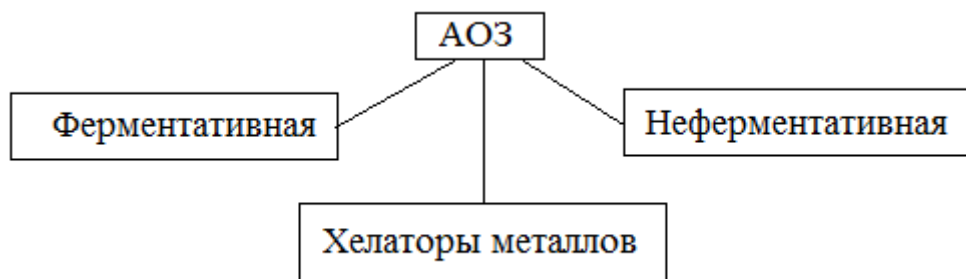


Рисунок 7.15 — Антиоксидантная защита клетки

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).

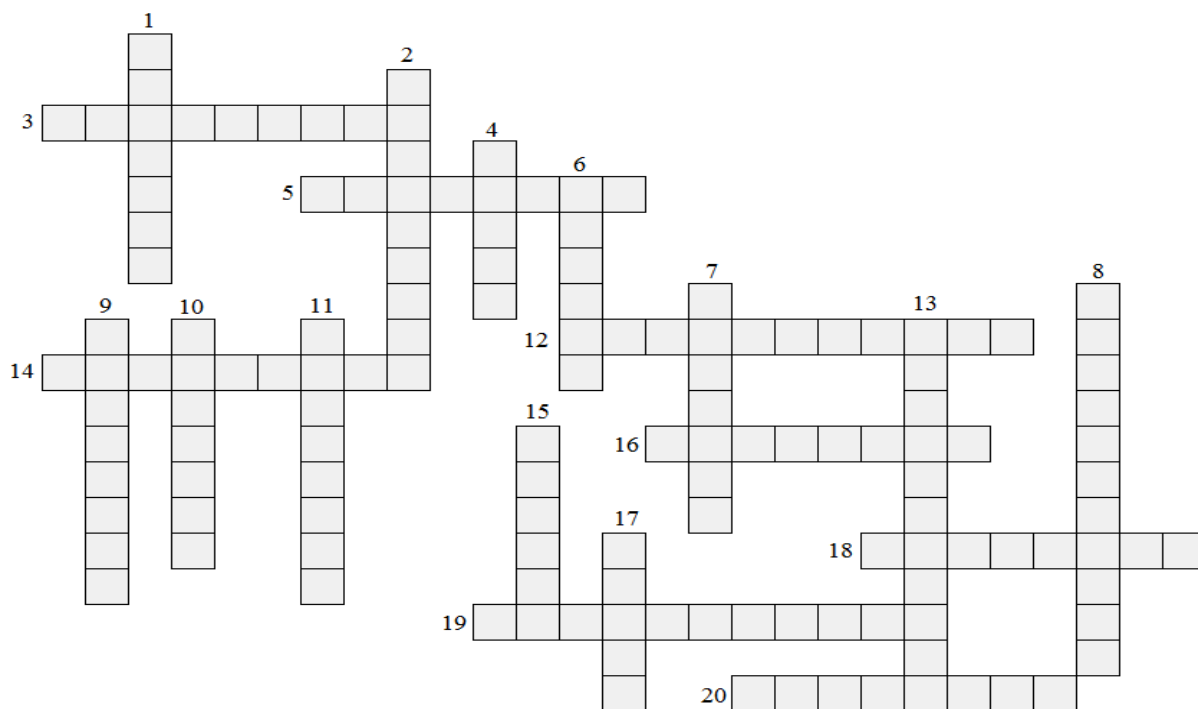


Рисунок 8.1 — Кроссворд по разделам «Введение в биохимию», «Энзимология и биологическое окисление»

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-.

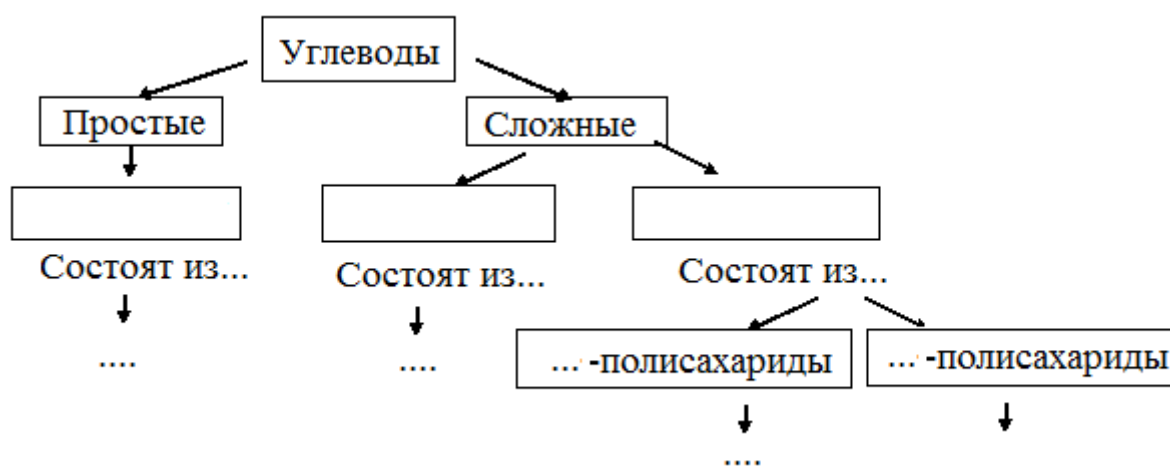


Рисунок 9.1 — Классификация углеводов

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 | pH | Фермент | Продукты |
|----------------------------------|----|---------|----------|
| Ротовая полость | | | |
| Желудок | | | |
| 12-перстная кишка | | | |
| Тонкий кишечник | | | |

3. Всасывание углеводов

Задание 3.1 — Дополните схему рисунка 9.3.

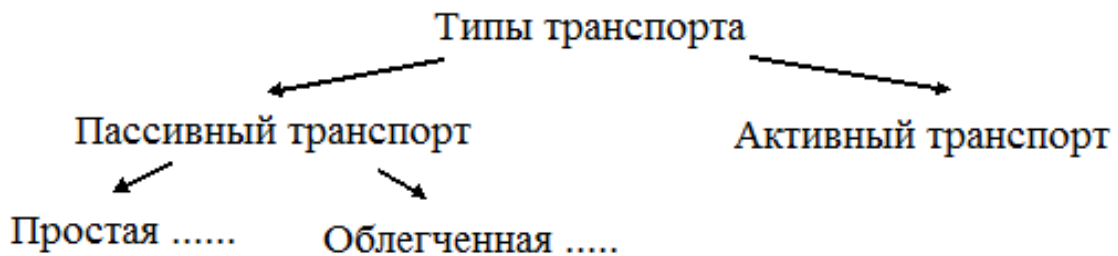


Рисунок 9.3 — Типы транспорта

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

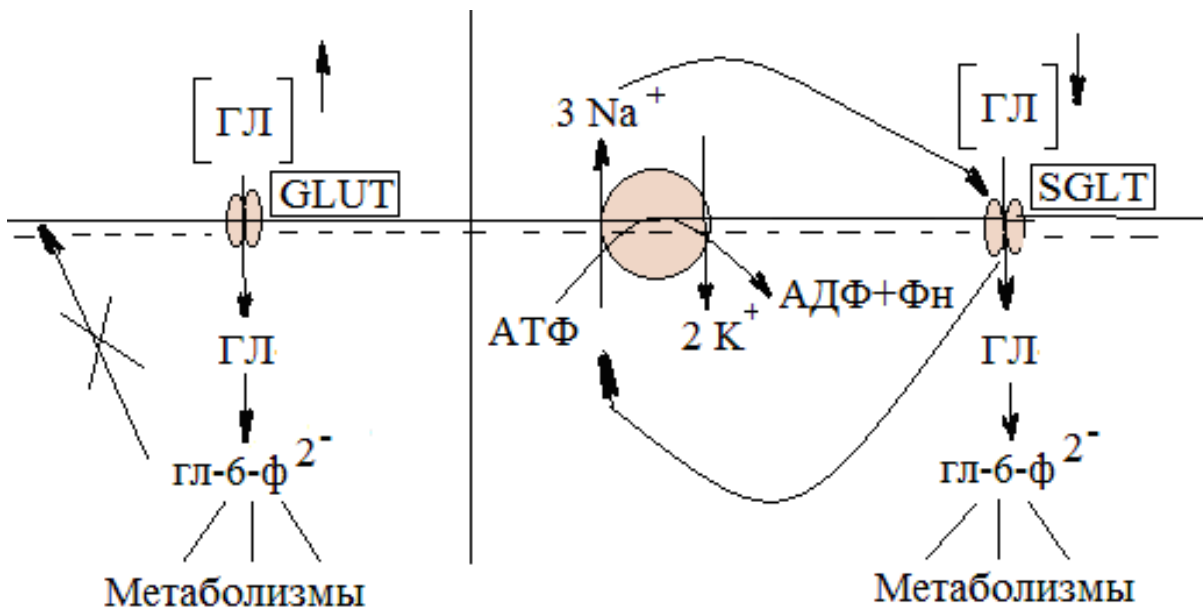


Рисунок 9.4 — Облегченная диффузия и активный транспорт глюкозы

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, β -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.

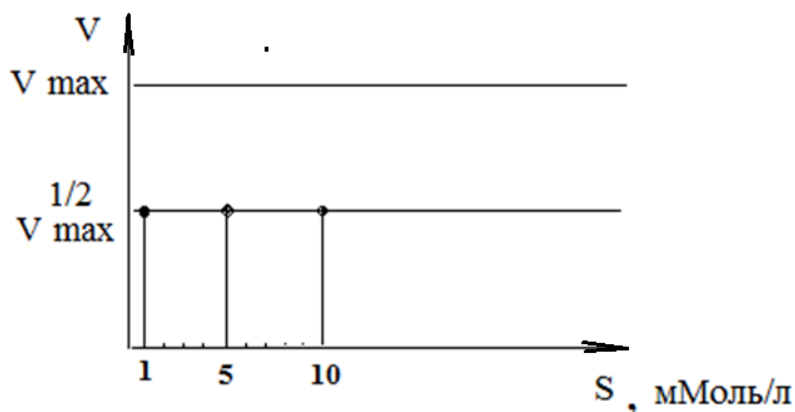


Рисунок 9.5 – Графики зависимости скорости транспорта глюкозы для глюкозных транспортеров

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:

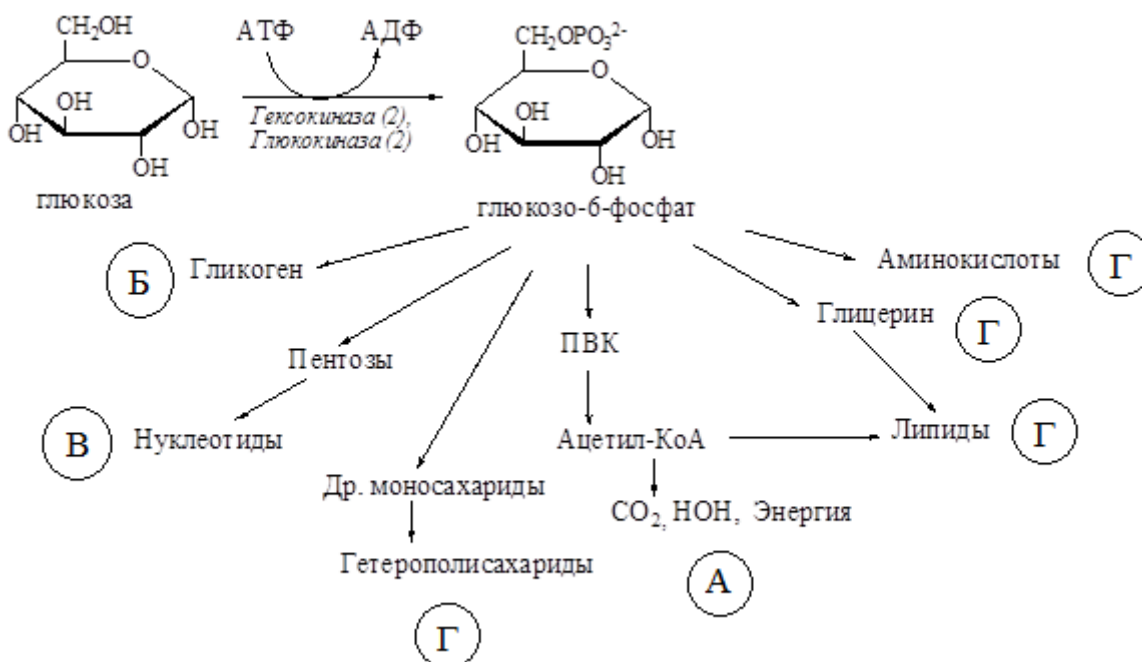


Рисунок 9.6 — Схема обмена глюкозо-6-фосфата

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.

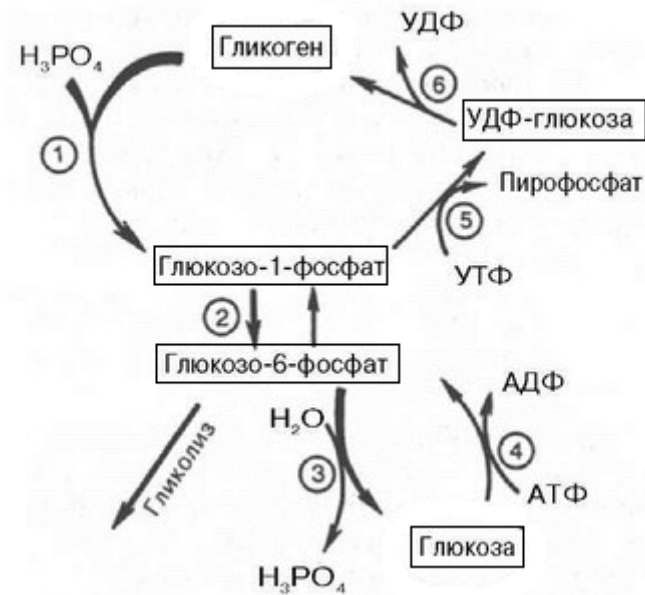


Рисунок 9.7 — Синтез и мобилизация гликогена

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

Задание 6.4 — Поясните значение дефосфорилирования Гл в печени.

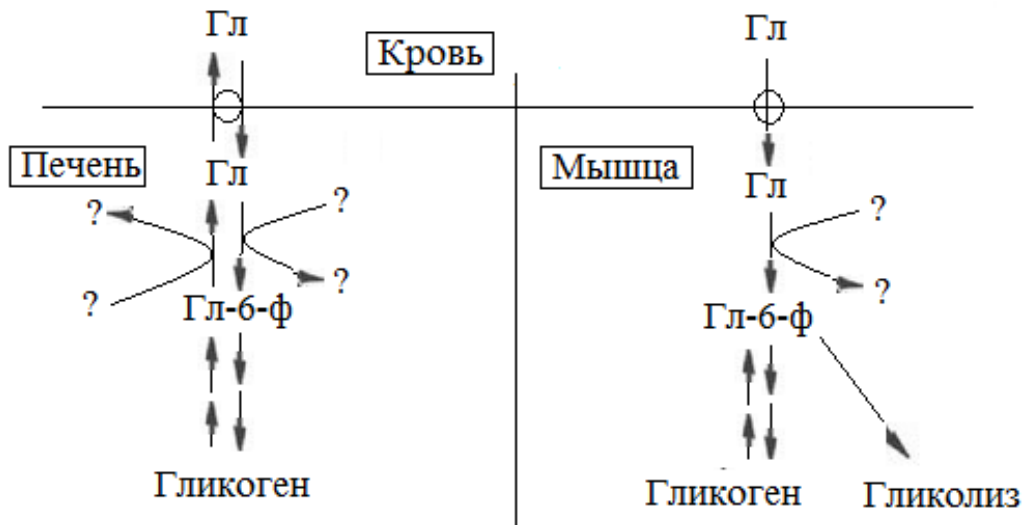


Рисунок 9.8 — Метаболизм гликогена в печени и мышцах

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.

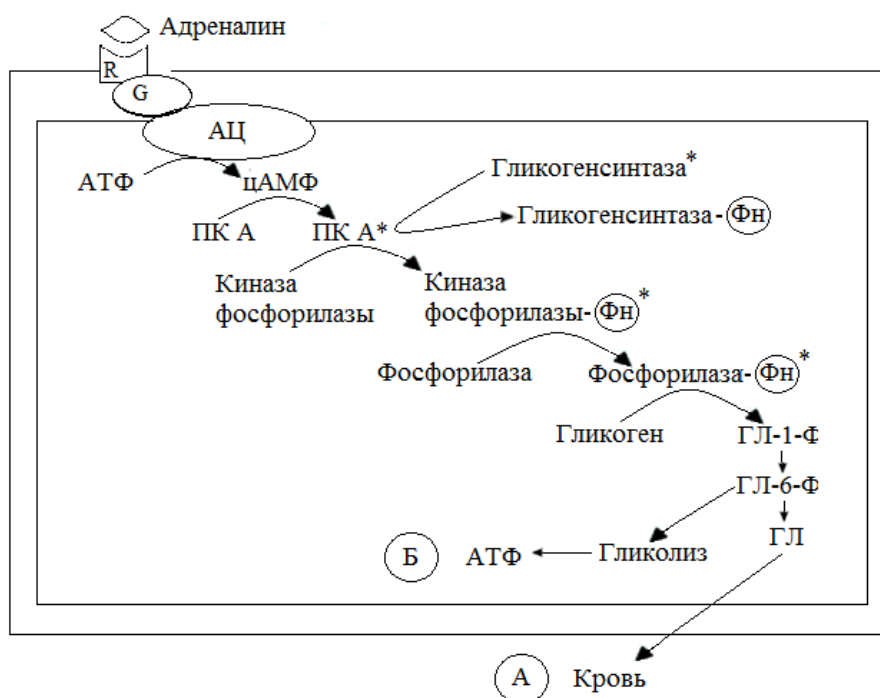


Рисунок 9.9 — Аденилатциклазный механизм мобилизации гликогена

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 активирует 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.

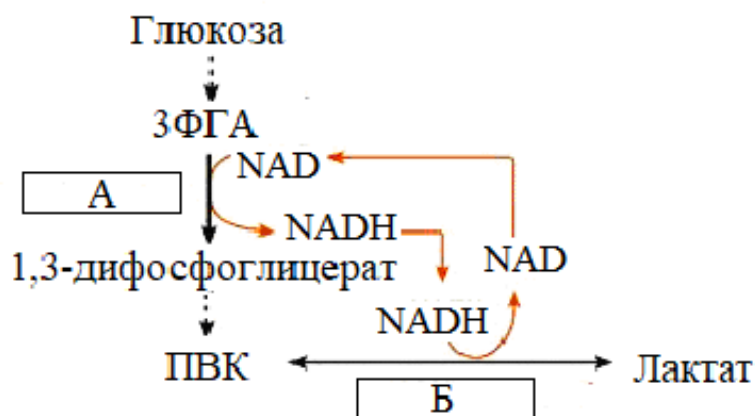


Рисунок 10.1 — Схема реакций гликолитической оксидоредукции

2. Анаэробное расщепление глюкозы — спиртовое брожение

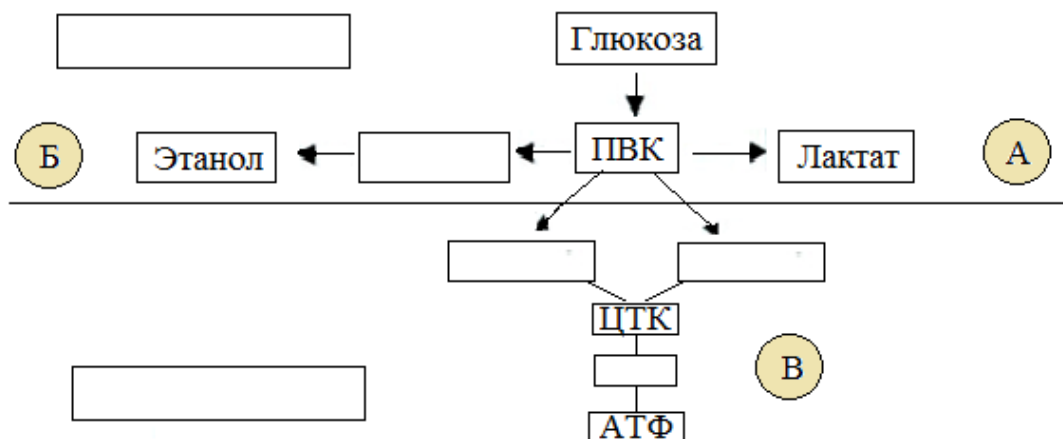


Рисунок 10.2 — Схема анаэробного и аэробного метаболизма глюкозы в клетках

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 ПВКДФ-комплекса. Укажите название ферментов, коферментов, субстрата и продукта реакции.

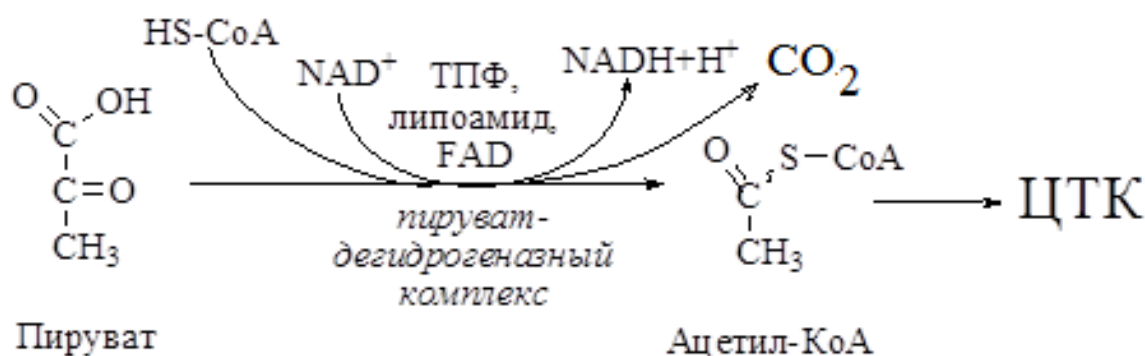


Рисунок 10.3 — Суммарное уравнение пируватдегидрогеназного комплекса

Задание 3.2 — На схеме задания 1.1. укажите локализацию в клетке ПВКДФ-комплекса. Выделите на схеме конечный продукт метаболизма при работе ПВКДФ-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, H_2O , CO_2 .

1. Аэробный гликолиз — это процесс расщепления Гл до и .
 2. Расставьте в правильной последовательности следующие этапы аэробного гликолиза: ЦТК, ДЦ, ПВКДФ-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, NAD^+ , $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$, инсулин, адреналин, глюкагон, 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.

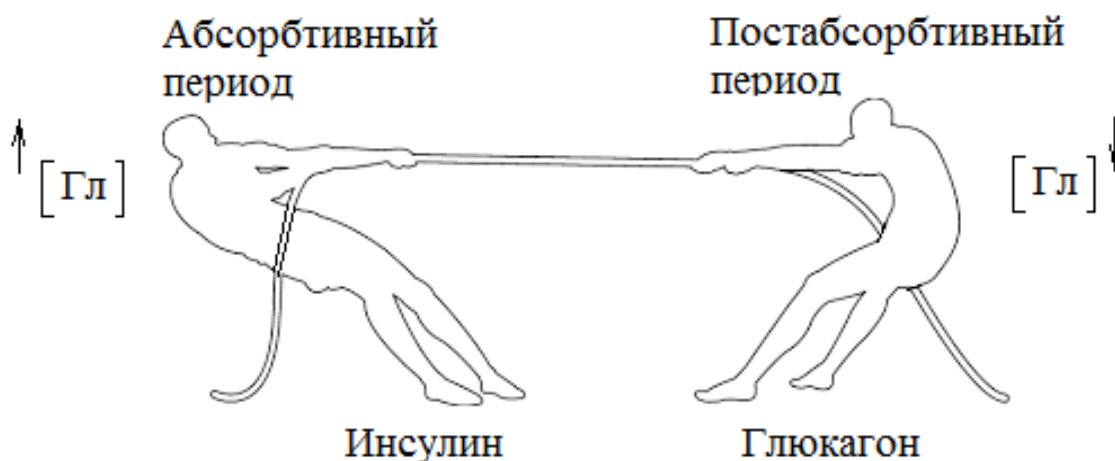


Рисунок 10.4 — Инсулин — глюкагоновый индекс

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.

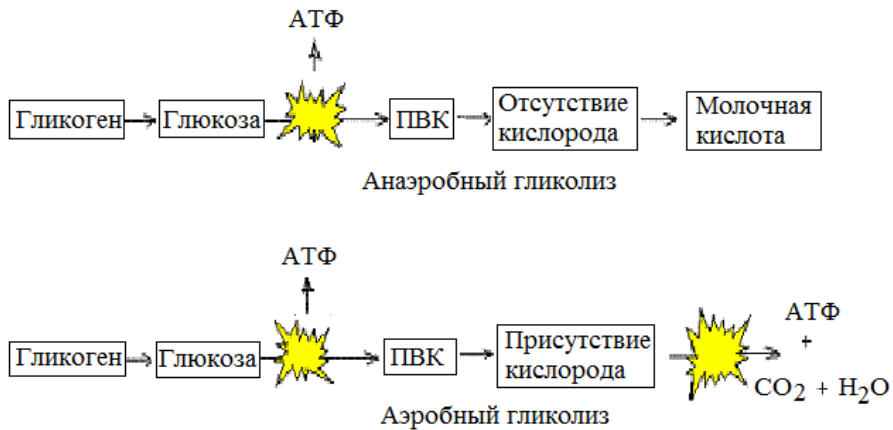


Рисунок 10.5 — Схема анаэробного и аэробного окисления глюкозы

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.

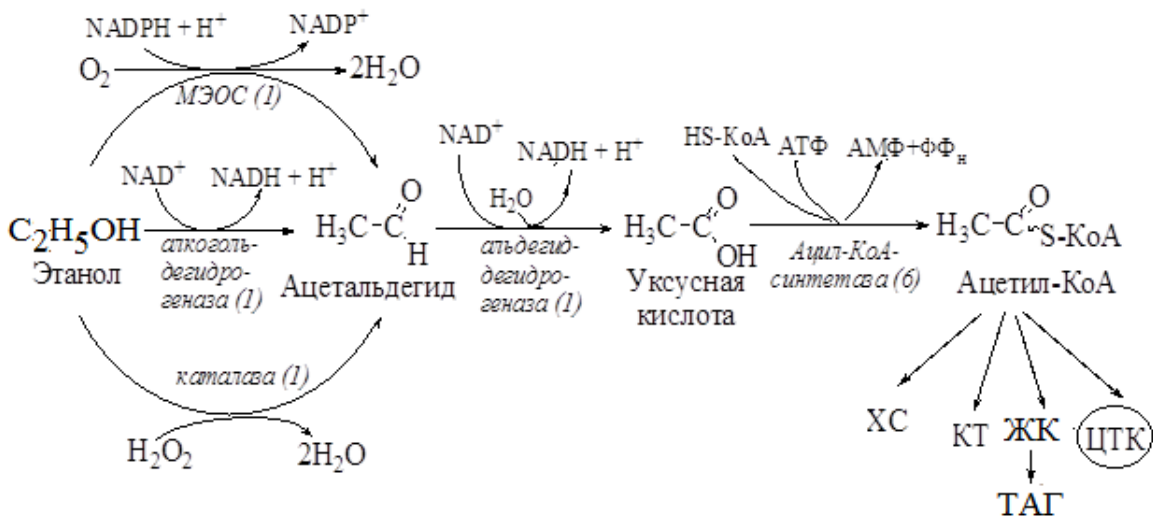


Рисунок 10.6 — Схема метаболизма этанола

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.

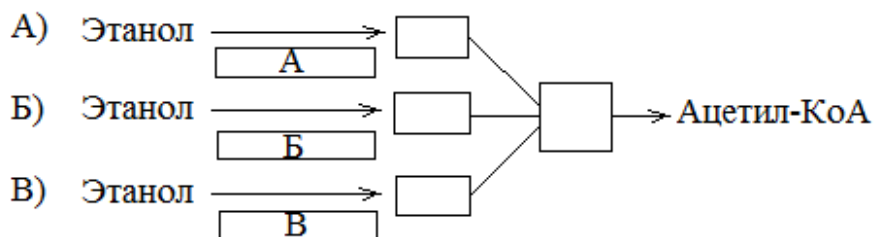


Рисунок 10.7 — Пути метаболизма этанола

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.

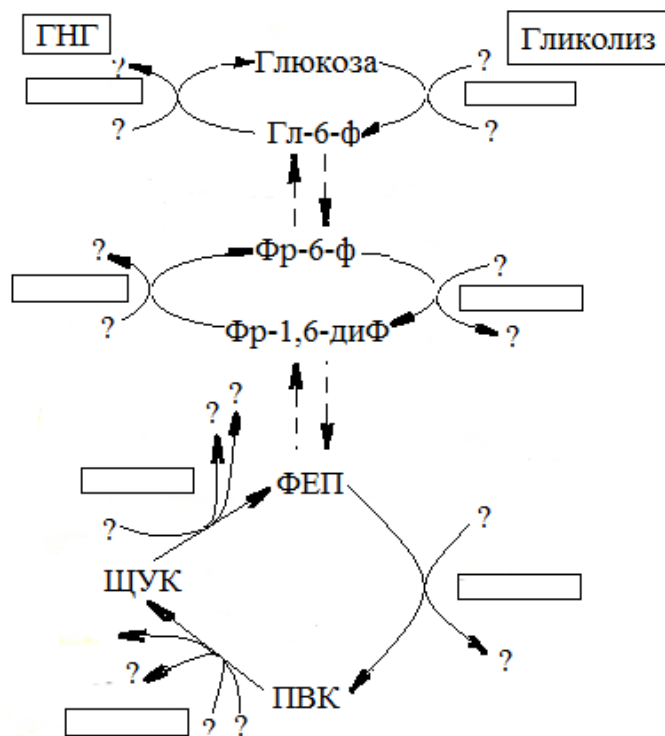


Рисунок 11.1 — Схема сравнения реакций гликолиза и глюконеогенеза

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.

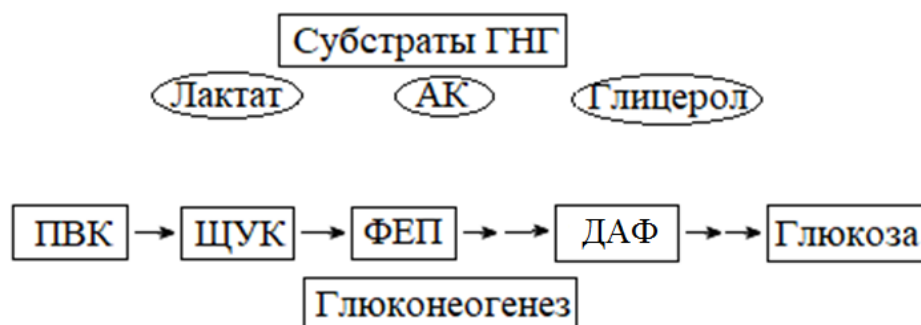


Рисунок 11.2 — Субстраты глюконеогенеза

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.

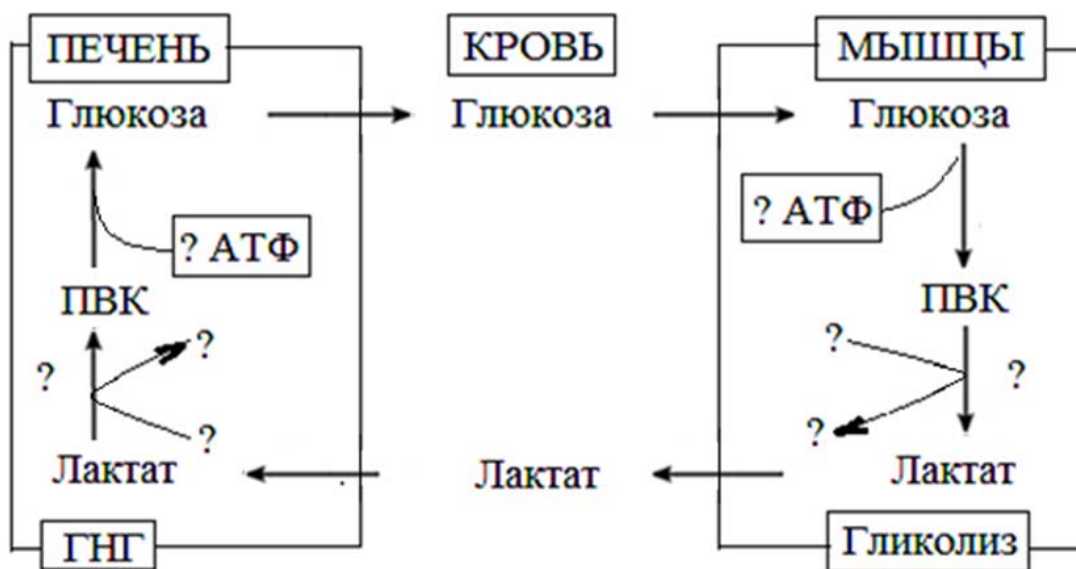


Рисунок 11.3 — Глюкозо-лактатный цикл (Цикл Кори)

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.

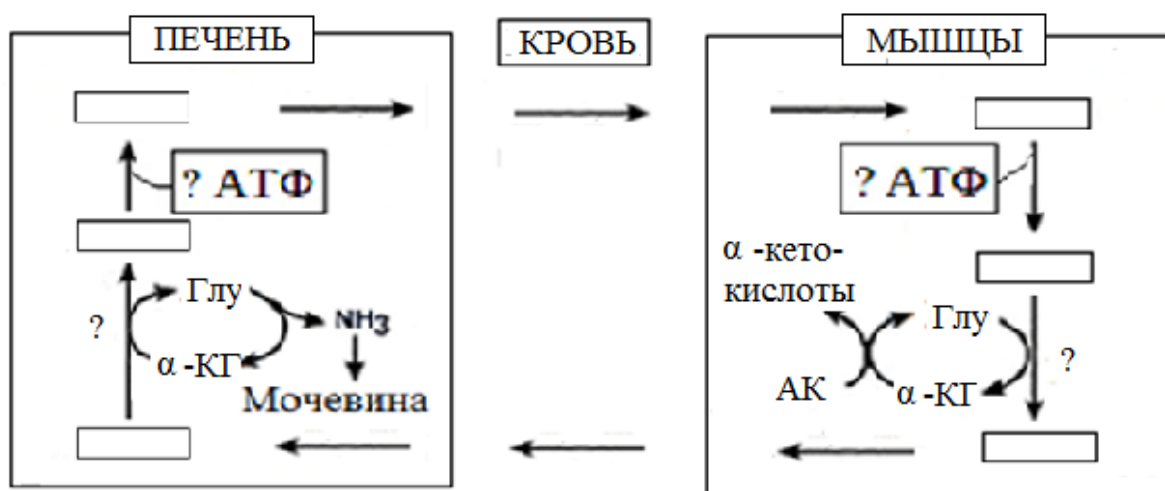


Рисунок 11.4 — Схема глюкото-аланинового цикла (цикла Фелига)

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:

- а) происходит синтез АТФ;
- б) субстратом для синтеза Гл служит гликоген;
- в) все ферменты локализованы только в цитоплазме;
- г) ферменты локализованы в цитоплазме и митохондриях;
- д) субстратами служат лактат, ПВК, глицерол, некоторые аминокислоты;
- е) протекает в основном в печени и почках;
- ж) 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.

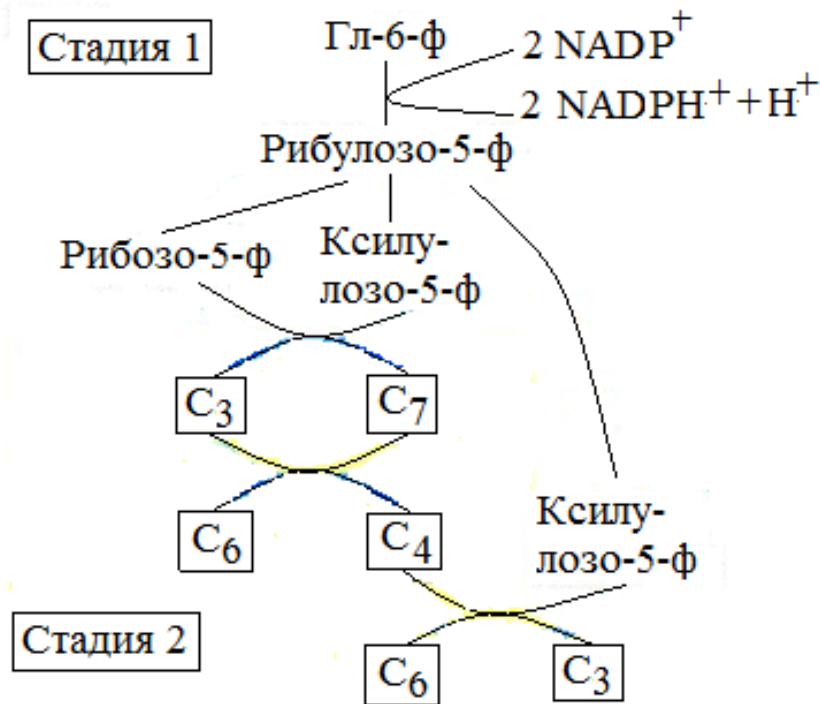


Рисунок 11.5 — Схема пентозофосфатного пути

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.

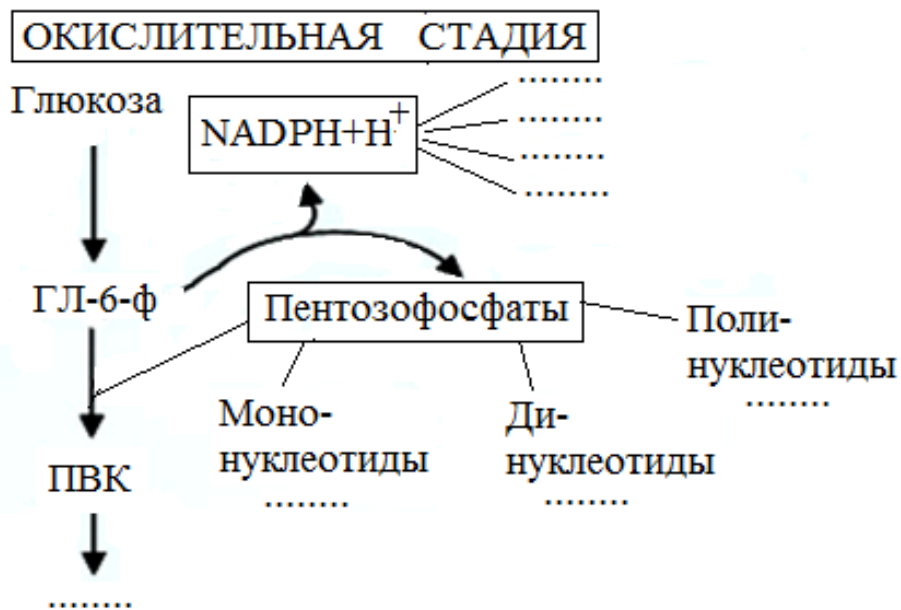


Рисунок 11.6 — Схема окислительной стадии пентозофосфатного пути

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.

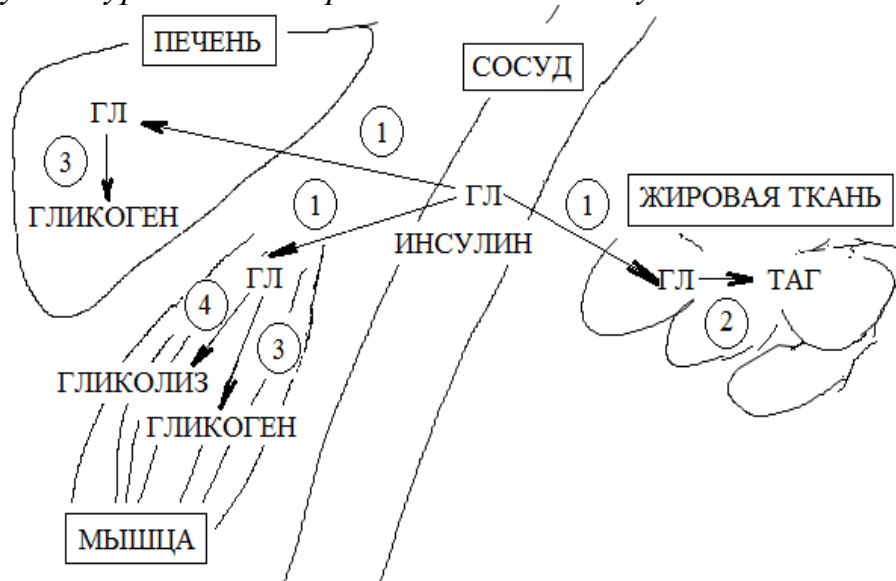


Рисунок 12.1 — Схема регуляции уровня глюкозы в крови инсулином

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

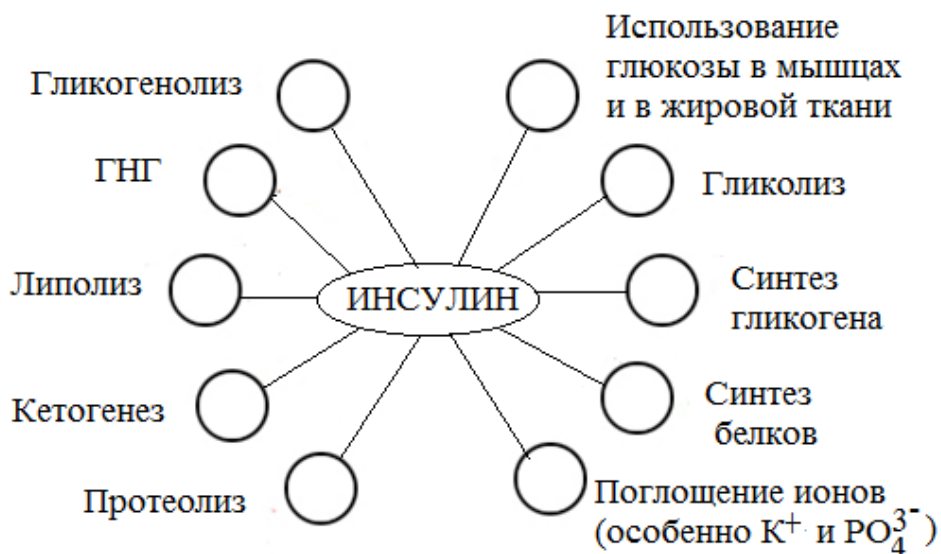


Рисунок 12.2 — Эффекты влияния инсулина

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.

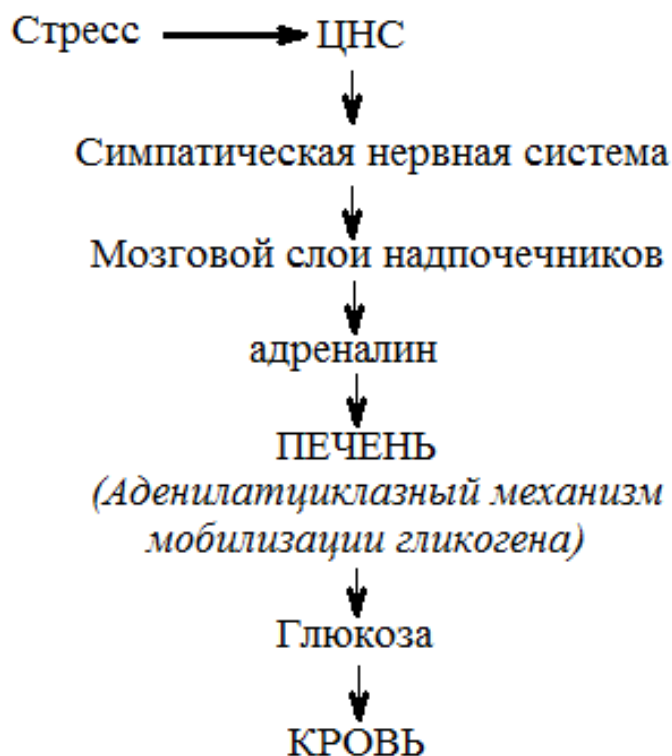


Рисунок 12.3 — Срочный механизм регуляции глюкозы в крови

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

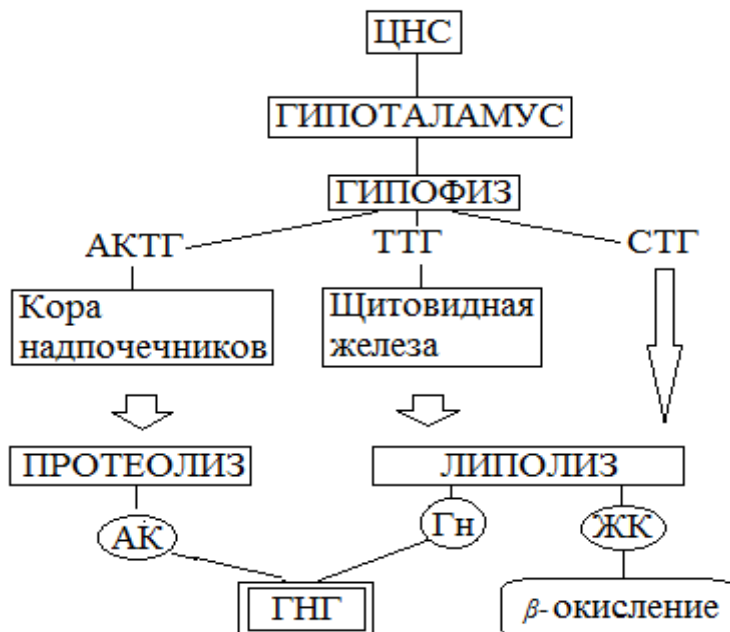


Рисунок 12.4 — Постоянный механизм регуляции глюкозы в крови

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) α -клетки островков Лангерганса поджелудочной железы;
 - г) β -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:

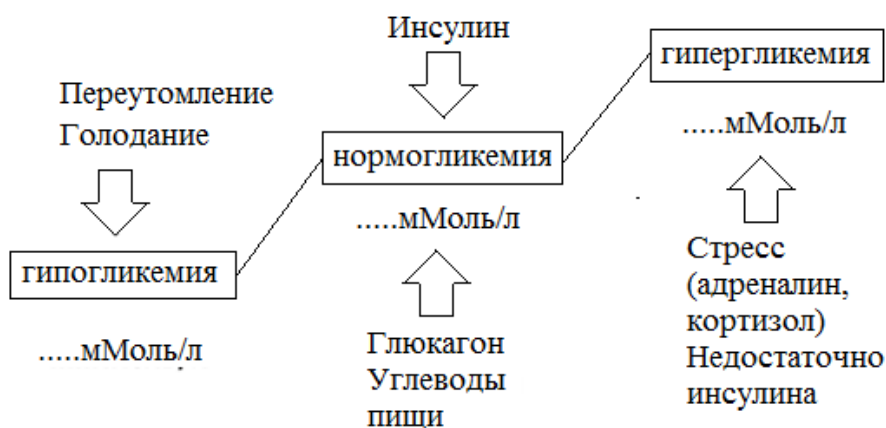


Рисунок 12.5 — Регуляция уровня глюкозы в крови при нормо-, гипо- и гипергликемии

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.

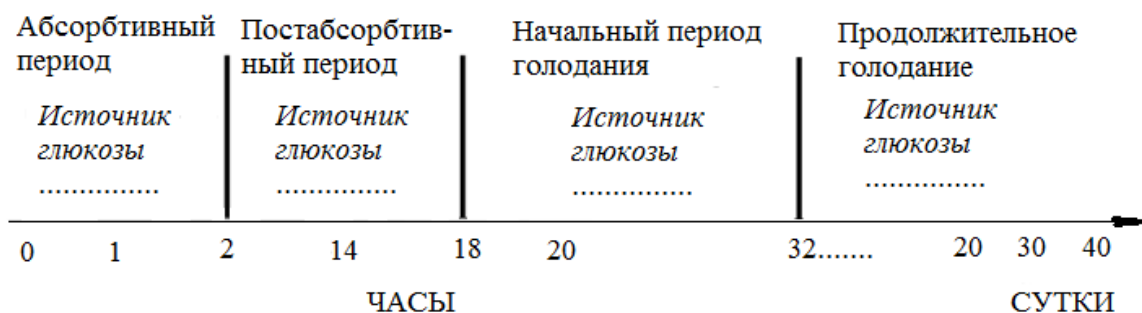


Рисунок 12.6 — Схема поддержания гомеостаза глюкозы в крови

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:

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

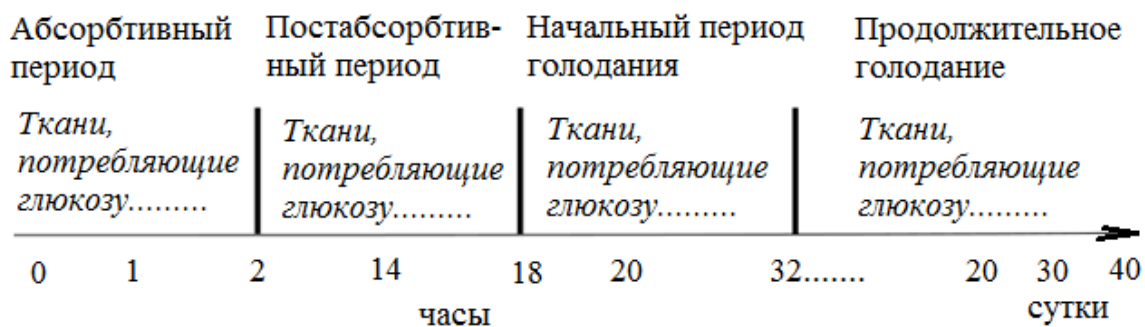


Рисунок 12.7 — Схема распределения глюкозы в организме при разных физиологических состояниях

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:

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

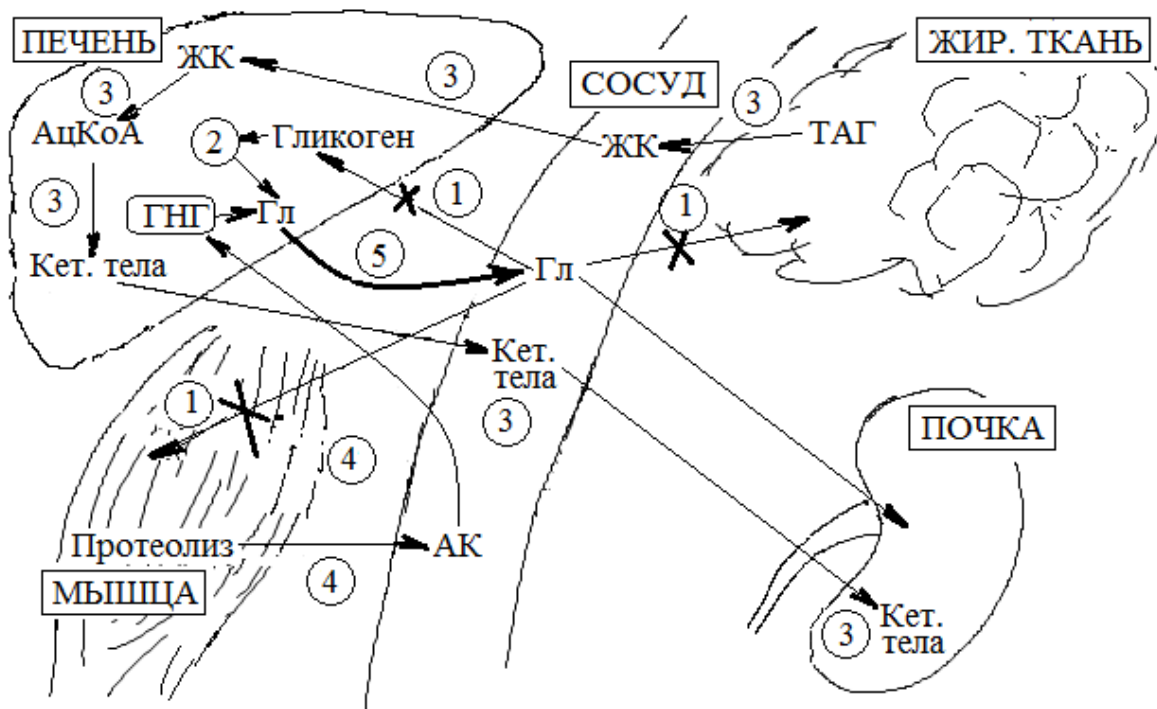


Рисунок 12.8 — Схема биохимических сдвигов при сахарном диабете 1 типа

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 мм/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.....

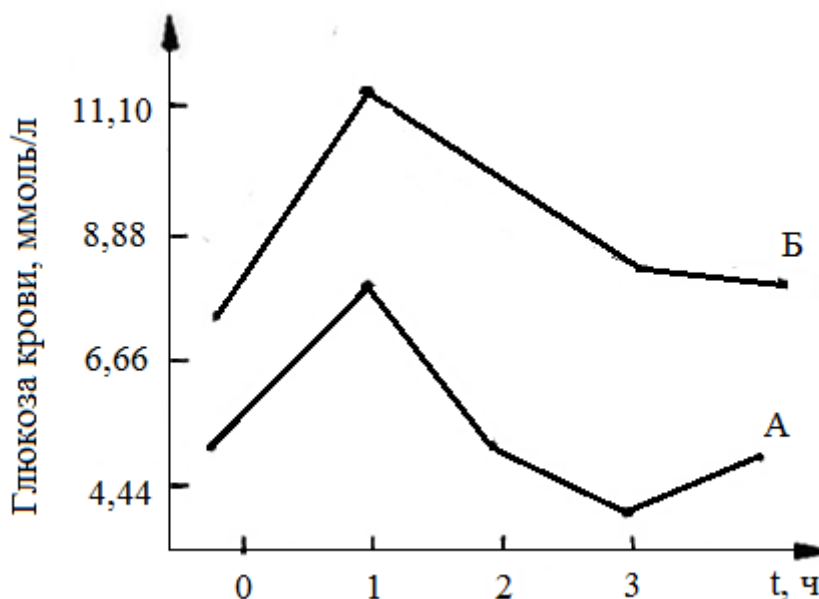


Рисунок 12.9 — Схема гликемических кривых здорового человека и больного инсулинзависимым сахарным диабетом

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).

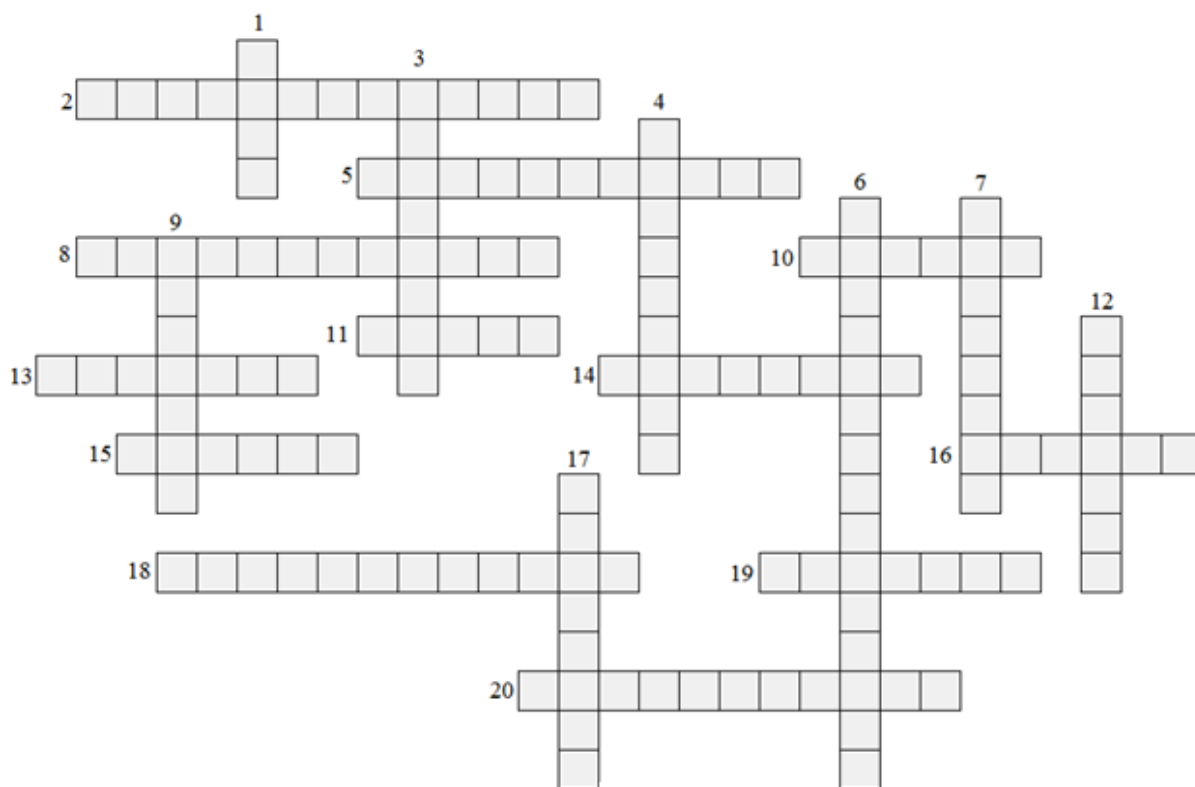


Рисунок 13.1 — Кроссворд по разделу «Биохимия углеводов»

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.*

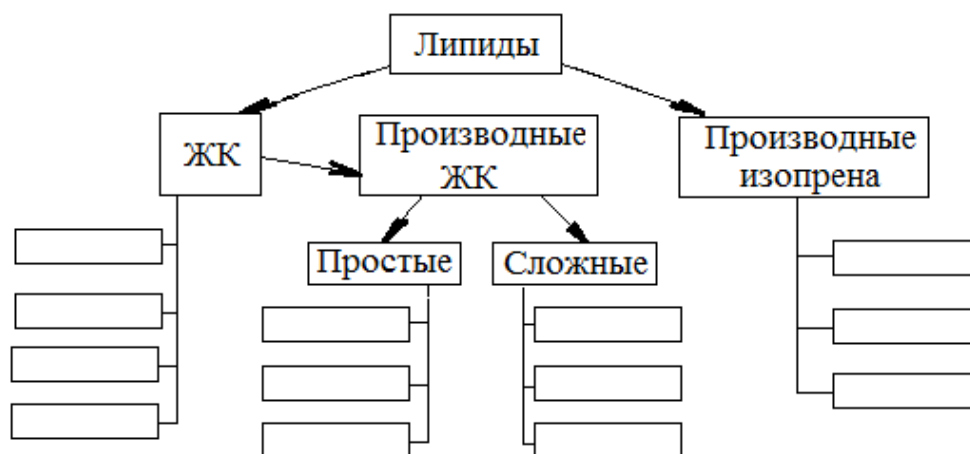


Рисунок 14.1 — Классификация липидов по химическому строению

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».

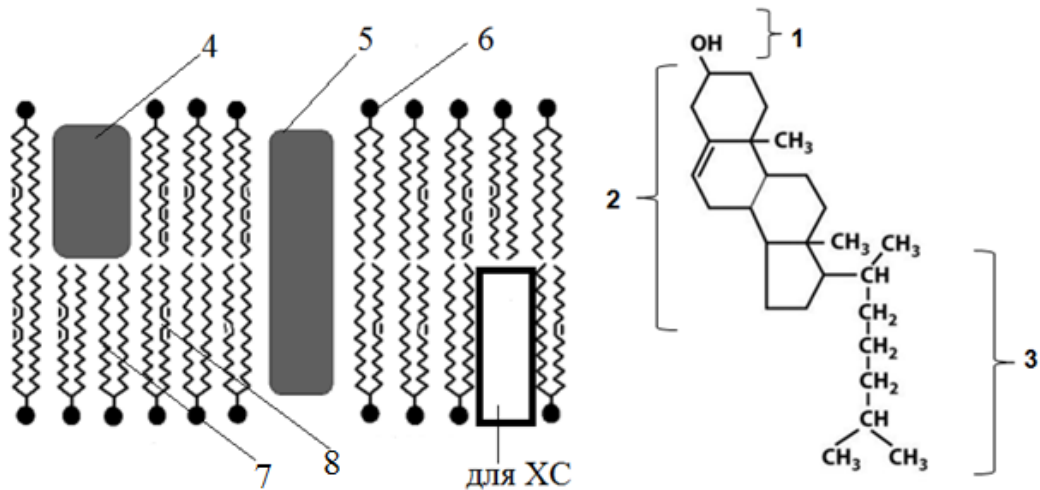


Рисунок 14.2 — Схема строения биологических мембран, строение холестерина

3. Переваривание и всасывание липидов в желудочно-кишечном тракте

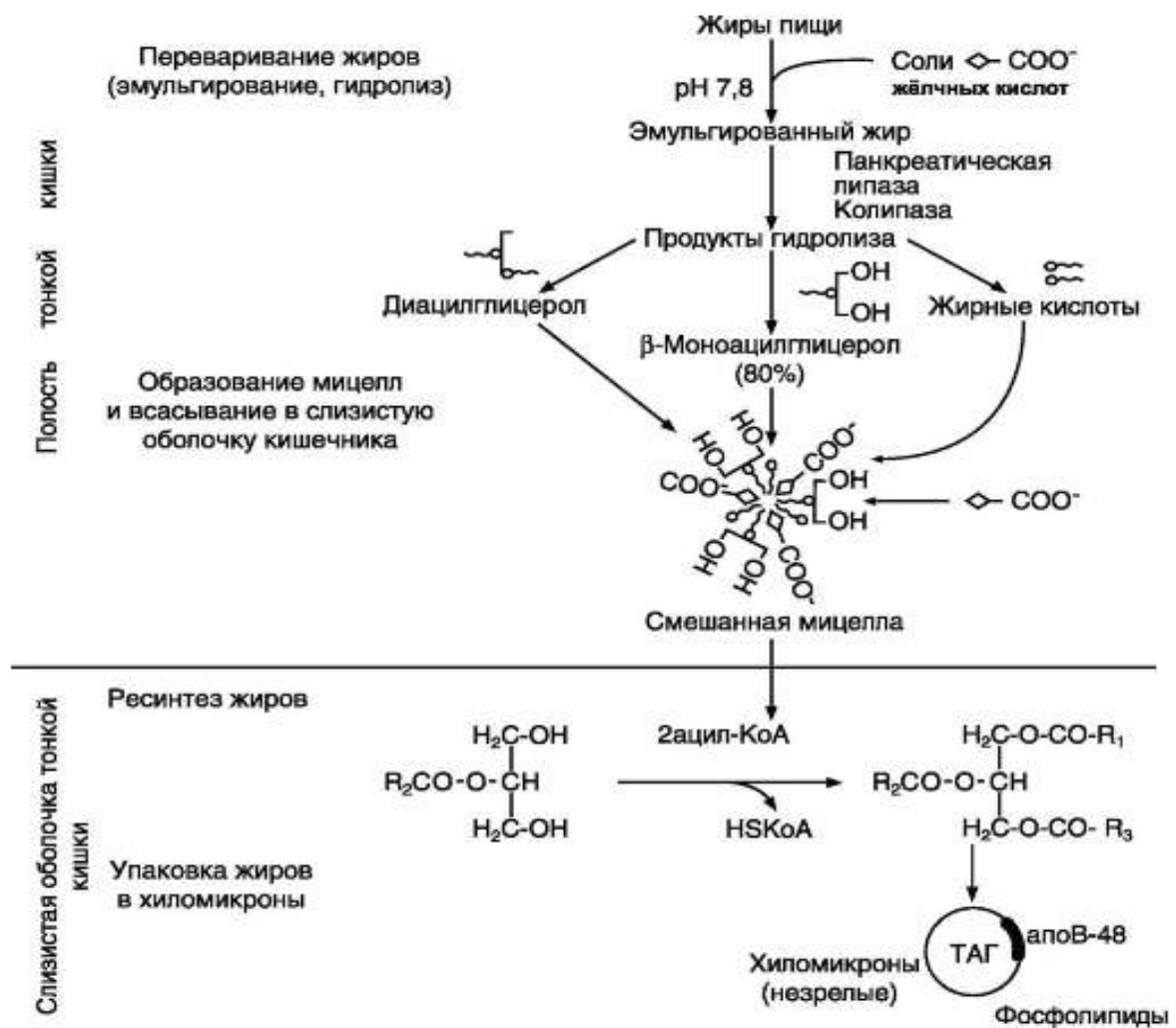


Рисунок 14.3 — Этапы переваривания и всасывания экзогенных жиров в тонком кишечнике [2]

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.

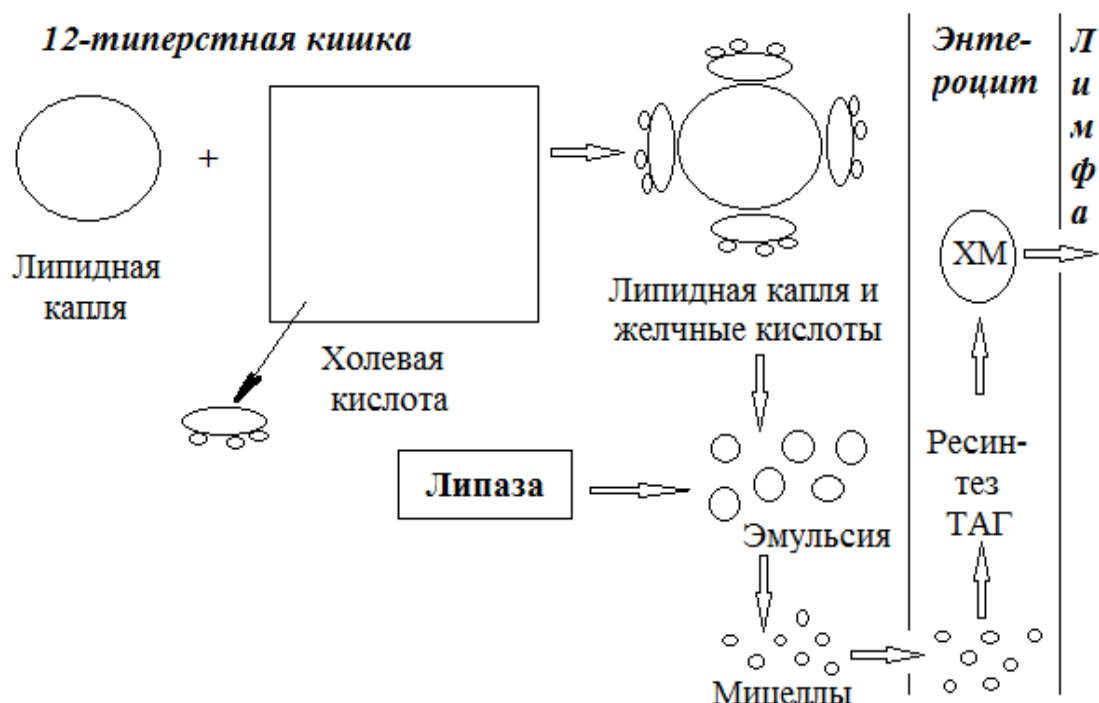


Рисунок 14.4 — Этапы переваривания и всасывания липидов

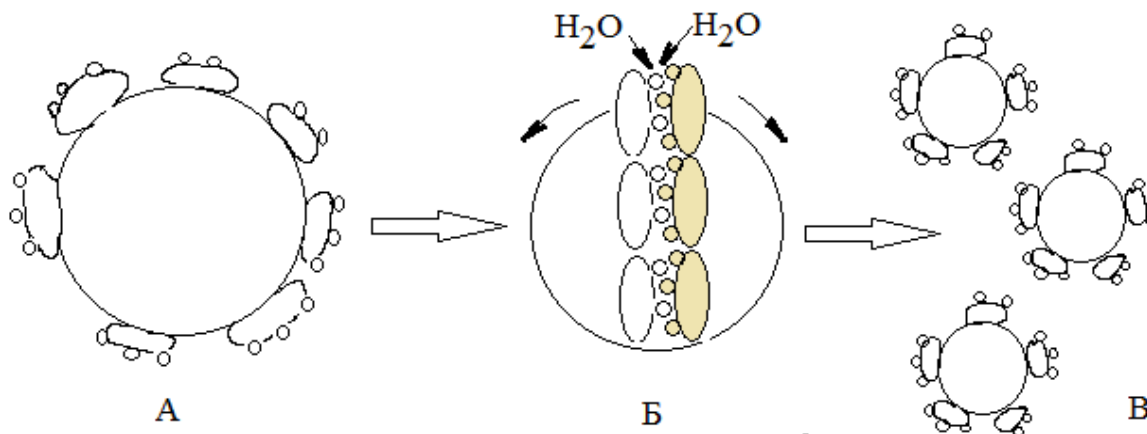


Рисунок 14.5 — Механизм эмульгирования жира

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).

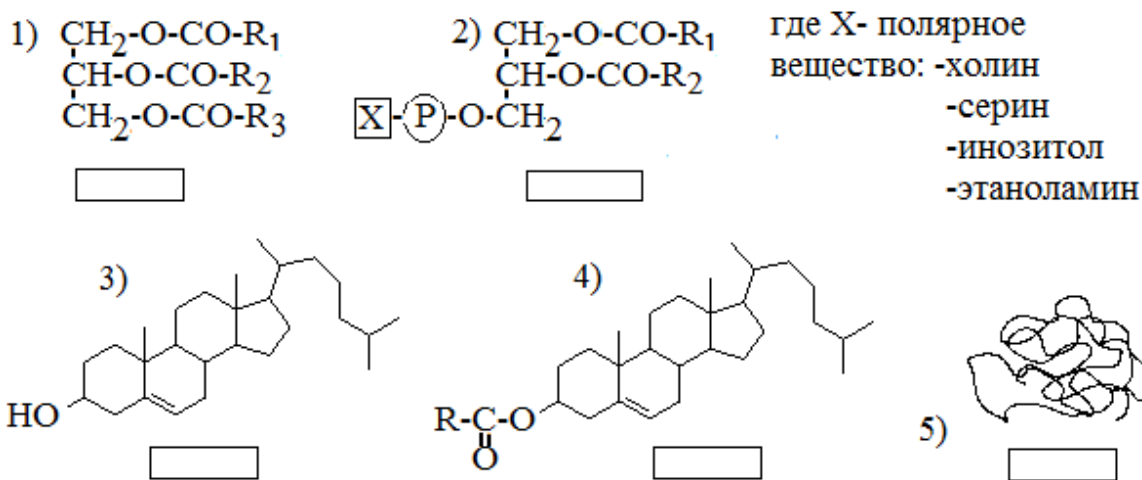


Рисунок 14.6 — Основные компоненты липопротеидных частиц

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).

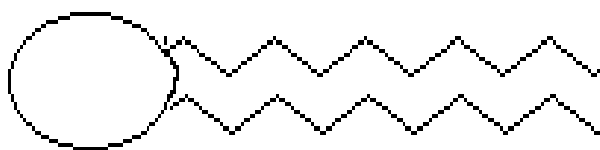


Рисунок 14.7 — Структурная формула фосфолипида

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.

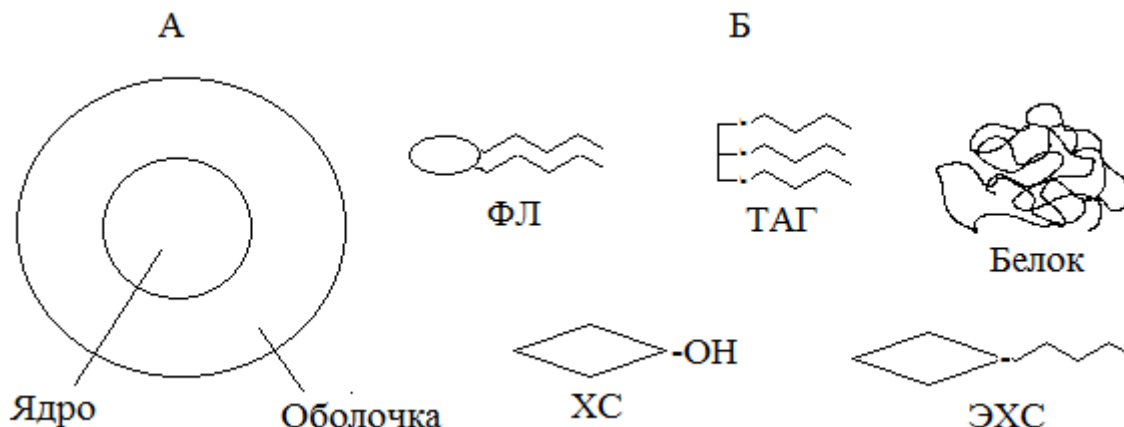


Рисунок 14.8 — Схема строения липопротеидной частицы

Задание 4.1.7 — Запишите и запомните виды липопротеидов:

- ХМ;
- ЛПОНП, пре- β -ЛП;
- ЛПНП;
- ЛПНП, β -ЛП;
- ЛПВП, α -ЛП.

Задание 4.1.8 — Пользуясь учебником, заполните таблицу 14.1.

Таблица 14.1 — Характеристика липопротеидов

| Характеристика | ХМ | ЛПОНП | ЛПНП | ЛПВП |
|------------------------------|----|-------|------|------|
| Плотность, г/см ³ | | | | |
| 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)?

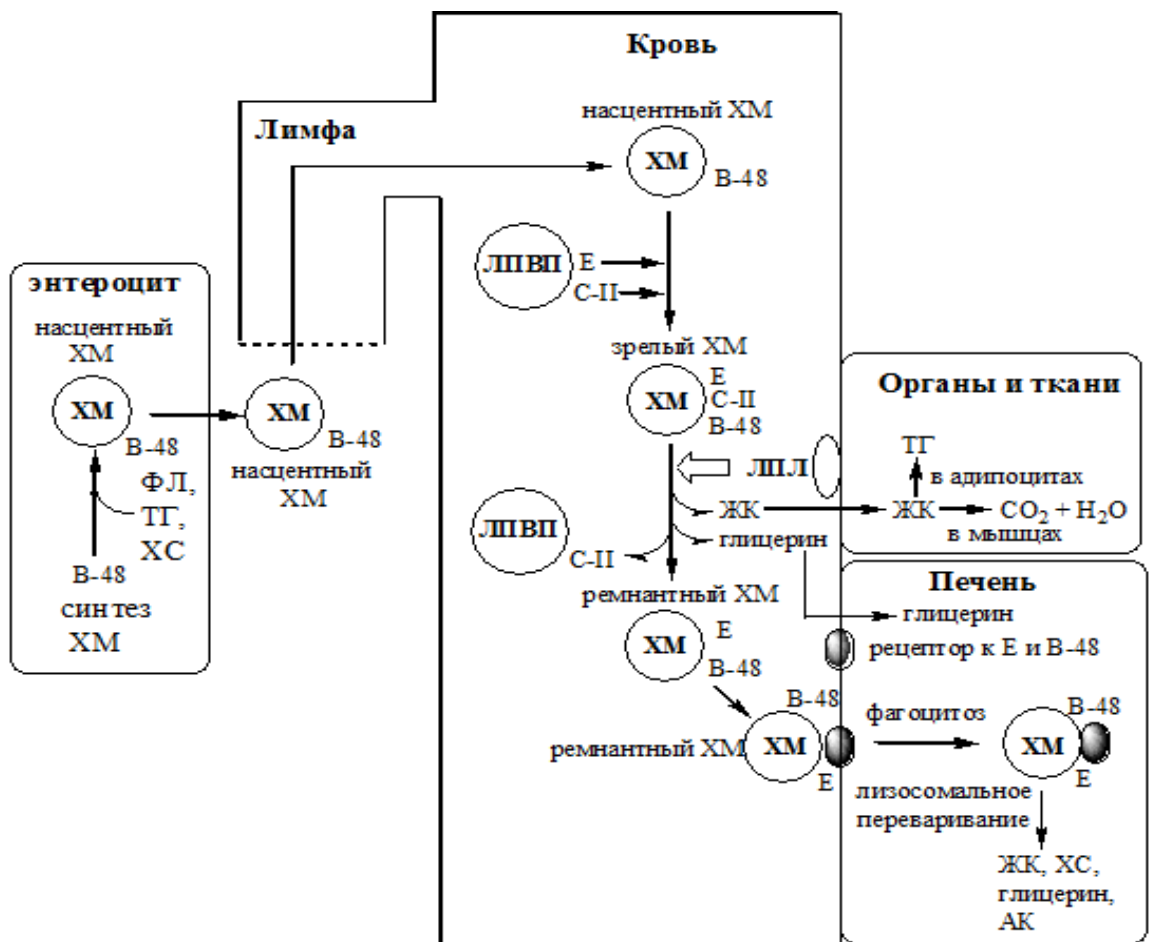


Рисунок 14.9 — Общая схема метаболизма хиломикрона []

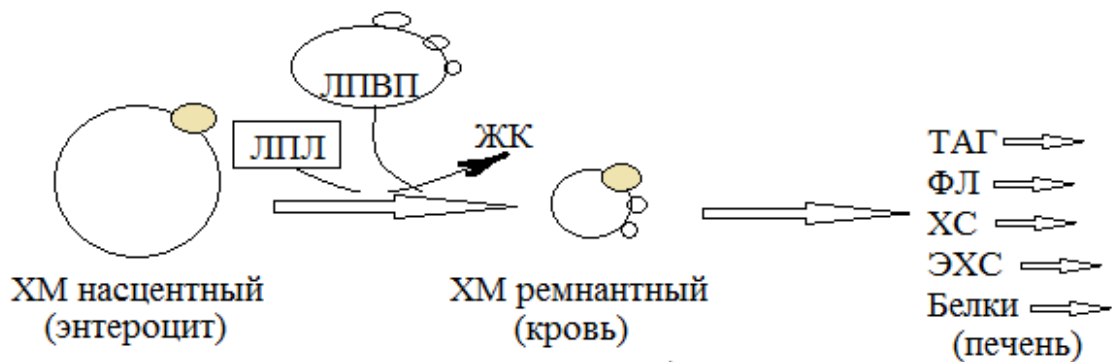


Рисунок 14.10 — Метаболизм хиломикрона

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)?

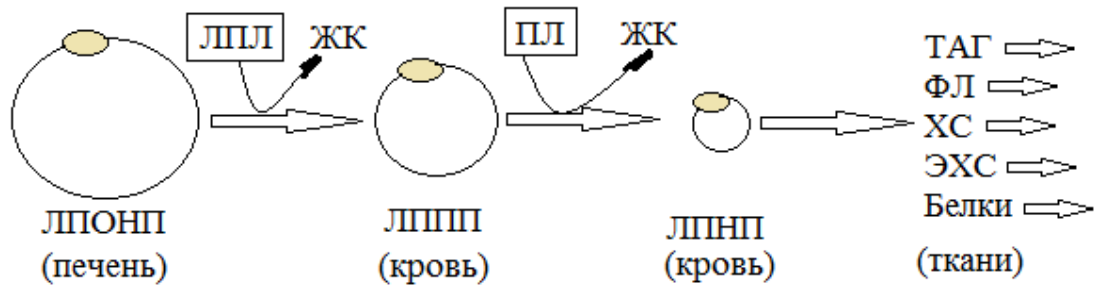


Рисунок 14.11 — Метаболизм липопротеидов низкой плотности

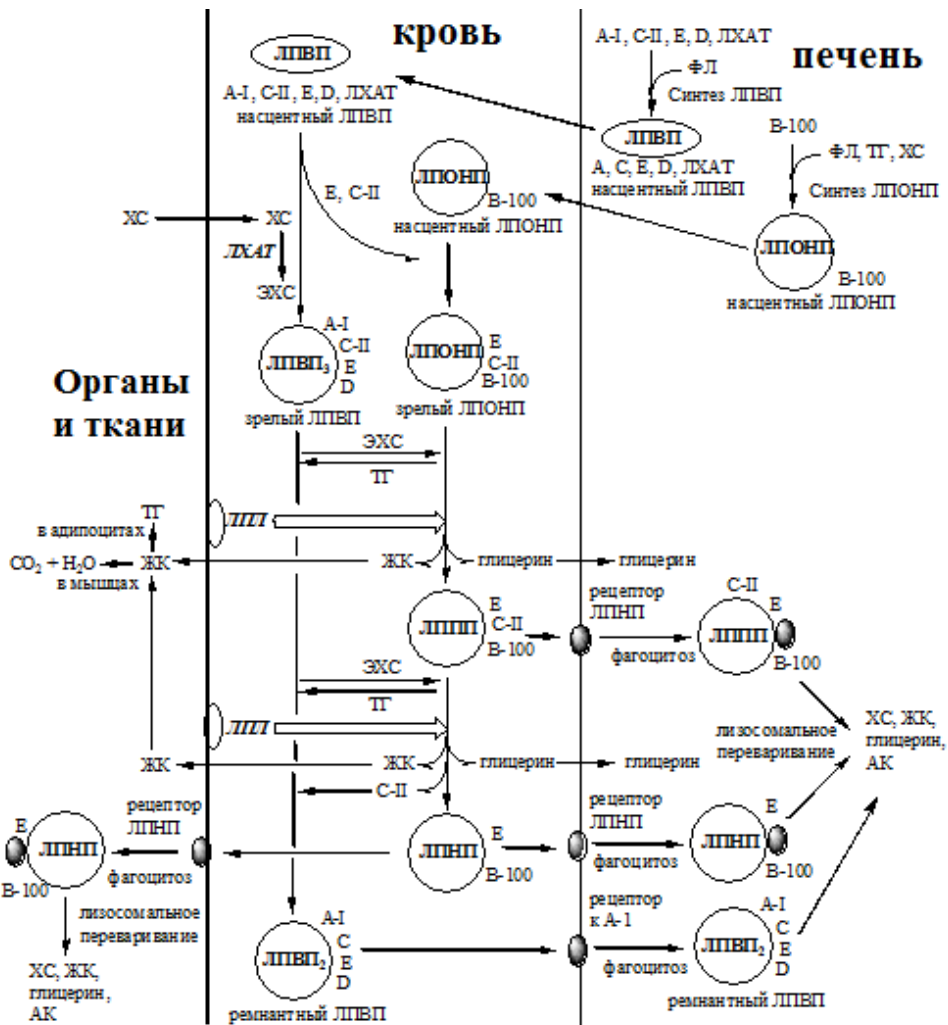


Рисунок 14.12 — Общая схема метаболизма ЛПОНП, ЛППП, ЛПНП и ЛПВП

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.

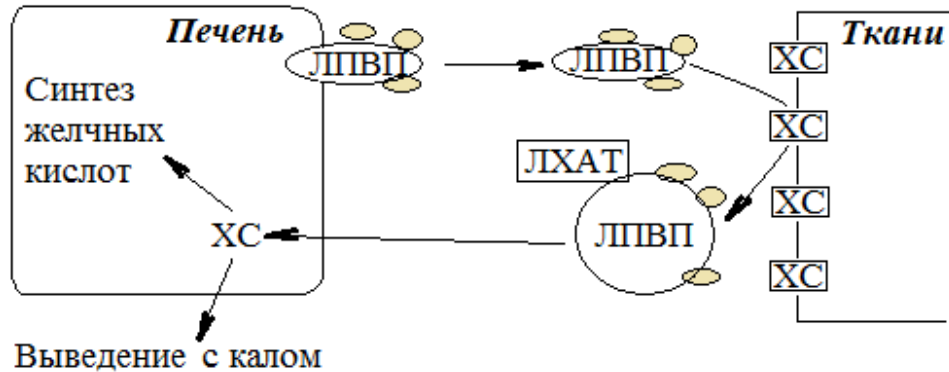


Рисунок 14.13 — Метаболизм липопротеидов высокой плотности

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.

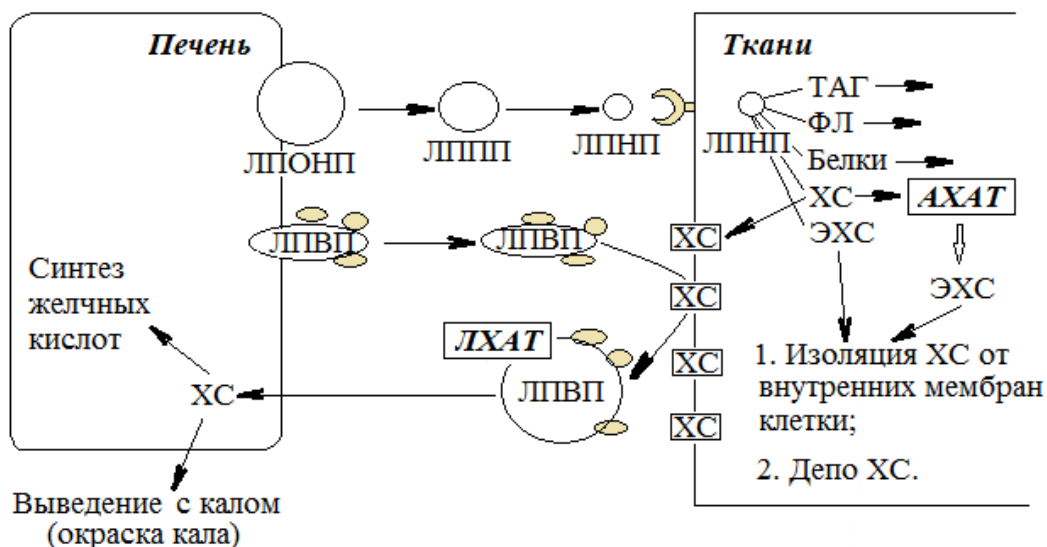


Рисунок 14.14 — Роль ферментов лецитин: холестерол-ацилтрансферазы и ацил-КоА-холестерол-ацилтрансферазы в метаболизме липопротеидов

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 кетоновых тел

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

Практическая часть:

1. Механизм мобилизации триацилглицеролов (жира)

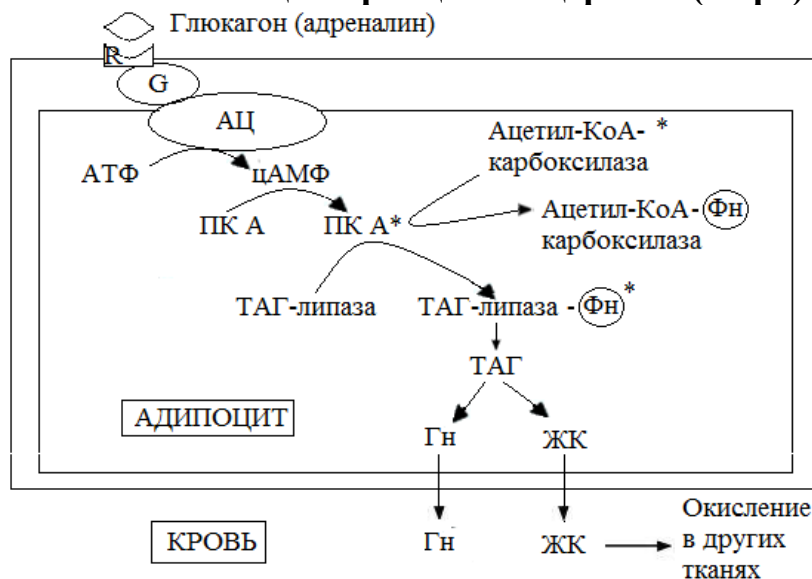


Рисунок 15.1 — Активация гормончувствительной ТАГ-липазы

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.

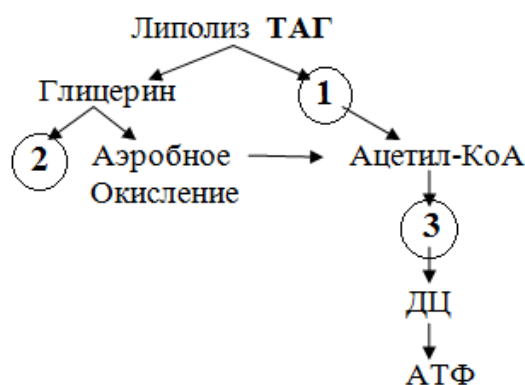


Рисунок 15.2 — Схема использования продуктов липолиза триглицеридов

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.

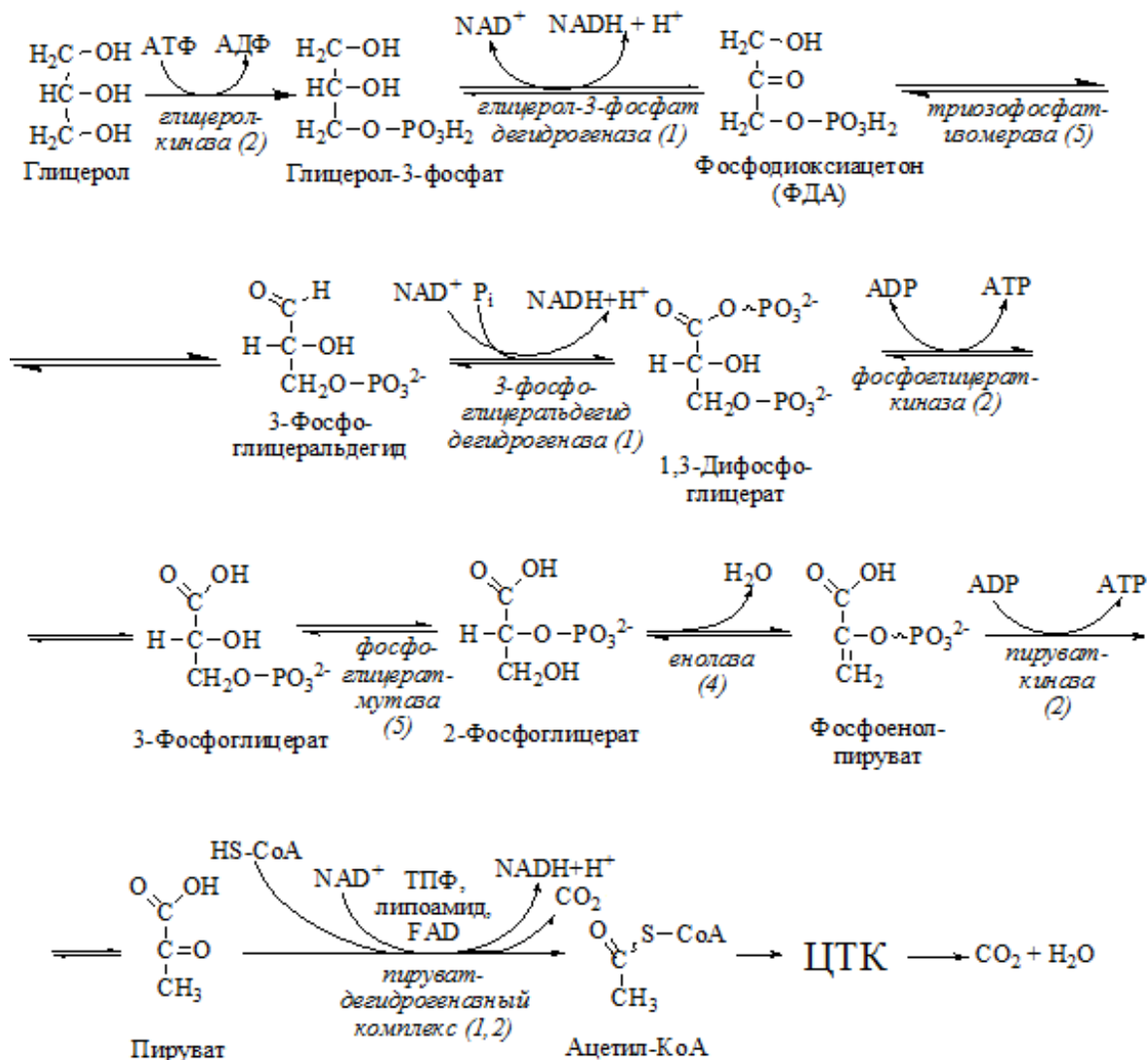


Рисунок 15.3 — Окисление глицерола

3. β -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 β -окисления ЖК.

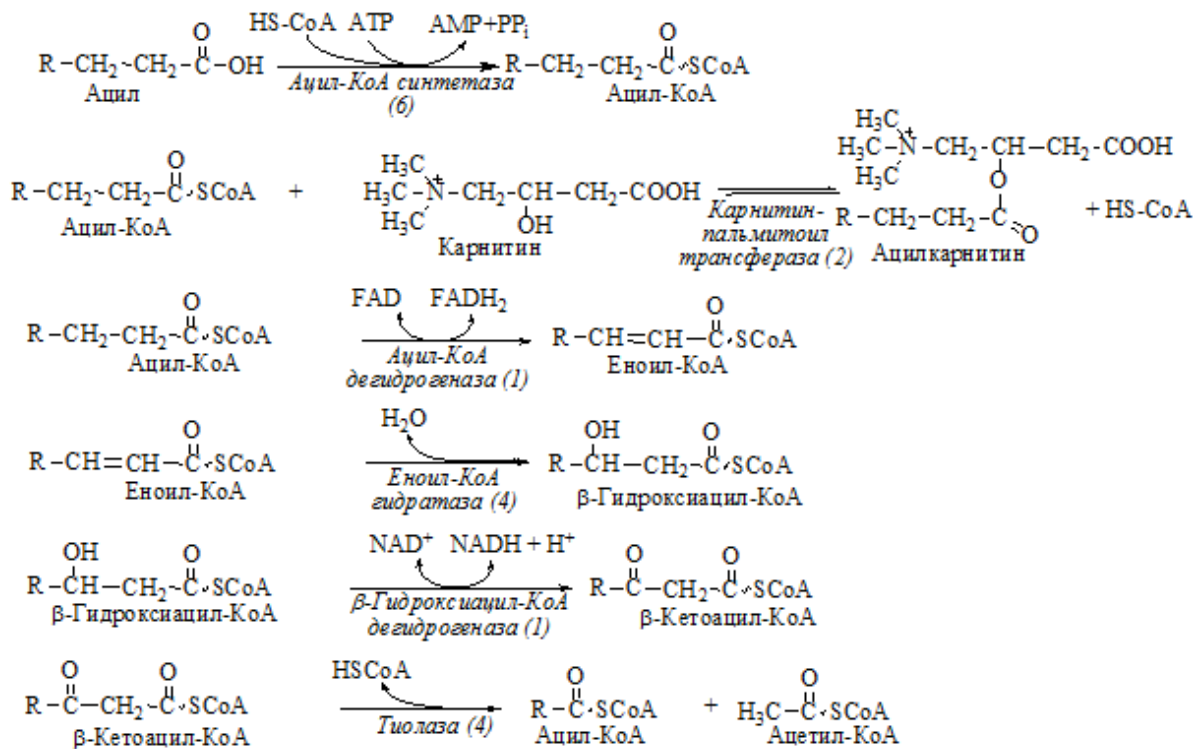


Рисунок 15.4 — Общие реакции окисления жирных кислот

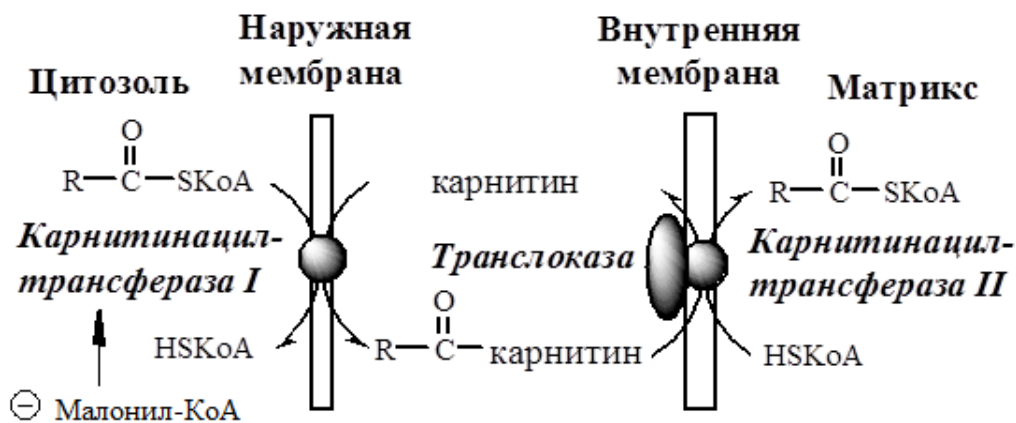


Рисунок 15.5 — Механизм трансмембранного переноса длинноцепочечного ацил-КоА в матрикс митохондрий при участии пальмитоил-карнитин- ацилтрансфераз и транслоказы

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 β -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 β -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 β -гидроксибутирата.

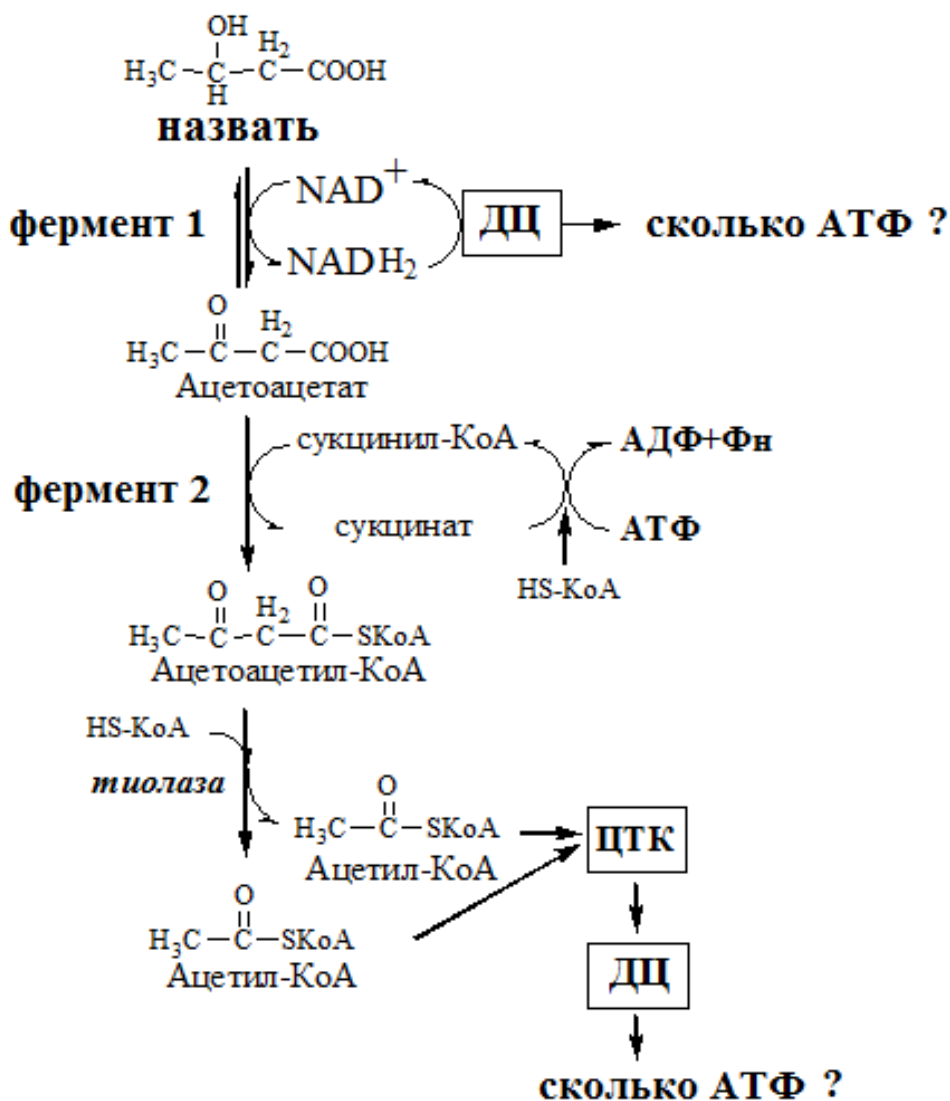


Рисунок 15.6 — Катаболизм кетоновых тел

Задание 4.2 — Назовите органную локализацию синтеза и катаболизма КТ.

Задание 4.3 — Объясните, почему мозг может использовать КТ как источник энергии, а эритроциты и печень — нет.

Задание 4.4 — Объясните причину кетоацидоза при СД.

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

Занятие 16

Тема: Липиды-3. Биосинтез липидов. Регуляция и патология липидного обмена

Цель занятия: изучить биосинтез основных классов липидов.

Практическая часть:

1. Биосинтез насыщенных жирных кислот

Задание 1.1 — Рассмотрите рисунок 16.1 и выполните следующие задания:

а) дополните схему рисунка 16.1 предложенными терминами: ПФП, пальмитат, малик-фермент, ацетил-КоА-карбоксилаза, цитратлиаза, Гл, синтаза ЖК;

б) запишите уравнения реакции, катализируемые следующими ферментами: малик-фермент, цитратлиаза.

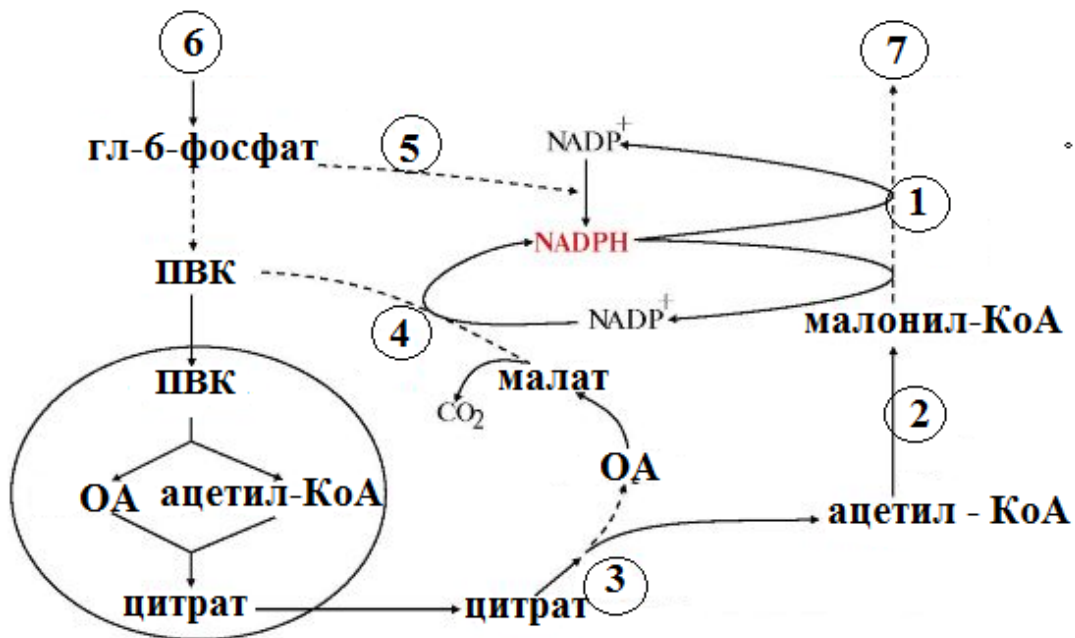


Рисунок 16.1 — Схема синтеза жирных кислот из продуктов катаболизма глюкозы

Задание 1.2 — Для синтеза ЖК необходимы следующие исходные вещества: ацетил-КоА, АТФ, NADPH+H. Пользуясь рисунком 16.1 и пройденным уже материалом, поясните происхождение каждого из трех компонентов.

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

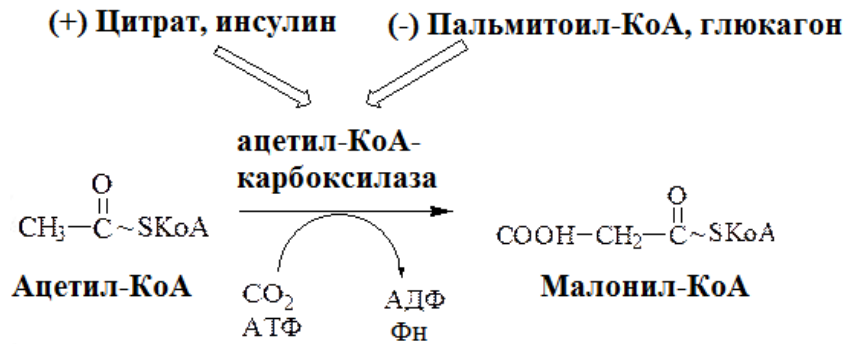


Рисунок 16.2 — Регуляция скорости лимитирующей реакции синтеза жирных кислот

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 (C₁₆), 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.....

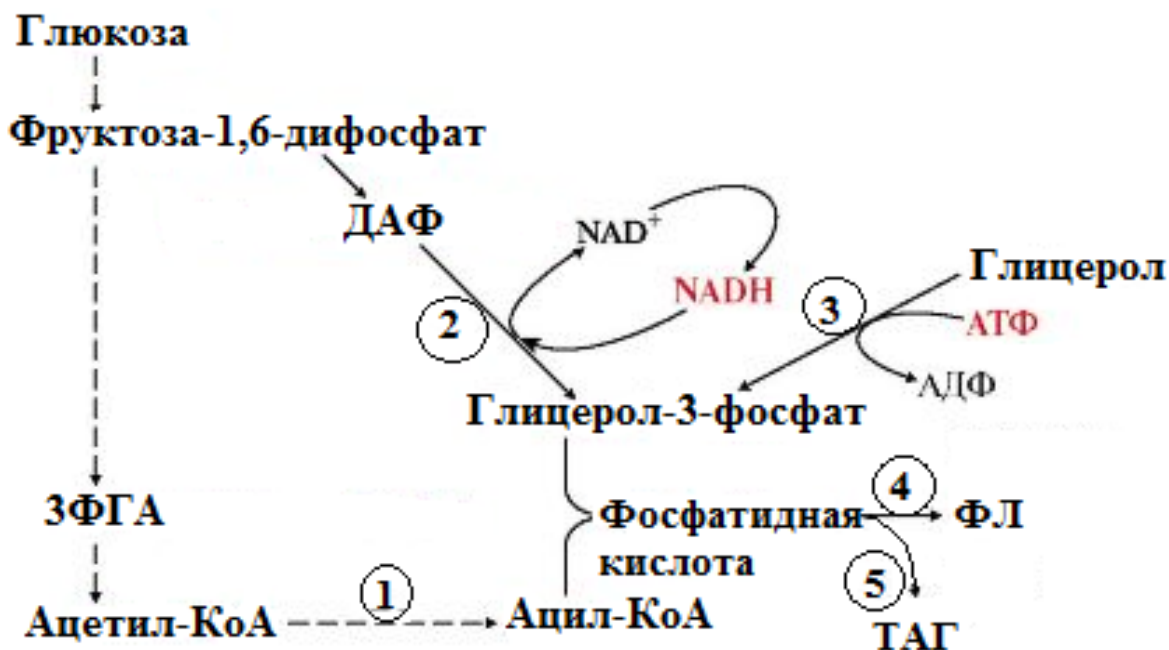


Рисунок 16.4 — Синтез липидов в печени

3. Биосинтез холестерина

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

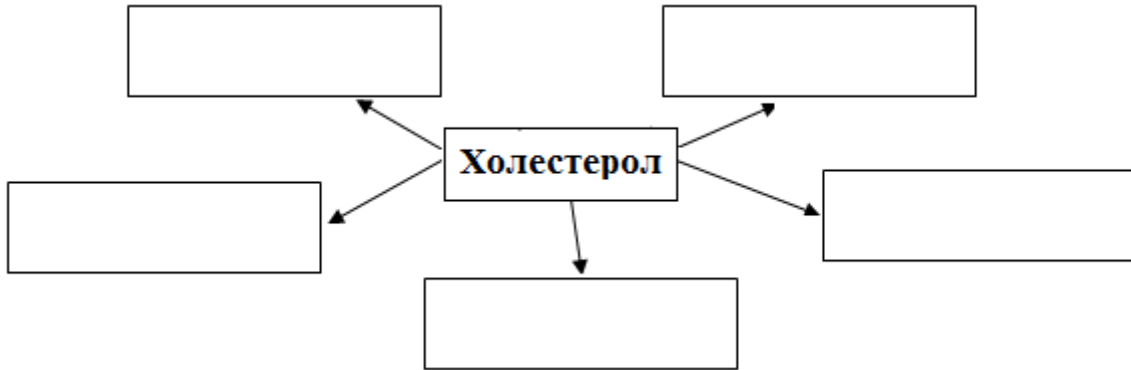


Рисунок 16.5 — Биологическая роль холестерина

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.

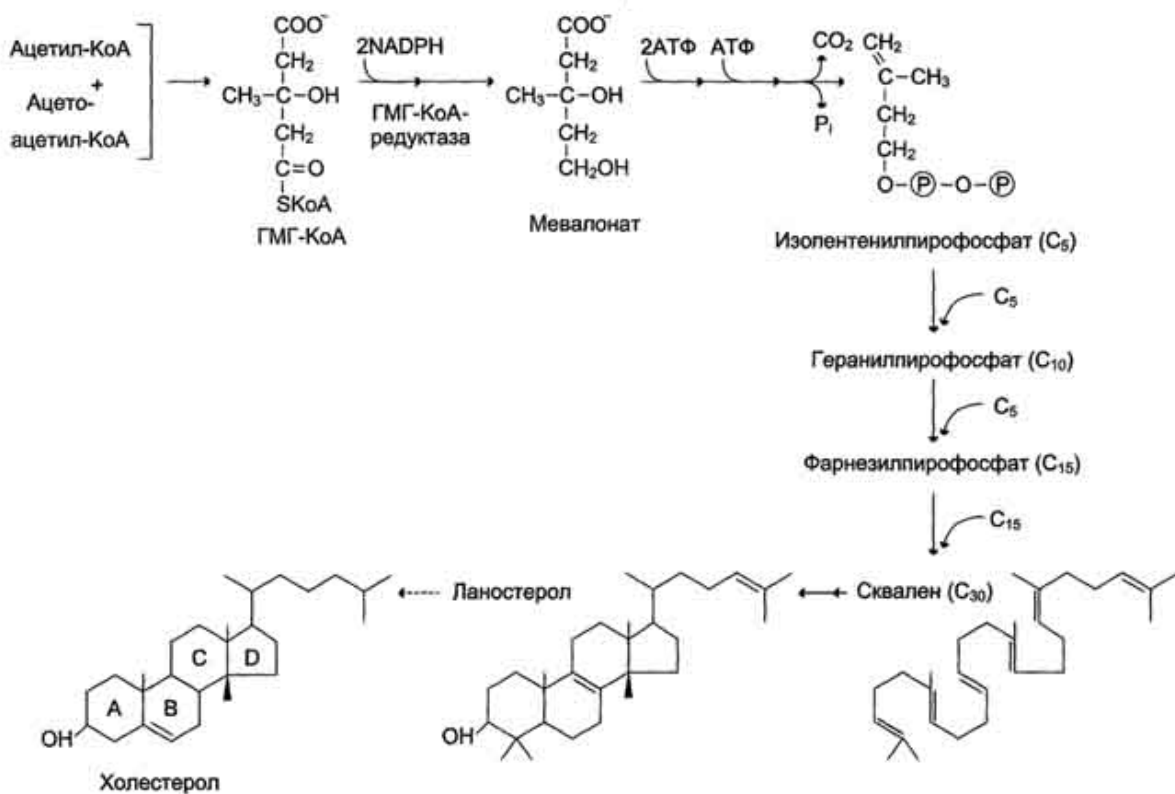


Рисунок 16.6 — Схема синтеза холестерина

Задание 3.3 — Вспомните схему транспорта ХС. Назовите атеро-генные и антиатерогенные липопротеиды.

4. Интеграция липидного и углеводного обменов

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

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

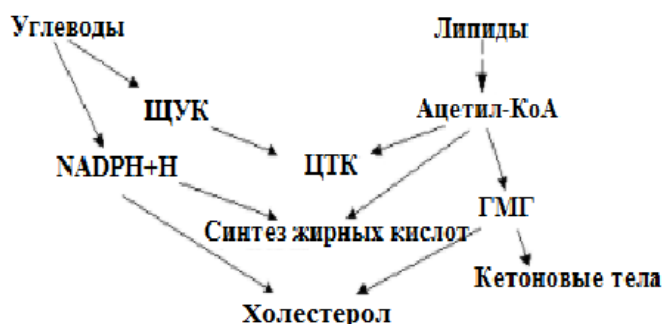


Рисунок 16.7 — Схема интеграции липидного и углеводного обменов

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 β-гидроксибутирата. Сравните.

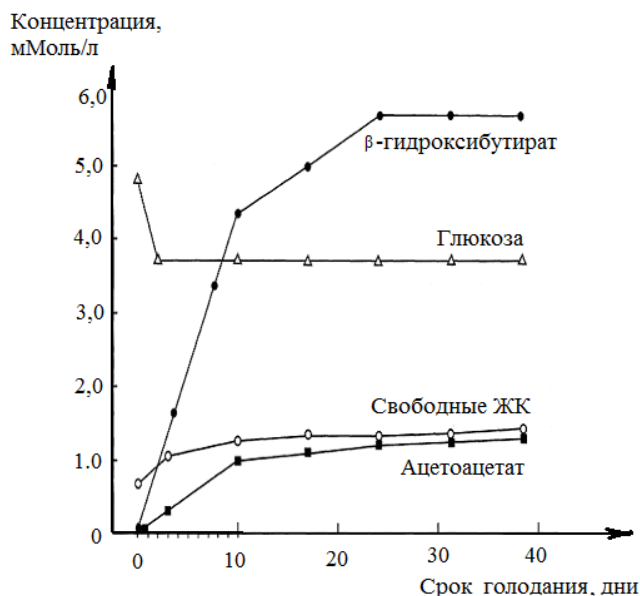


Рисунок 16.8 — Изменение содержания кетоновых тел, свободных жирных кислот и глюкозы в крови при голодании

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).

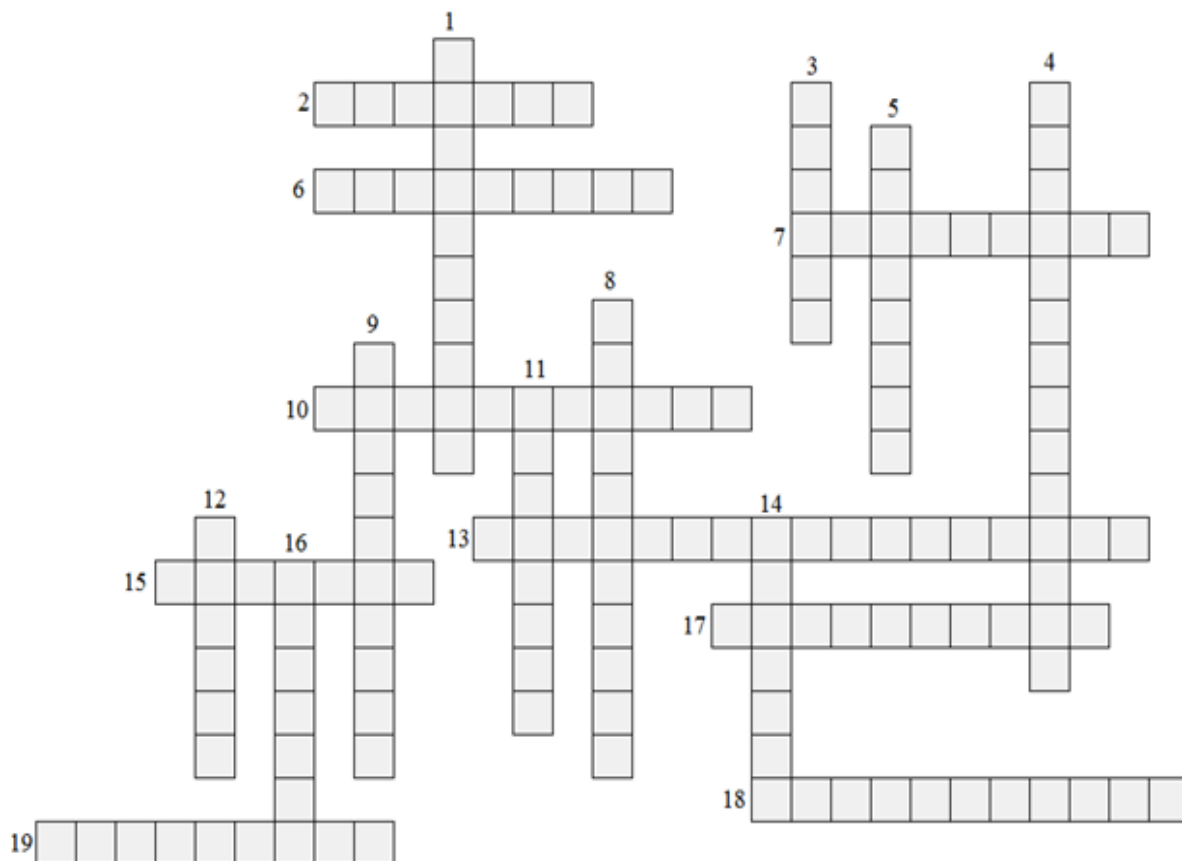


Рисунок 13.1 — Кроссворд по разделу «Биохимия липидов»

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.

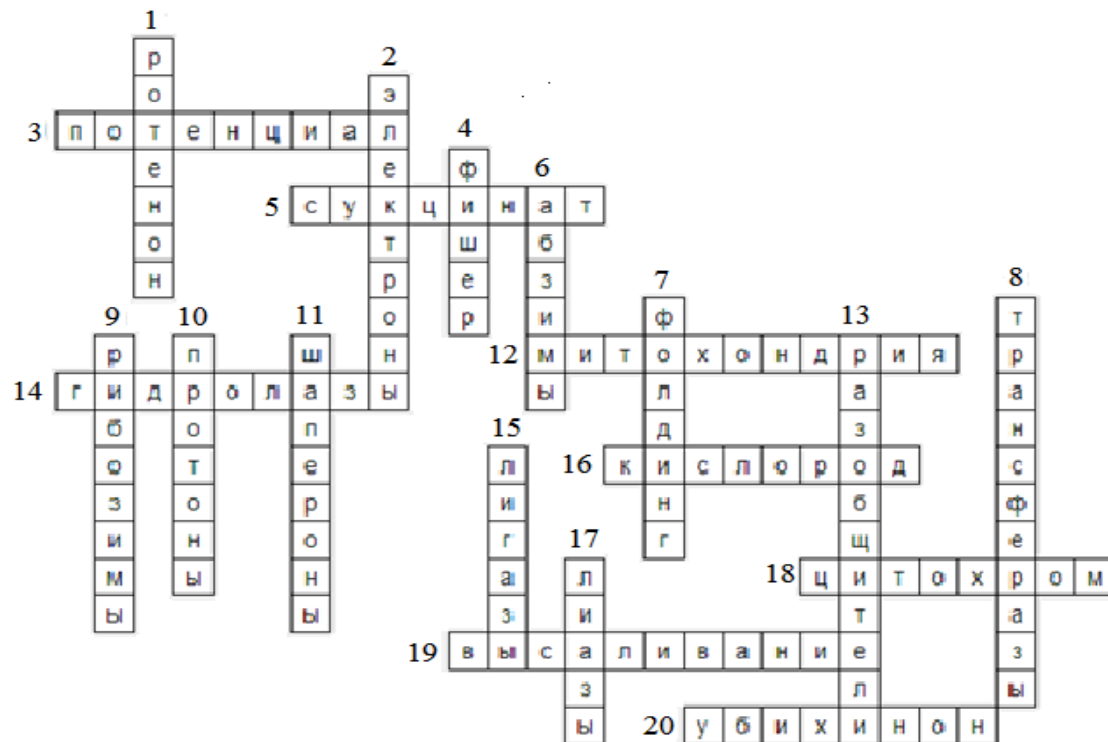
По вертикали: 1. Входит в состав биологических мембран и стабилизирует их; 3. Фермент расщепления липидов; 4. Процесс дробления липидных капель с участием желчных кислот; 5. Переносчик ЖК в митохондрию; 8. Органелла, в которой локализовано β -окисление ЖК; 9. Липопротеид, синтезируемый в энтероците;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

ЛИТЕРАТУРЫ

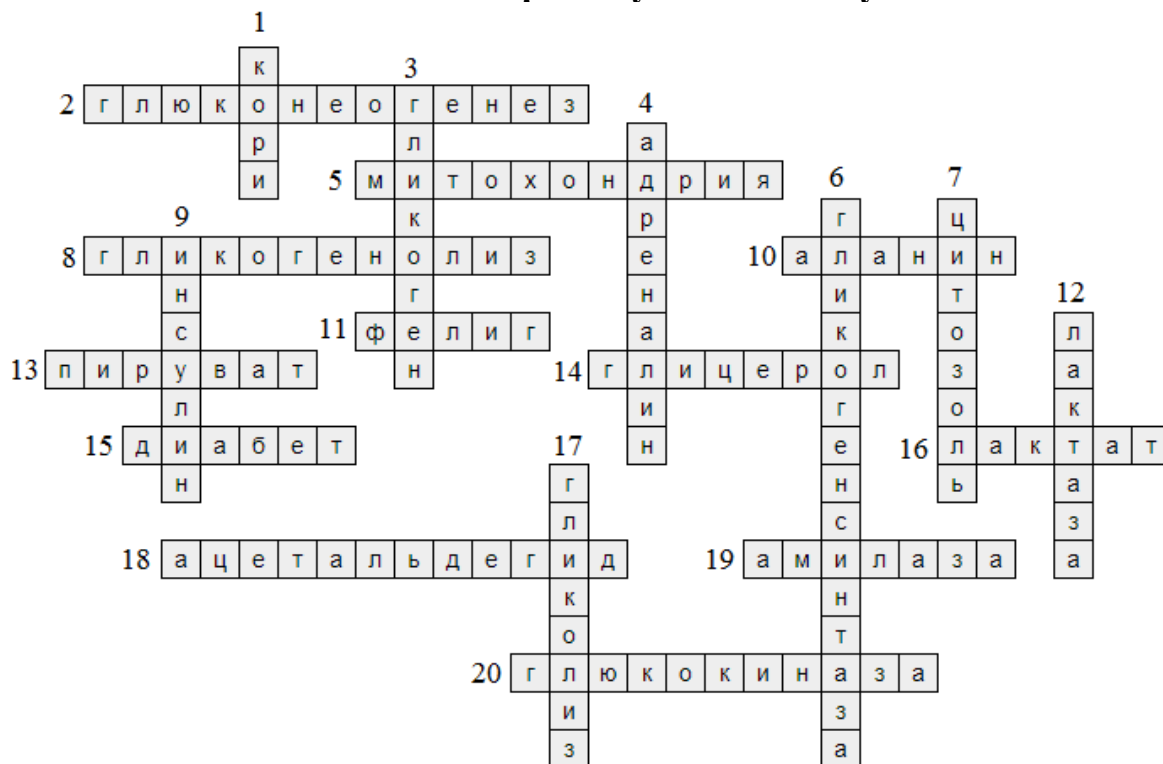
1. Биологическая химия: учебник / под ред. А. Д. Тагановича [и др.]. — 2-е изд., испр. — Минск: Выш. шк., 2016. — 670.
2. Биохимия: учебник для вузов / под ред. чл.-кор РАН Е. С. Северина. — 5-е изд., испр. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 768 с.
3. Сборник тестовых заданий по биологической химии: В 2 ч.: 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 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная 70 г/м². 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.