

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

## **Биохимия**

Рабочая тетрадь

студента \_\_\_\_\_  
группа \_\_\_\_\_

НОВОСИБИРСК 2024

УДК 557.1(07)  
ББК 28.072, я7  
Б 638

**Кафедра технологии и управления качеством сельскохозяйственной продукции**

Составители: к.б.н., доцент *Г.В. Вдовина, Л.М. Осина*

Рецензент: к.б.н., доцент *С.В. Баталова*

**Биохимия:** рабочая тетрадь // сост.: Г.В. Вдовина, Л.М. Осина / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Институт экологической и пищевой биотехнологии. – Новосибирск, 2024. – 38 с.

Рабочая тетрадь по биохимии предназначена для студентов очной формы обучения по направлениям подготовки 06.03.01 – Биология, 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения, 19.03.04 – Технология продукции и организация общественного питания, 19.03.01 Биотехнология, 19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья, 35.03.07 – Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом ИЭПБ (№ 2 от 12.02.2024 г.).

Ответственный за выпуск: доцент Ленивкина И.А.

## Содержание

Введение .....	4
Организация работы студентов на лабораторных занятиях .....	4
Тема 1. Основы биохимии .....	8
Тема 2. Биохимия витаминов .....	11
Тема 3. Биохимия белков .....	15
Тема 4. Биохимия ферментов .....	21
Тема 5. Биохимия углеводов .....	25
Тема 6. Биохимия липидов (жиров) .....	26
Тема 7. Обмен веществ. Белковый обмен .....	30
Тема 8. Обмен углеводов .....	32
Тема 9. Обмен липидов .....	34
Список рекомендованной литературы .....	36
приложение .....	38

## Введение

**Биохимия** (*bios* – жизнь) – химия жизни, химия живой материи. Она изучает вещества животного, растительного и микробного происхождения с целью познания их строения, свойств и выяснения механизмов функционирования, изучает химические реакции, которые имеют место в живых организмах, прежде всего в живой клетке.

**Целью** изучения Биохимии при подготовке специалистов и бакалавров является приобретение необходимых знаний и навыков и использование методов этой науки с целью контроля за обменом веществ и механизмом его регуляции.

**Задачами** биохимии являются:

- определить каким образом неживые молекулы составляют живые организмы, взаимодействуют друг с другом и поддерживают живое состояние;
- изучить последовательность тех химических превращений и взаимосвязей, которые характерны для живого и отличают живое существо от неживого;
- приобретение навыков по качественному и количественному исследованию жидких сред организма.

Самое поразительное свойство живых организмов – это их способность к самовоспроизведению. Свойство, которое можно считать сущностью состояния, называемое «жизнью». Для явления жизни необходимо наличие постоянно идущих химических процессов в этих сложных структурах. Поэтому для изучения жизненных явлений вместе с морфологическими науками очень важное значение имеет биохимия.

Дисциплина Биохимия в соответствии с требованиями ФГОС ВО направлена на формирование следующей общепрофессиональной (ОПК) компетенции:

способности применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания.

### Организация работы студентов на лабораторных занятиях

1. На лабораторное занятие студент приходит с теоретическими знаниями по данной теме. Для подготовки используется текст лекций и дополнительные источники информации.
2. Степень подготовленности к занятию систематически проверяется путем опроса в течение 15 мин в начале занятия.
3. Проверку результатов лабораторных занятий, выполненных студентами, преподаватель начинает за 10 мин до конца занятия.
4. Пропущенные или не зачтенные занятия студент должен отработать в течение ближайших двух недель.

### Основные правила техники безопасности

1. Работать в лаборатории необходимо в халате, защищая одежду и кожу от попадания и разъедания реактивами.
2. Каждый должен работать на закрепленном за ним рабочем месте. Переход на другое место без разрешения преподавателя не допускается.
3. Рабочее место следует поддерживать в чистоте, не загромождать его посудой и побочными вещами.
4. Студентам запрещается работать в лаборатории без присутствия преподавателя или лаборанта, а также в неустановленное время без разрешения преподавателя.
5. До выполнения каждой лабораторной работы можно приступить только после получения инструктажа по технике безопасности и разрешения преподавателя.
6. Приступая к работе, необходимо: осознать методику работы, правила ее безопасного выполнения; проверить соответствие взятых веществ тем веществам, которые указаны в методике работы.

7. Опыт необходимо проводить в точном соответствии с его описанием в методических указаниях, особенно придерживаться очередности добавления реактивов.

8. Для выполнения опыта пользоваться только чистой, сухой лабораторной посудой; для отмеривания каждого реактива нужно иметь мерную посуду (пипетки, бюретки, мерный цилиндр или мерный стакан); не следует выливать избыток налитого в пробирку реактива обратно в емкость, чтобы не испортить реактив.

9. Если в ходе опыта требуется нагревание реакционной смеси, надо следовать предусмотренным методическим указаниям способа нагрева: на водяной бане, на электроплитке или над спиртовкой.

10. Пролитые на пол и стол химические вещества обезвреживают и убирают под руководством лаборанта (преподавателя) в соответствии с правилами.

11. При работе в лаборатории следует соблюдать следующие требования: выполнять работу нужно аккуратно, добросовестно, внимательно, экономно, быть наблюдательным, рационально и правильно использовать время, отведенное для работы.

12. По окончании работы следует привести в порядок свое рабочее место: помыть посуду, протереть поверхность рабочего лабораторного стола, закрыть водопроводные краны, выключить электрические приборы.

### **Правила техники безопасности в лаборатории при работе с кислотами и щелочами**

1. Кислоты и щелочи в большинстве относятся к веществам повышенного класса опасности и способны вызвать химические ожоги и отравления. Поэтому необходимо внимательно следить за тем, чтобы реактивы не попадали на лицо, руки и одежду.

2. Не ходить по лаборатории с концентрированными кислотами и щелочами, а наливать их только в отведенном для этого месте.

3. Запрещается набирать кислоты и щелочи в пипетку ртом. Для этого следует применять резиновую грушу и прочее оборудование для отбора проб.

4. Для приготовления растворов серной, азотной и других кислот необходимо их приливать к воде тонкой струей при непрерывном перемешивании, а не наоборот. Приливать воду в кислоту запрещается!

5. Растворять твердые щелочи следует путем медленного добавления их небольшими кусочками к воде при непрерывном перемешивании. Кусочки щелочи нужно брать только щипцами.

6. При смешивании веществ, которое сопровождается выделением тепла, необходимо пользоваться термостойким толстостенной стеклянной или фарфоровой посудой.

7. Разлитые кислоты или щелочи необходимо немедленно засыпать песком, нейтрализовать, и только после этого проводить уборку.

8. При попадании на кожу или одежду кислоты, надо смыть ее большим количеством воды, а затем 3-5% раствором пищевой соды или разбавленным раствором аммиака.

9. При попадании на кожу или одежду щелочи, после смывания ее большим количеством воды, нужно провести обработку 2-3% раствором борной, лимонной или уксусной кислотами.

10. Вещества, фильтры, бумагу, использованные при работе, следует выбрасывать в мусорное ведро, остатки концентрированных растворов кислот и щелочей сливать в специальную посуду.

### **Правила техники безопасности в лаборатории с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ)**

1. Все работы с ЛВЖ и ГЖ должны осуществляться в вытяжном шкафу при включенной вентиляции, отключенных газовых проводках и электронагревательных приборов.

2. Запрещается нагревать на водяных банях вещества, которые могут вступать между собой в реакцию, которая сопровождается взрывом или выделением паров и газов.

3. При случайном пролипании ЛВЖ (сероуглерод, бензин, диэтиловый эфир и др.), а также при потерях горючих газов необходимо немедленно отключить все источники открытого огня, электронагревательные приборы.
4. Сосуды, в которых проводились работы с ЛВЖ и ГЖ, после окончания исследований должны быть немедленно освобождены от оставшейся жидкости и промыты.
5. Опыты с ядовитыми веществами и веществами, которые имеют сильно выраженный запах, можно проводить только в вытяжном шкафу.
6. При тушении бензина, спирта, эфира, пользоваться песком, которым следует засыпать вспыхнувшее пламя.
7. При распознавании газа по запаху, который выделяется, нюхать газ только на определенном расстоянии, направляя его струю движением руки от сосуда к себе.

### **Правила техники безопасности в лаборатории с бытовым газом, спиртовкой**

1. В связи с опасностью взрыва газозооушной смеси, применение бытового газа для нагрева в лабораториях допускается в крайних случаях, когда отсутствуют электронагревательные приборы.
2. Перед зааиганием спиртовки нужно убедиться, что корпус ее исправленньй, фитиль выпущен на нужную высоту и развернутый, а горловина и черенок фитиля сухие.
3. Зааженную спиртовку не переносить с места на место; нельзя зааигать одну спиртовку от другой.
4. Тушить спиртовку нужно накрывая пламя колпачком. Задувать пламя запрещается.
5. В спиртовках используется только этиловый спирт.
6. Нагревание реакционных смесей в пробирках и других стеклянных сосудах нужно проводить осторожно, предварительно насухо вытереть внешние стенки сосуда и, не допуская разбрызгивания смеси из сосуда. Горловина сосуда должна быть направлена в сторону, как от себя, так и от тех, кто работает рядом. Пробирку следует держать под наклоном. Нельзя наклоняться над жидкостью, которая нагревается, так как иногда может выкипать из сосуда. При нагревании пробирки над спиртовкой необходимо использовать специальный держатель для пробирок.
7. При возникновении пожара, прежде всего надо выключить все нагревательные приборы, затем тушить пламя. Его нельзя задувать. Если горят органические вещества, не следует заливать пламя водой. Используйте песок, пожарные одеяла, огнетушители (лучше углекислотные).
8. При незначительных ожогах (горячими предметами, веществами или паром) место ожога необходимо обработать раствором соды, а при более тяжелых ожогах следует немедленно обратиться к врачу.

### **Правила техники безопасности в лаборатории с химической посудой**

1. Основньм травмирующим фактором, который связан с использованием стеклянной посуды, аппаратов и приборов, являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего, а также ожоги рук при неосторожном обращении с нагретыми до высокой температуры частями стеклянной посуды.
2. Размешивать реакционную смесь в сосуде стеклянной палочкой или шпателем надо осторожно, не допуская разлома сосуда. Держать сосуд при этом необходимо за ее горловину.
3. Переноса сосуды с горячей жидкостью, надо держать их двумя руками: одной – за дно, другой – за горловину, используя при этом полотенце (чтобы избежать ожогов кистей и пальцев рук).
4. При закрывании толстостенной посуды пробкой следует держать ее за верхнюю часть горловины. Нагретый сосуд нельзя закрывать пробкой пока он не охладится.
5. В опытах с нагревом необходимо пользоваться посудой, которая имеет соответствующую маркировку.

6. В случае пореза стеклом нужно сначала внимательно осмотреть рану и извлечь из нее осколки стекла, если они есть, а затем обмыть раненное место 3 %-м раствором перекиси водорода, завязать бинтом или заклеить лейкопластырем.

### **Правила техники безопасности в лаборатории с электрооборудованием и электроприборами**

1. Химические лаборатории (включая биохимические и микробиологические) согласно степени опасности поражения электрическим током, относятся к помещениям с повышенной или особой опасностью, которая обусловлена возможностью воздействия на электрооборудование химически активных сред.

2. Все работы, связанные с применением электроприборов должны проходить под наблюдением преподавателя (лаборанта).

3. При работе с водяной баней нельзя пробовать степень нагрева воды рукой.

4. При неисправности в работе электроприбора необходимо обратиться к преподавателю. Чинить самостоятельно приборы запрещается.

5. При поражении электрическим током, если пострадавший остается в соприкосновении с токоведущими частями, необходимо немедленно выключить ток с помощью пускателя или вывернуть охранную пробку или перерубить токопроводящий провод изолированным инструментом. К пострадавшему, пока он находится под током, нельзя касаться незащищенными руками (без резиновых перчаток). Если пострадавший потерял сознание, после выключения тока нужно немедленно, не дожидаясь врача, делать искусственное дыхание.

### **Правила техники безопасности в лаборатории при работе с реактивами**

1. Если к работе не дано указаний относительно дозировки реактивов, то брать их для проведения опытов необходимо в возможно меньшем количестве (экономия материалов и времени, которое затрачивается на опыт).

2. Избыток реактива нельзя высыпать и выливать обратно в сосуд, из которого он был взят.

3. После расходования реактива банку или стакан необходимо сразу закрыть пробкой и поставить на место.

4. Сухие реактивы брать с помощью лопаток, пластмассовых или металлических шпателей. Шпатель должен быть всегда сухим и чистым. После расходования следует его тщательно обтереть.

5. Когда реактив отбирается пипеткой, ни в коем случае нельзя той же пипеткой, не вымыв ее, брать реактив с другой емкости.

6. При наливании реактивов нельзя наклоняться над сосудом, предотвращая попадания брызг на лицо или одежду.

7. Нельзя держать банку или стакан с реактивом, которую нужно открыть, держа в руках, ее надо поставить на лабораторный стол и только после этого открывать.

Дата проведения инструктажа: \_\_\_\_\_ Подпись инструктируемого \_\_\_\_\_  
Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## Тема 1. Основы биохимии

### Лабораторная работа 1. Диффузия. Влияние температуры на скорость диффузии.

**Реактивы.** Кристаллы крупные марганцовокислого калия. Кристаллы двуххромовокислого калия.

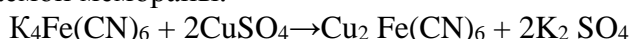
**Ход работы.** Наливают 25-30 мл воды в два химических стакана. В одном стакане воду нагревают до кипения на электроплитке. Затем в оба стакана помещают пинцетом кристаллы одного из окрашенных веществ. Диффузия в стакане с горячей водой идет значительно быстрее.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 2. Искусственные полупроницаемые мембраны.

**Реактивы.** 2 % раствор железосинеродистого калия; 16 % раствор сернокислой меди на 10 % растворе сахарозы.

**Ход работы. Опыт 1.** В химический стакан наливают 3-4 мл раствора железосинеродистого калия и осторожно пипеткой вносят в него каплю раствора сернокислой меди так, чтобы капля находилась у поверхности жидкости. При взаимодействии железосинеродистого калия и сернокислой меди на границе растворов образуется резко очерченная мембрана в виде ячейки коричневого цвета – осадок железосинеродистой меди. Это образовалась осадочная мембрана с характерными свойствами полупроницаемой мембраны.



Раствор, окружающий мембрану, имеет меньшее осмотическое давление, чем осмотическое давление внутри ячейки, поэтому вода будет проникать через полупроницаемую мембрану внутрь ячейки. В результате ячейка лопается. Вытекающий из лопнувшей ячейки железосинеродистый калий при соприкосновении с сернокислой медью раствора опять образует мембраны железосинеродистой меди.

**Выводы:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 3. Влияние растворов с разным осмотическим давлением на растительные клетки.

**Реактивы.** Лук; хлористый натрий (0,1 %; 0,9 % и 10 % растворы).

**Ход работы.** Наливают в три пробирки по 2-3 мл растворов хлористого натрия разных концентраций, как в предыдущем опыте. Препарируют иглой тоненькие плёнки лука и опускают их в каждую из пробирок, помещают на предметные стекла, накрывают покровными стеклами и рассматривают под микроскопом при большом увеличении.

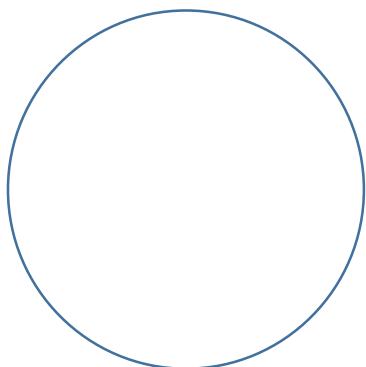


Рисунок 1. Клетки лука под влиянием изотонического раствора.



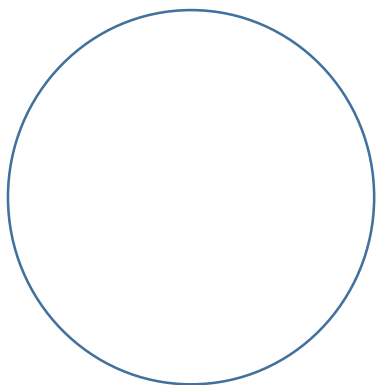


Рисунок 2. Клетки лука под влиянием гипотонического раствора.

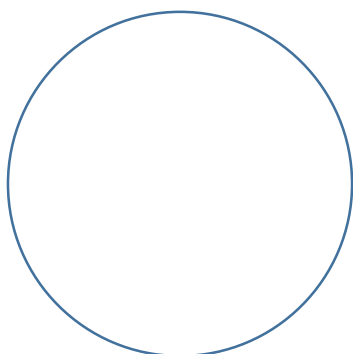


Рисунок 3. Клетки лука под влиянием гипертонического раствора.

**Выводы:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **Лабораторная работа 4. Получение золя йодистого серебра.**

**Реактивы:** 0,1Н раствор йодистого калия; 0,1Н раствор азотного серебра.

**Ход работы:** Наливают в химический стакан 2 мл 0,1Н КJ и разбавляют водой до 25 мл. В другую колбу наливают 1 мл 0,1Н  $\text{AgNO}_3$  и доливают водой до 25 мл. При взбалтывании постепенно вливают раствор  $\text{AgNO}_3$  в раствор КJ. Написать реакцию.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **Лабораторная работа 5. Получение золь берлинской лазури.**

**Реактивы:** 0,1% раствор  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ; 2% раствор  $\text{FeCl}_3$ .

**Ход работы:** При энергичном взбалтывании к 20 мл 0,1% раствора  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  приливают 5-6 капель 2% раствора  $\text{FeCl}_3$ . Получается золь темно-синего цвета.

В колбу наливают 20 мл 2% раствора, при взбалтывании ( $\text{FeCl}_3$ ) содержимого колбы прибавляют 5-6 капель 0,1% раствора  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Получают золь, окрашенный в зеленый цвет.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 6. Получение золя железосинеродистой меди.**

**Реактивы:** 0,1% раствор  $K_4Fe(CN)_6$ ; 1% раствор  $CuSO_4$ .

**Ход работы:** В колбу наливают 20 мл 0,1% раствора  $K_4Fe(CN)_6$ , приливают 1 мл 1% раствора  $CuSO_4$ . Золь окрашивается в красно-коричневый цвет.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 7. Получение золя гидроксида железа.**

**Реактивы:** вода; 2% раствор  $FeCl_3$ .

**Ход работы:** В пробирку к 10 мл кипящей воды быстро, но по частям приливают 2 мл 2 % раствора  $FeCl_3$ . Получают золь, окрашенный в красно-бурый цвет. Написать реакцию.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 8. Определение знака заряда частиц.**

**Реактивы:** окрашенные золи.

**Ход работы:** в окрашенных золях знак заряда можно определить методом капиллярного анализа. Этот метод основан на том, что отрицательно заряженная по отношению к воде фильтровальная бумага адсорбирует положительные частицы и не адсорбирует отрицательные.

На листок фильтра нанести каплю исследуемого раствора золя. После всасывания капли золь с положительно заряженными частицами адсорбируется на бумаге и дает окрашенное в центре и бесцветное по краям пятно: золь с отрицательно заряженными частицами не адсорбируется бумагой, а образует равномерно окрашенное пятно.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

**Вопросы к итоговому контролю**

1. Диффузия.
2. Осмос и осмотическое давление.
3. Адсорбция. Виды адсорбции.
4. Какие факторы влияют на адсорбцию?
5. Влияние осмотического давления на растительные и животные клетки.
6. Дисперсные системы. Дисперсная фаза и дисперсная среда.
7. Коллоидные растворы. Их свойства.
8. Строение коллоидной частицы.
9. Эмульсии.
10. Золи.
11. Гели.
12. Методы получения коллоидных растворов.
13. Методы очистки коллоидных растворов.
14. Определение знака заряда частиц в окрашенных золях.

## Тема 2. Биохимия витаминов

### Практическое занятие. Качественные реакции на витамины

**Задание 1.** Укажите названия и функции витаминов в организме

#### 1. Водорастворимые витамины

- В<sub>1</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>2</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>3</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>5</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>6</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>7</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>9</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- В<sub>12</sub> \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- С \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 2. Жирорастворимые витамины

- А \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Д \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Е \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- К \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**3. Понятие витаминоподобных веществ. Их представители:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 1. Реакция окисления тиамин.**

В щелочной среде тиамин окисляется железосинеродистым калием (феррицианидом калия) с образованием окрашенного в желтый цвет тioxрома. Тioxром обладает синей флуоресценцией при ультрафиолетовом облучении раствора в флуороскопе, и это свойство используется при количественном определении тиамин.

**Реактивы:** 5 % раствор тиамин, 10 % раствор гидроксида натрия, раствор железосинеродистого калия.

**Ход работы:** 1 каплю 5 %-го раствора тиамин смешивают в пробирке с 5-10 каплями 10 %-го раствора гидроксида натрия и затем добавляют 1-2 капли раствора железосинеродистого калия. При нагревании жидкость окрашивается в желтый цвет вследствие окисления тиамин в тioxром.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 2. Реакция восстановления витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина).**

**Реактивы:** раствор рибофлавина, концентрированная соляная кислота, металлический цинк.

**Ход работы:** В пробирку наливают 10 капель раствора рибофлавина, добавляют 5 капель концентрированной соляной кислоты и небольшой кусочек металлического цинка. Наблюдают бурное выделение пузырьков водорода и изменение окраски жидкости.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 3. Реакции на никотиновую кислоту.**

При нагревании никотиновой кислоты с раствором уксуснокислой меди образуется плохо растворимый синий осадок медной соли витамина РР.

**Реактивы:** никотиновая кислота, 10 % раствор уксусной кислоты, 5 %-го раствор ацетата меди.

**Ход работы:** 5-10 мг никотиновой кислоты растворяют при нагревании в 10-20 каплях 10%-го раствора уксусной кислоты. К нагретому до кипения раствору добавляют равный объем 5%-го раствора ацетата меди. Жидкость становится мутной, окрашивается в голубой цвет, а при стоянии выпадает синий осадок никотината меди.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 4. Феррохлоридная проба на витамин В<sub>6</sub>.**

**Реактивы:** 1% раствор витамина В<sub>6</sub>, 1%-го раствора хлорида железа

**Ход работы:** В пробирку наливают 1 мл 1%-го раствора витамина В<sub>6</sub>, добавляют 2 капли 1%-го раствора хлорида железа и содержимое встряхивают. Жидкость окрашивается в красный цвет.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 5. Качественные реакции на витамины группы Р (биофлавоноиды).**

**Реактивы:** насыщенного водного раствора рутин, 1 % раствор хлорида железа, концентрированная серная кислота.

**Ход работы:** к 2 мл насыщенного водного раствора рутина прибавляют 3-5 капель 1%-го раствора хлорида железа ( $\text{FeCl}_3$ ). Появляется зеленое окрашивание.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 6. Реакция восстановления феррицианида калия с витамином С.**

**Реактивы:** 1 % раствор витамина С, дистиллированная вода, 10 % раствор гидроксида калия, 5% раствор железосинеродистого калия, 10 % раствор соляной кислоты, 1 %-го раствора хлорида железа.

**Ход работы:** В одну пробирку (опыт) вносят 5 капель 1%-го раствора витамина С, а в другую (контроль) 5 капель дистиллированной воды. В обе пробирки добавляют по 1 капле 10%-го раствора гидроксида калия и 1 капле 5%-го раствора железосинеродистого калия, перемешивают, после чего добавляют по 3 капли 10%-го раствора соляной кислоты и 1 капле 1%-го раствора хлорида железа. В опытной пробирке выпадает темно-синий осадок берлинской лазури, который при осторожном насаивании воды становится более отчетливым.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 7. Реакция восстановления Люголя витамином С.**

**Реактивы:** раствор Люголя, дистиллированная вода, 1% раствор аскорбиновой кислоты,

**Ход работы.** В две пробирки (опыт и контроль) наливают по 10 капель дистиллированной воды и 2 капли раствора Люголя. В опытную пробирку добавляют 5-10 капель 1%-го раствора аскорбиновой кислоты, в контрольную – столько же дистиллированной воды. В опытной пробирке раствор обесцвечивается.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 8. Реакция токоферола с хлоридом железа (III).**

**Реактивы:** 0,1 % спиртовой раствор токоферола, 1 % раствор хлорного железа.

**Ход работы.** 4-5 капель 0,1 %-го спиртового раствора токоферола смешивают с 0,5 мл 1 %-го раствора хлорного железа. Смесь тщательно перемешивают, нагревают над спиртовкой и наблюдают появление красного окрашивания.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### **Вопросы для итогового контроля**

1. Витамины.
2. Открытие витаминов.
3. Понятие об авитаминозах, гипо- и гипervитаминозах.
4. Витамины группы Д.
5. Витамин А. Характеристика и значение для организма.
6. Витамин Е, характеристика и значение для организма.
7. Витамин F, связь с простогландами.
8. Витамин А. Характеристика и значение для организма.
9. Витамин К. Характеристика и значение для организма.
10. Витамин РР и его роль в ферментативных процессах.
11. Витамин В<sub>1</sub> и его связь с ферментативными процессами.
12. Витамин В<sub>6</sub>, его характеристика и связь с ферментативными процессами.
13. Витамин В<sub>2</sub>, его связь с ферментами.
14. Витамин В<sub>12</sub>.
15. Витамин С.
16. Фолиевая кислота.
17. Пантотеновая кислота.
18. Значение витаминов для организма.
19. Продукты, содержащие витамины.
20. Качественные реакции на витамины.

### **Тема 3. Биохимия белков**

#### **Практическое занятие. Химические свойства белков.**

**Задание 1.** Используя приложение 1, напишите структурные формулы аминокислот, распределив их по соответствующим группам:

Моноаминомонокарбоновые кислоты:

Моноаминодикарбоновые кислоты:

Диаминомонокарбоновые кислоты:

Ароматические аминокислоты:

Гетероциклические аминокислоты:

Амиды аминокислот (аспарагин, глутамин):

**Задание 2.**

Укажите, на основании чего аминокислоты подразделяются на заменимые и незаменимые \_\_\_\_\_

Вышеуказанные аминокислоты распределите в соответствующие группы:

А) незаменимые \_\_\_\_\_

Б) заменимые \_\_\_\_\_

**Задание 3.**

Напишите за счет чего образуются молекулярные структуры белка:

1. Первичная \_\_\_\_\_

2. Вторичная \_\_\_\_\_

3. Третичная \_\_\_\_\_

4. Четвертичная \_\_\_\_\_

**Задание 4.**

Белки бывают полноценные и неполноценные. Объясните эти понятия и приведите примеры полноценных и неполноценных белков.

**Задание 5.**

Нарисуйте схему классификации белков:

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_



### **Лабораторная работа 1. Выделение яичного альбумина.**

Яичный белок представляет собой смесь нескольких белков. Примерно 70 % яичного белка составляет альбумин, который легко отделяется от глобулинов. При десятикратном разведении яичного белка дистиллированной водой глобулины выпадают в осадок, а альбумин остается в растворе.

**Реактивы:** яйцо; дистиллированная вода.

**Ход работы:** 1. Чтобы отделить белок от желтка, осторожно проделывают отверстие в скорлупе яйца с двух концов и выливают белок в стакан емкостью 500 мл, затем в стакан добавляют 250 мл дистиллированной воды и содержимое перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником.

2. Раствор переносят в мерный цилиндр и объем доводят дистиллированной водой до 300 мл. Раствор оставляют на 30 минут при комнатной температуре для образования хлопьевидного осадка глобулинов.

3. 20 мл полученной суспензии дважды фильтруют через складчатый фильтр.

4. С фильтратом, содержащим яичный альбумин, проделывают цветные реакции на белки (биуретовую и ксантопротеиновую, реакции)

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 2. Биуретовая реакция** (на обнаружение пептидных связей в белках).

**Реактивы:** 1 % раствора белка; 10 % раствора щелочи (NaOH или KOH); 1 % раствора сульфата меди.

**Ход работы:** К 1 мл 1 % раствора белка (желатина, яичного белка или сывороточного альбумина) добавляют 1 мл 10 % раствора щелочи (NaOH или KOH) и 1 каплю 1 % раствора сульфата меди. Появляется сине-фиолетовое или красно-фиолетовое окрашивание.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 3. Реакция Фоля** (на цистеин и цистин)

**Реактивы:** 1 % раствор яичного белка или кусочек шерстяной нити; 30 % раствор NaOH; 5 % раствор ацетата свинца; 1 % раствор желатина.

**Ход работы:** К 1 мл 1% раствора яичного белка или кусочку шерстяной нити добавляют 1 мл 30 % щелочи и 3-4 капли 5 % раствора ацетата свинца. При интенсивном кипячении жидкость окрашивается в бурый или черный цвет.

Реакцию Фоля проделывают с 1 % раствором желатина, в составе которого нет серосодержащих аминокислот. Черный осадок сульфида свинца не образуется.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Лабораторная работа 4. Реакция Адамкевича** (на триптофан)

**Реактивы:** 1 % раствор яичного белка; ледяная (концентрированная) уксусная кислота; концентрированная серная кислота.

**Ход работы:** К 1 мл 1 % раствора яичного белка добавляют 1 мл ледяной (концентрированной) уксусной кислоты и осторожно нагревают до растворения осадка. После охлаждения к смеси осторожно добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты (по каплям по стенке пробирки, чтобы жидкости не смешались). Через 5-10 минут на границе раздела двух слоев наблюдают образование красно-фиолетового кольца.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

#### **Лабораторная работа 5. Выделение белков мышечной ткани.**

Миофибриллы мышечной клетки содержат сократительные белки (миозин и актин) и регуляторные белки (тропомиозин и тропонин). Белки миофибрилл не растворяются в воде, но их можно экстрагировать из мышечной ткани солевыми растворами с концентрацией соли 0,5 моль/л. Многие белки саркоплазмы (гиалоплазмы мышечных клеток) растворимы в воде или в солевых растворах низкой концентрации (0,05 моль/л). При экстракции мышечной ткани 5% раствором хлорида калия извлекаются как миофибриллярные, так и саркоплазматические белки.

**Реактивы:** мышечная ткань; 5 % раствор хлорида калия; фильтровальная бумага; песок.

**Ход работы:** Взвешивают 2 г мышечной ткани. Измельченную ножницами навеску помещают в фарфоровую ступку, добавляют 2 мл 5 % раствора хлорида калия и растирают с песком до гомогенного состояния. К гомогенату добавляют 3 мл раствора хлорида калия и растирают кашицу в течение 5 минут, после чего прибавляют еще 5 мл 5% раствора хлорида калия и продолжают растирание 5 минут. Полученный гомогенат фильтруют. С фильтратом проводят биуретовую реакцию.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

#### **Лабораторная работа 6. Растворимость белков.**

Многие белки растворяются в воде, что обусловлено наличием на поверхности белковой молекулы свободных гидрофильных групп. Растворимость белка в воде зависит от структуры белка, реакции среды, присутствия электролитов. В кислой среде лучше растворяются белки, обладающие кислыми свойствами, а в щелочной – белки, обладающие основными свойствами.

Альбумины хорошо растворяются в дистиллированной воде, а глобулины растворимы в воде только в присутствии электролитов.

Не растворяются в воде белки опорных тканей (коллаген, кератин, эластин и др.).

**Реактивы:** яйцо; дистиллированная вода; 5 % раствор хлорида калия.

**Ход работы:** 1. К 2 каплям неразведенного яичного белка прибавляют 1 мл дистиллированной воды и перемешивают. При этом яичный альбумин растворяется, а яичный глобулин выпадает в виде небольшого осадка.

2. К 2 каплям яичного белка прибавляют 1 мл 5 % раствора хлорида калия. В слабом солевом растворе растворяются как альбумины, так и глобулины.

3. Проверяют растворимость в воде и 5 % растворе хлористого калия белка кератина, содержащегося в шерсти и волосах.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

#### **Лабораторная работа 7. Осаждение белков**

Реакции осаждения белков в зависимости от применяемого осадителя бывают необратимыми и обратимыми.

##### **Необратимое осаждение белков (денатурация)**

Необратимые реакции осаждения приводят к денатурации белков, при этом разрушается пространственная структура молекулы и белки утрачивают свои естественные биологические и физико-химические свойства. Денатурацию белков можно вызвать

физическими воздействиями (кипячение, замораживание, высокое давление, вибрация, радиоактивное излучение и др.) и химическими осадителями.

**Ход работы:**

**1. Осаждение белков неорганическими осадителями.**

*а) Осаждение белков минеральными кислотами.*

В пробирку осторожно наливают около 1 мл концентрированной азотной кислоты. Затем, наклонив пробирку, медленно по стенке добавляют 1 мл 1 % раствора белка. На границе двух жидкостей появляется осадок в виде белого кольца.

Такую же реакцию проделывают с концентрированной соляной и серной кислотами.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

*б) Осаждение белков солями тяжелых металлов.*

В две пробирки наливают по 1 мл 1 % раствора белка и добавляют по 3-4 капли: в первую пробирку – 7 % раствора сульфата меди, во вторую – 5 % раствора ацетата свинца. Во всех пробирках образуется осадок.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**2. Осаждение белков органическими осадителями.**

*а) осаждение белков органическими кислотами.*

В 2 пробирки наливают по 2 мл 1 % раствора белка и добавляют в одну пробирку 4-5 капель 10 % раствора сульфосалициловой кислоты, в другую – 5-10 капель 10 % трихлоруксусной кислоты. Выпадает осадок белка.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

*б) Осаждение белков органическими растворителями.*

К 1 мл 1 % раствора белка добавляют 2 мл органического растворителя ацетона и перемешивают. Образование осадка можно усилить добавлением нескольких капель насыщенного раствора хлорида натрия.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Обратимое осаждение белков (высаливание)**

При добавлении к водным растворам белков сульфатов или хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$  и др.) происходит дегидратация и нейтрализация белковых частиц, при этом белки выпадают в осадок без изменения нативной структуры. Такой тип осаждения белков называется высаливанием.

*Высаливание* – обратимый процесс, и после удаления соли (разбавлением водой, диализом) белок вновь приобретает природные свойства. Поскольку разные белки высаливаются при различных концентрациях солей, этот метод используется для фракционирования белков. Для разделения белков методом высаливания широко применяется сульфат аммония.

### Лабораторная работа 8. Выделение казеина из молока.

80 % белков молока приходится на долю специфического фосфопротеида казеина. Этот белок обладает кислыми свойствами и находится в молоке в виде растворимой кальциевой соли. При подкислении казеин выпадает в осадок в виде белых рыхлых хлопьев, которые легко отделяются фильтрованием.

**Ход работы:** 1. В химический стакан емкостью 50 мл отмеряют мерной пробиркой 3 мл молока и 7 мл дистиллированной воды. К смеси постепенно, слегка перемешивая, добавляют 10-15 капель 1 % раствора соляной кислоты до начала образования рыхлого осадка. (Кислоту добавлять аккуратно по каплям, так как в избытке ее осадок казеина растворяется!)

2. Для удаления кислоты в стакан наливают 10 мл дистиллированной воды, перемешивают и через 5 минут жидкость осторожно сливают с осадка. К осадку еще раз приливают 10 мл дистиллированной воды, содержимое стакана осторожно перемешивают и через 5 минут фильтруют через бумажный фильтр.

3. Осадок с фильтра переносят стеклянной палочкой в пробирку (небольшую часть осадка оставляют на фильтре и проверяют на биуретовую реакцию. Или биуретовую реакцию проделывают с фильтратом: К 0,5 мл фильтрата добавляют 1 мл 10 % щелочи и 1 каплю 1 % раствора сульфата меди.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### Вопросы к итоговому контролю

1. Строение белковой молекулы.
2. Пространственные структуры белковой молекулы.
3. Физико-химические свойства белков.
4. Денатурация. Причины.
5. Изоэлектрическая точка белка.
6. Классификация белков.
7. Протеины.
8. Протеиды.
9. Фибриллярные и глобулярные белки.
10. Функции белков в плазме крови.
11. Хромопротеиды.
12. Липопротеиды.
13. Глюкопротеиды.
14. Нуклеопротеиды.
15. Качественная реакция на наличие белка в растворе.
16. Реакция Адамкевича.
17. Осаждение белков кипячением.
18. Альбумины.
19. Глобулины.
20. Осаждение белков органическими кислотами.
21. Аминокислоты. Строение. Физико-химические свойства.

**Тема 4. Биохимия ферментов**  
**Практическое занятие. Химические свойства ферментов.**

**Задание 1.**

Дайте определение ферментов \_\_\_\_\_

---

**Задание 2.**

По строению ферменты подразделяются на простые и сложные.

Приведите примеры простых ферментов \_\_\_\_\_

---

Сложные ферменты состоят \_\_\_\_\_

---

**Задание 3.**

Заполните таблицу, указав какие коферменты содержат соответствующие витамины.

№	Витамины	Коферменты
1	В <sub>1</sub> (тиамин)	
2	В <sub>2</sub> (рибофлавин)	
3	Пантотеновая кислота	
4	РР	
5	В <sub>6</sub> (пиридоксин)	
6	В <sub>12</sub> (цианкобаламин)	

**Задание 4.**

Дайте понятие активаторам и ингибиторам ферментов.

1. Активаторы \_\_\_\_\_

---

2. Ингибиторы \_\_\_\_\_

---

А) общие \_\_\_\_\_

---

Б) специфические \_\_\_\_\_

---

**Задание 5.**

Заполните таблицу:

Класс и представители	Реакции, катализируемые указанными ферментами
1. Оксидоредуктазы: - - - -	
2. Трансферазы: - - -	

-	
3. Гидролазы: - - - -	
4. Лиазы: - - - -	
5. Изомеразы: - - - -	
6. Лигазы (синтетазы): - - - -	

### Лабораторная работа 1. Определению каталитической активности ферментов.

**Реактивы:** 3 %-ный раствор пероксида водорода, пробирки, пинцет, ткани растений (кусочки сырого и варёного картофеля) и животных (кусочки сырого и варёного мяса), песок, ступка и пестик.

#### Ход работы:

1. Приготовьте четыре пробирки со свежим 3%-ный раствором пероксида водорода, затем поместите в первую пробирку кусочек сырого картофеля, во вторую – кусочек варёного картофеля, в третью – кусочек сырого мяса, в четвёртую – кусочек варёного мяса. Пронаблюдайте, что будет происходить в каждой пробирке.

2. Составьте таблицу, показывающую активность каждой ткани при различной обработке.

3. Измельчите в ступке кусочек сырого картофеля с небольшим количеством песка. Перенесите измельчённый картофель вместе с песком в пробирку и капните туда немного пероксида водорода. Сравните активность измельчённой и целой растительной ткани.

4. Объясните полученные результаты.

#### Образец отчёта по лабораторной работе

Что делали?	Что наблюдали?	Выводы
1. В пробирку с раствором $H_2O_2$ положили кусочек сырого картофеля.		
2. В пробирку с раствором положили кусочек варёного картофеля.		
3. В пробирку с раствором $H_2O_2$ положили кусочек сырого мяса.		

4. В пробирку с раствором $H_2O_2$ положили кусочек варёного мяса.		
5. В пробирку с раствором $H_2O_2$ положили кусочек измельчённого сырого картофеля.		

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 2. Специфичность действия ферментов.

**Реактивы:** 1 % раствора крахмала, 2 % раствор сахарозы, раствор сахаразы, амилаза.

**Ход работы:**

В пробирку №1 и №2 налить по 10 капель 1 % раствора крахмала, в пробирки №3 и №4 налить по 10 капель 2 % раствора сахарозы. Затем в пробирки №1 и №3 добавить по 4 капли слюны, разведенной в 5 раз, а в пробирки №2 и №4 налить по 4 капли раствора сахаразы (фермента). Перемешать и поместить в водяную баню при температуре 37 °С на 25 минут. После этого с содержимым всех четырех пробирок проводят реакцию с йодом и сульфатом меди.

**Реакция Троммера:** содержимому пробирок добавляют 2 мл с массовой долей гидроксида натрия 10 %, при встряхивании по каплям раствор с массовой долей сульфата меди 5 % до появления мути гидроксида меди (II). Содержимое пробирок нагревают на водяной бане до изменения цвета. Появление желтого окрашивания, переходящего в красное, указывает на наличие восстанавливающих сахаров (глюкозы и фруктозы), которые в щелочной среде восстанавливают гидроксид меди (II) в оксид меди (I), сами при этом окисляются до альдоновых кислот. В крахмале свободных альдегидных групп нет (проба Троммера отрицательная).

Результаты опыта занести в таблицу.

Определение специфичности действия ферментов

№ пробирки	Субстрат	Фермент	Реакция с йодом	Реакция с сульфатом меди
1	Крахмал	Амилаза		
2	Крахмал	Сахараза		
3	Сахароза	Амилаза		
4	Сахароза	Сахараза		

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 3. Инактивация ферментов высокой температурой.

**Реактивы:** раствор слюны (свежую слюну разводят водой в 5 раз); 1%-й раствор крахмала; раствор йода в иодиде калия (р-р Люголя); 5 %-й раствор гидроксида натрия; 5 %-й раствор сульфата меди.

**Ход работы:** в две пробирки налейте по 1 мл разведенной слюны. Содержимое одной пробирки нагрейте до кипения и прокипятите 2-3 мин. Затем в обе пробирки добавьте по 1 мл раствора крахмала и поставьте их на 10 мин. в водяную баню, нагретую до 38°С.

Из опытной и контрольной пробирок задания 1 отлейте в отдельные пробирки по 1 мл их содержимого. Добавьте в каждую пробирку по 1 капле раствора йода и тщательно перемешайте. Сравните окраску полученных растворов.

#### *Обнаружение мальтозы.*

К оставшимся растворам опытной и контрольной пробирок добавьте по 1 капле раствора сульфата меди и по 5 капель раствора щелочи. Содержимое пробирок перемешайте и поместите их в кипящую водяную баню.

Сравните окраску полученных растворов.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **Лабораторная работа 4. Открытие липазы.**

Липаза относится к классу гидролиза, вызывает гидролиз триглицеридов и в большом количестве обнаруживается в соке поджелудочной железы.

Открыть действие липазы можно в растворе молока или сливок, подщелоченном в присутствии фенолфталеина до слабо-розового цвета. При гидролизе жиров липазой происходит увеличение концентрации жирных кислот, которые сдвигают рН среды в кислую сторону, что отмечается по исчезновению розовой окраски.

**Реактивы:** 5 % эмульсия сухих сливок или молока, 5 % раствор панкреатина, 1 % раствор фенолфталеина, 1 % раствор карбоната натрия.

**Ход работы.** В две пробирки наливают по 10 капель 5 % эмульсии сухих сливок. В пробирку №1 добавляют 5 капель 5 % раствора панкреатина, содержащего липазу, а в пробирку №2 – такое же количество воды. В обе пробирки вносят по 1 капле 1 % раствора фенолфталеина и добавляют по каплям 1 % раствор карбоната натрия до появления слабо-розовой окраски (нельзя добавлять избыток карбоната натрия). Пробирки помещают на 30 мин в термостат при 37 °С, по окончании инкубации замечают изменение окраски.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

#### **Вопросы к итоговому контролю**

1. Ферменты. Определение понятия.
2. Ферментативный катализ. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры, рН, концентрации фермента и субстрата.
3. Константа Михаэлиса как мера сродства фермента к субстрату.
4. Химическая природа ферментов. Простые и сложные ферменты.
5. Строение сложных ферментов. Холофермент. Апофермент. Кофакторы, коферменты. Роль витаминов.
6. Номенклатура и классификация ферментов.
7. Механизм действия ферментов. Образование фермент-субстратного комплекса. Активный центр ферментов.
8. Регуляторный (аллостерический) центр фермента. Эффекторы. Конформационные изменения активного центра.
9. Активаторы и ингибиторы ферментов. Типы ингибиторов: обратимые и необратимые, конкурентные и неконкурентные. Эндогенные ингибиторы ферментов.
10. Чем обусловлена специфичность ферментов?
11. Аллостерические ферменты, белки четвертичной структуры. Кооперативные свойства аллостерических ферментов.
12. Изоферменты (на примере ЛДГ).
13. Единицы измерения активности ферментов.



## Тема 5. Биохимия углеводов.

### Практическое занятие. Химические свойства углеводов

**Задание 1.** Классификация углеводов (дайте определение и укажите представителей):

1. По отношению к гидролизу

- моносахариды \_\_\_\_\_

- олигосахариды \_\_\_\_\_

- полисахариды \_\_\_\_\_

2. Моносахариды по числу углеродных атомов подразделяются на:

- триозы \_\_\_\_\_

- тетразы \_\_\_\_\_

- пентозы \_\_\_\_\_

- гексозы \_\_\_\_\_

3. Моносахариды по функциональным группам подразделяются на:

- альдозы \_\_\_\_\_

- кетозы \_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 1. Обнаружение лактозы и мальтозы.

**Реактивы:** концентрированный раствор аммиака, 1 % раствор лактозы, 1 % й раствор мальтозы, 20 % й раствор гидроксида калия.

**Ход работы.** В две пробирки, содержащие по 1 мл лактозы и мальтозы, добавляют по 0,5 мл раствора аммиака, 0,5 мл гидроксида калия и нагревают на водяной бане до появления красно-коричневого цвета.

Лактоза и мальтоза с аммиаком в щелочной среде образуют окрашенное соединение.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

### Лабораторная работа 2. Обнаружение восстанавливающих сахаридов реакцией Троммера.

**Реактивы:** 1 %-й растворы глюкозы, фруктозы, сахарозы, крахмала, 10 %-й раствор гидроксид натрия, 5 %-й раствор сульфата меди.

**Ход работы.** Моносахариды и некоторые дисахариды, в молекулах которых есть карбонильная группа, в щелочной среде восстанавливают оксид меди (II) в оксид меди (I).

В 4 пронумерованные пробирки внести по 10 капель одного из углеводов: глюкозы, мальтозы, сахарозы и крахмала. Добавить по 10 капель гидроксида натрия и по 2 капли сульфата меди, нагревают до кипения. В пробирках с фруктозой и глюкозой выпадает осадок оксида меди (I) кирпично-красного цвета.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

**Лабораторная работа 3. Обнаружение крахмала.**

**Реактивы:** 1 %-й раствор крахмала, 1%-й раствор йода.

**Ход работы.** К 10 каплям раствора крахмала добавить 1 – 2 капли йода. Наблюдается чернильное окрашивание, т.к. крахмал с раствором йода образует окрашенное соединение синего цвета.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

**Лабораторная работа 4. Обнаружение крахмала в продуктах питания.**

Крахмал основной резервный углевод растений, представляет смесь двух полисахаридов, линейного (амилозы) и разветвленного (амилопектина), дает цветную реакцию с раствором йода в иодиде калия – окрашивается в темно-синий цвет. Крахмал белое аморфное вещество, не растворимое в холодной воде, выделяют из картофеля.

**Реактивы:** крахмал, картофель, отварной рис, мука, яблоко, лимон, растительное масло, рыба; спиртовой раствор йода; дистиллированная вода.

**Ход работы.** Исследуемые твердые продукты (картофель, отварной рис, яблоко, лимон) по отдельности разотрите до кашеобразного состояния в ступке.

В семь пронумерованных пробирок поместите по 0,5-1 г растертых продуктов.

Во все пробирки добавьте по 2-3 мл дистиллированной воды и пробы тщательно перемешайте. Добавьте в пробирки по 1-2 капли раствора йода. Отметьте пробирки, в которых наблюдается синее окрашивание.

Оформите проведенные исследования в виде таблицы. Сделайте вывод о содержании крахмала в изученных продуктах.

№ пробирки	Исследуемый продукт	Наблюдаемая окраска	Содержание крахмала

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

**Вопросы для итогового контроля**

1. Углеводы. Определение.
2. Классификация углеводов.
3. Моносахариды. Определение.
4. Охарактеризуйте строение и свойства моносахаридов, виды изомерии.
5. Дисахариды. Определения. Строение, гликозидные связи.
6. Мальтоза, сахароза, лактоза.
7. Гомополисахариды. Крахмал, гликоген. Состав, строение.
8. Функции углеводов в организме.
9. Углеводы крови, тканей.
10. Качественные реакции на наличие крахмала.
11. Проба Троммера.
12. Опишите строение и свойства целлобиозы и целлюлозы.

**Тема 6. Биохимия липидов (жиров)**  
**Практическое занятие. Химические свойства липидов**

**Задание 1.**

Дайте определение понятию липиды.

Липиды – это \_\_\_\_\_

---

**Задание 2.**

Напишите формулы наиболее часто встречающихся спиртов:

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| - глицерин           | - цетиловый спирт |
|                      |                   |
| - миристиловый спирт | - сфингозин       |
|                      |                   |
| - холестерин         |                   |

**Задание 3.**

Напишите формулы жирных кислот:

1. Насыщенные жирные кислоты:

- масляная \_\_\_\_\_
- капроновая \_\_\_\_\_
- миристиновая \_\_\_\_\_
- пальмитиновая \_\_\_\_\_
- стеариновая \_\_\_\_\_
- арахидовая \_\_\_\_\_

2. Ненасыщенные жирные кислоты:

- олеиновая \_\_\_\_\_
- линолевая \_\_\_\_\_
- линоленовая \_\_\_\_\_
- арахидоновая \_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 1. Физико-химические свойства жиров**

**Реактивы:** растительное масло; твердый жир; рыба; яблоко; картофель; гексан (бензин); этиловый спирт; ацетон; 2 %-й раствор карбоната натрия; 2 %-й раствор мыла; дистиллированная вода.

**Ход работы:**

**Задание 1.** Образование масляного пятна.

Каплю растительного масла нанесите на кусочек бумаги. Образуется пятно. Кусочек свиного сала, яблока, картофеля и др. раздавите на кусочке бумаги с образованием пятна. Нагрейте бумагу с пятнами на слабо нагретой плитке. Пятно, образованное жиром, не исчезает при нагревании.

**Задание 2. Растворимость жиров.**

Поставьте два ряда пробирок по 4 в каждом. В пробирки первого ряда внесите по 3 капли растительного масла, в пробирки второго ряда – по кусочку твердого жира. В первую пробирку каждого ряда прилейте 2 мл дистиллированной воды, во вторую – столько же гексана или бензина; в третью – ацетона и в четвертую – спирта.

Все пробирки взболтайте и наблюдайте за растворимостью жиров в различных растворителях. Пробирки со спиртом рекомендуется нагреть на водяной бане.

**Задание 3. Эмульгирование жирных масел.**

В три пробирки внесите по 5 капель растительного масла.

В первую пробирку добавьте 2 мл дистиллированной воды, во вторую – 2 мл 2 %-го раствора карбоната натрия, в третью – столько же 2 %-го раствора мыла.

Содержимое пробирок сильно взболтайте. В первой пробирке образуется неустойчивая эмульсия масла в воде, в остальных – устойчивая эмульсия благодаря действию эмульгаторов, которые, адсорбируясь на поверхности жировых капель, придают им одинаковый заряд и снижают поверхностное натяжение.

Оформите результаты проведенных исследований в виде таблицы.

№ задания	Краткое описание опыта	Наблюдаемое явление	Вывод

**Лабораторная работа 2. Проба на омыление.**

**Реактивы:** пробы, исследуемые на наличие жира; спиртовой раствор NaOH или KOH 20 %.

**Ход анализа.** Нагревают 2-3 капли испытуемого вещества в пробирке с 5мл раствора спиртовой щелочи. После удаления спирта нагреванием в пробирку приливают дистиллированную воду. Образовавшееся мыло легко растворяется в воде, а мыльный раствор при встряхивании дает пену:

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Лабораторная работа 3. Обнаружение лецитина в желтке куриного яйца.**

Лецитины относятся к группе фосфолипидов, не растворяются в воде и ацетоне, но хорошо растворяются в спирте, хлороформе, эфире. При добавлении к раствору лецитинов ацетона, последние легко осаждаются.

**Реактивы:** ацетон, спиртовой раствор лецитина (к 1/2 желтка куриного яйца приливают 40 мл горячего спирта помешивая палочкой. Раствор охлаждают и фильтруют. Реактив готовят перед употреблением.).

**Ход работы.** В сухую пробирку приливают 10 капель ацетона и по каплям добавляют спиртовой раствор лецитина. Отмечают наблюдения.

В сухую пробирку приливают 20 капель спиртового раствора лецитина и по каплям добавляют дистиллированную воду до образования устойчивой эмульсии.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **Лабораторная работа 4. Качественная реакция на ментол.**

Ментол – представитель моноциклических монотерпеноидов, входящий в состав эфирного масла мяты перечной (*Mentha piperita*). Он придает этому растению характерный аромат и используется в медицине как сосудорасширяющее средство (входят в состав валидола)

**Реактивы:** валидол, ванилин, серная кислота концентрированная.

**Ход работы.** В термостойкой пробирке нагревают смесь нескольких кристаллов ментола (или валидола), ванилина и нескольких капель концентрированной серной кислоты. При этом появляется желтое окрашивание, переходящее при добавлении воды в малиново-красное.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

#### **Вопросы для итогового контроля**

1. Определение липидов.
2. Классификация липидов.
3. Функции липидов в организме.
4. Физико-химические свойства липидов.
5. Липиды тканей и пищи. Суточная потребность.
6. Высшие жирные кислоты. Классификация. Строение. Биологическая роль.
7. На какие классы и по какому принципу классифицируются липиды?
8. Каковы различия между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами? Приведите примеры предельных и непредельных жирных кислот, входящих в состав липидов.
9. Какими свойствами будет обладать жир, содержащий преимущественно предельные (насыщенные) жирные кислоты?
10. Какими свойствами будет обладать жир, содержащий преимущественно непредельные (ненасыщенные) жирные кислоты?
11. Простые липиды – ацилглицерины. Животные жиры и растительные масла.
12. Строение и биологическая роль животных и растительных жиров.
13. Жировые константы.
14. Какова структура и биологическая роль фосфолипидов, липопротеидов и гликолипидов?
15. Стероиды. Строение и биологическая роль холестерина.
16. Эфиры холестерина. Желчные кислоты, свободные и парные.

## Тема 7. Обмен веществ. Белковый обмен

### Практическое занятие. Обнаружение продуктов белкового обмена в моче.

#### Задание 1.

Укажите какие ферменты действуют на белки в желудочно-кишечном тракте животного, какова роль этих ферментов и к какому классу они относятся:

- в желудке \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- в кишечнике \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Задание 2.

Аммиак является продуктом распада белка. Он токсичен для организма. Напишите реакции обезвреживания аммиака:

1. Нейтрализуется кислотами (какими и где?) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Связывается аспарагиновой и глутаминовой кислотами \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

В чем заключается физиологическая роль этого процесса? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Задание 3.

Напишите схему орнитинового цикла:

#### Задание 4.

Дайте объяснение понятиям:

- трансаминирование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- декарбоксилирование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- дезаминирование \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 1. Обнаружение белка в моче. Проба с сульфосалициловой кислотой.**

**Реактивы:** моча, 20 % раствор сульфосалициловой кислоты.

**Ход работы:** В пробирку вносят 3-4 мл профильтрованной мочи и 5-6 капель 20 % раствора сульфосалициловой кислоты. Появление хлопьев или помутнения в пробе указывают на наличие белка (положительная проба). Чувствительность пробы 0,015 г/л.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**Лабораторная работа 2. Обнаружение билирубина. Проба Розина**

**Реактивы:** Люголевский раствор (1 г йода, 2 г йодида калия и 300 мл дистиллированной воды) или 1 % спиртовой раствор йода.

**Ход работы:** В пробирку наливают 4-5 мл мочи и осторожно по стенкам пробирки наслаивают раствор йода. Появление на границе между жидкостями зеленого кольца свидетельствует о наличии билирубина.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

---

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

**Вопросы для итогового контроля**

1. Переваривание белков в желудке. Роль соляной кислоты.
2. Переваривание белков в тонком кишечнике. Всасывание аминокислот.
3. Судьба всосавшихся аминокислот. Транспорт аминокислот в клетки, роль гаммаглутамилтранспептидазы.
4. Синтез белков плазмы крови. Функции белков плазмы крови.
5. Превращения аминокислот в тканях. Общие и специфические пути.
6. Переаминирование. Трансаминазы.
7. Интегральная роль реакций трансаминирования в обмене веществ. АЛТ и АСТ - органоспецифичные ферменты, диагностическое значение определения активности трансаминаз в сыворотке крови.
8. Дезаминирование аминокислот, виды. Окислительное дезаминирование, роль глутаматдегидрогеназы. Непрямое дезаминирование.
9. Образование и пути обезвреживания аммиака в организме. Образование амидов дикарбоновых кислот.
10. Синтез мочевины в печени (орнитиновый цикл Кребса) главный путь обезвреживания аммиака.
11. Декарбоксилирование аминокислот. Биогенные амины: гистамин, серотонин, гаммааминомасляная кислота, катехоламины. Биологическая роль. Обезвреживание биогенных аминов, моноаминооксидаза.

## Тема 8. Обмен углеводов

### Практическое занятие. Определение глюкозы в биологических жидкостях.

**Задание 1.** Укажите ферменты и субстраты переваривания углеводов в желудочно-кишечном тракте:

1. В ротовой полости \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В желудке моногастричных животных \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. В желудке у жвачных животных \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. В кишечнике \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Задание 2.

Напишите схемы окисления углеводов:

1. Анаэробное окисление

2. Аэробное окисление (цикл Кребса)



**Лабораторная работа 1. Обнаружение и определение глюкозы в моче.**  
**Проба Гайнеса.**

**Реактивы:** а) 13,3 г меди сульфата ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), растворяют в 400 мл дистиллированной воды; б) 50 г натрия (калия) гидроксида растворяют в 400 мл дистиллированной воды; в) 15 г глицерина растворяют в 200 мл дистиллированной воды. Растворы «а» и «б» смешивают и добавляют раствор «в». Реактив длительно сохраняется в холодильнике.

**Ход работы:** К 6-8 мл мочи прибавляют 20 капель реактива до появления голубоватой окраски, смешивают и нагревают верхнюю часть пробирки до начала кипения. Нижняя часть пробирки – контроль. При наличии глюкозы в верхней части пробирки в моче появляется желтая окраска.

В моче здоровых животных концентрация глюкозы ничтожно мала и обнаружить или определить ее невозможно. Повышение содержания глюкозы в моче (глюкозурия) отмечается при сахарном диабете, нарушении почечной фильтрации (почечная глюкозурия, «почечный диабет»), поражении печени, стрессах, гипертиреозе и многих других патологических состояниях. Наибольшее клиническое значение имеет контроль глюкозы в моче при диагностике и лечении сахарного диабета.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

**Вопросы для итогового контроля**

1. Переваривание и всасывание углеводов. Ферменты (гликозидазы) слюны, панкреатического сока, эпителия тонкого кишечника.
2. Продукты переваривания. Всасывание.
3. Судьба всосавшейся глюкозы.
4. Метаболизм гликогена, роль гормонов. Роль печени в углеводном обмене.
5. Анаэробный и аэробный пути распада углеводов. Значение.
6. Аэробный путь распада глюкозы. Ткани где преобладает аэробный путь. Связь аэробного пути со снабжением клетки кислородом.
7. Четыре стадии аэробного пути распада глюкозы.
8. Цикл трикарбоновых кислот - цикл Кребса (ЦТК).
9. Апомитический путь распада глюкозы, пентозный цикл. Физиологическое значение пентозного цикла.
10. Глюконеогенез, сущность процесса. Биосинтез глюкозы, как путь обратный гликолизу, три необратимые стадии, их ферменты.

**Тема 9. Обмен липидов**  
**Практическое занятие. Показатели жирового обмена.**

**Лабораторная работа 1. Метод определения общего холестерина (по Ильку).**

**Реактивы:** реактив Илька представляет собой смесь из 1 части ледяной уксусной кислоты, 5 частей уксусного ангидрида, 1 части концентрированной серной кислоты. При смешивании ингредиентов следует избегать нагревания смеси. Для этого колбу, где приготавливается реактив, постоянно охлаждают, а серную кислоту добавляют в последнюю очередь (медленно, при постоянном перемешивании). Смесь должна быть бесцветной или слегка желтоватой и может долго храниться в холодильнике. При постановке реакции следует пользоваться совершенно сухими пробирками и пипетками.

**Ход работы:** к 2,1 мл реактива Илька добавляют 0,1 мл негемолизированной сыворотки крови таким образом, чтобы она стекала по стенке пробирки. Пробирку тотчас же встряхивают короткими энергичными движениями 10 раз, помещают в водяную баню при 30 °С и оставляют в темноте на 20-25 мин. Жидкость окрашивается в зеленый цвет, ее колориметрируют на ФЭКе. Соотношение ингредиентов рассчитано так, что белки сыворотки не выпадают в осадок. Появление мути говорит о наличии воды в реактиве или посуде.

**Расчет** производят по общепринятым правилам с учетом концентрации стандартного раствора. Для приготовления стандартного раствора к 90 мг холестерина добавляют 100 мл хлороформа. Рабочий раствор получают разведением стандартного раствора в 100 раз (10 мл стандартного раствора растворяют в хлороформе, доведя до метки 100 мл). 1 мл стандартного раствора соответствует 0,9 мг холестерина, а 1 мл рабочего раствора – 0,09 мг холестерина.

**Построение калибровочной кривой на холестерин:**

0,5 мл	рабочего раствора	соответствует	45 мг %
1,0 мл	”	”	90 мг %
1,5 мл	”	”	135 мг %
2,0 мл	”	”	180 мг %
2,5 мл	”	”	225 мг %
3,0 мл	”	”	270 мг %

**Вывод:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторная работа 2. Проба Ланге**

**Реактивы:** уксусная кислота 80 %, нитропруссид натрия (свежеприготовленный 10 % раствор), аммиак.

**Ход определения.** К 12 – 15 мл мочи приливают около 1 мл уксусной кислоты и около 0,5 мл раствора нитропруссид натрия. Затем наслаивают аммиак. В положительном случае на границе двух жидкостей образуется фиолетовое кольцо. Кольцо может появиться не сразу, а в течение 2 – 3 мин.

Другая модификация этой пробы удобна тем, что можно использовать готовый реактив нитропруссид натрия.

**Приготовление реактива.** 6 г нитропруссид натрия растворяют в 100 мл 30% уксусной кислоты.

**Ход определения.** К 5 – 6 мл мочи прибавляют несколько капель реактива (до цвета чая) и наслаивают аммиак. В положительном случае на границе жидкостей появляется фиолетовое кольцо.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

### **Лабораторная работа 3. Проба Легалья**

**Реактивы.** Свежеприготовленный 5 % водный раствор нитропруссиды натрия. 10 – 15% раствор едкого натрия. Уксусная кислота ледяная.

**Ход определения.** К 5 – 6 мл мочи прибавляют несколько капель реактива № 1 и 0,5 мл реактива № 2. Получается красное окрашивание. Добавляют 0,5 – 1 мл реактива № 3. Если красный цвет исчезает, проба отрицательная, если сохраняется – положительная. Если получается слабо-розовая окраска, то проба считается также положительной.

**Вывод:** \_\_\_\_\_

---

---

### **Лабораторная работа 4. Проба Лестраде**

**Приготовление сухого реактива:** нитропруссиды натрия 1 г, сульфата аммония 20 г, карбоната натрия безводного 20 г. Отвешенные реактивы тщательно растирают в ступке до получения мелкого однородного порошка. Порошок хранят в хорошо закупоренной стеклянной банке в сухом месте.

**Ход определения.** Предметное стекло кладут на лист фильтровальной бумаги. На стекло помещают небольшое количество (на кончике ножа) сухого реактива или таблетку и наносят на него 2 – 3 капли мочи. При наличии кетоновых тел получается окрашивание от розового до темно-фиолетового (появление окраски может наступить в течение 2 – 3 мин).

**Вывод:** \_\_\_\_\_

Дата выполнения: \_\_\_\_\_ Балл: \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

### **Вопросы для итогового контроля**

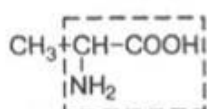
1. Пищевые жиры, физиологическая роль, переваривание.
2. Роль желчных кислот и панкреатической липазы в переваривании липидов.
3. Переваривание фосфолипидов и эфиров холестерина, ферменты. Всасывание продуктов переваривания. Холеиновые кислоты.
4. Транспортные формы липидов – липопротеиды плазмы крови.
5. Роль печени в образовании и секреции липопротеидов. Липотропные факторы.
6. Резервирование и мобилизация триглицеридов в жировой ткани. Активация тканевой липазы адреналином и глюкагоном.
7. Окисление жирных кислот. Активация жирных кислот и транспорт в митохондрии, роль карнитина
8. Биосинтез жирных кислот. Потребность в  $\text{CO}_2$ , роль биотина.
9. Кетогенез. Реакции синтеза кетоновых тел из ацетил-КоА. Строение и биологическая роль кетоновых тел.
10. Окисление холестерина в желчные кислоты и стероидные гормоны основной путь выведения холестерина из организма. Метаболическая и структурная роль холестерина в организме.

### Список рекомендованной литературы

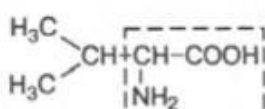
1. Конопатов Ю.В. Биохимия животных: учебное пособие / Ю.В. Конопатов, С.В. Васильева. – Санкт-Петербург, 2022. – 384 с.
2. Брещенко Е.Е. Биохимия: биологически активные вещества. Витамины, ферменты, гормоны / Е.Е. Брещенко, К.И. Мелконян. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 136 с.
3. Биохимия животных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ю.В. Конопатов, С.В. Васильева. – Санкт-Петербург: Москва: Краснодар: Лань, 2015. – 384 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
4. Биологическая химия: учебник / Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина; Рос. акад. наук. Сиб. отделение, Ин-т хим. биологии и фундаментальной медицины, М-во образования и науки Рос. Федерации, Новосибирский гос. ун-т. - 4-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: СО РАН, 2012. – 456 с.
5. Биохимия: учебник / И. К. Проскурина. - 2-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. - 336 с. - (Высшее образование. Бакалавриат).
6. Рогожин В.В. Практикум по биологической химии: учеб. метод. пособие по спец. «Зоотехния» и «Ветеринария» / В.В. Рогожин. – СПб.: Лань, 2006. – 255 с.
7. Северин Е.С. Биохимия / Е.С. Северин, Т.Л. Алейникова, Е.В. Осипов. – М.: Медицина, 2000.
8. Биохимия и молекулярная биология / Ю.П. Фролов, М.М. Серых, О.Н. Макурина [и др.]; - Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2003.
9. Биохимия животных / А.В. Чечеткин, И.Д. Головацкий, П.А. Калиман, В.И. Воронянский. – М.: Высш. шк. 1982.
10. Биохимия доступным языком: Учебник-репетитор / Юрий Кривенцев. – [б. м.]: Издательские решения, 2019. — 120 с. ISBN 978-5-4496-9885-8
11. Ауэрман Т.Л., Генералова Т.Г., Суслиянок Г.М. Основы биохимии [Электронный ресурс]. Учебник. – М., 2019. – 400 с.

Составитель: Вдовина Г.В.

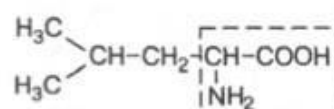
## Неполярные R-группы



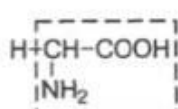
L-аланин



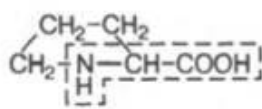
L-валин



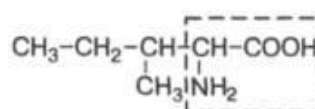
L-лейцин



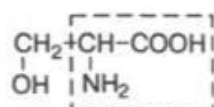
L-глицин



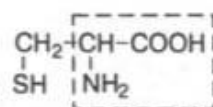
L-пролин



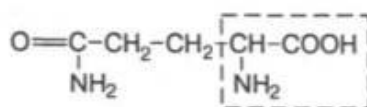
L-изолейцин



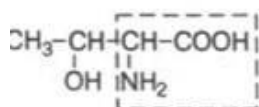
L-серин



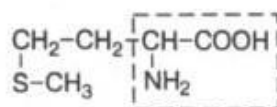
L-цистеин



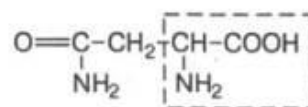
L-глутамин



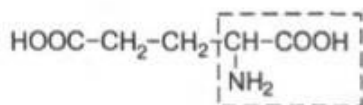
L-треонин



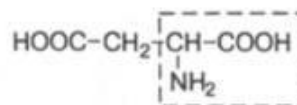
L-метионин



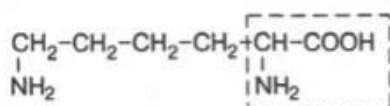
L-аспарагин



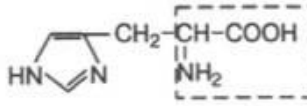
L-глутаминовая кислота



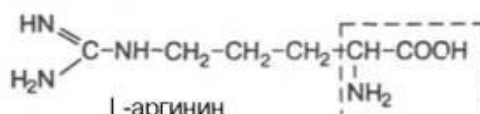
L-аспарагиновая кислота



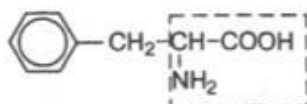
L-лизин



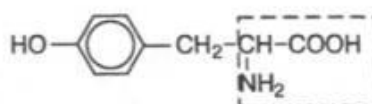
L-гистидин



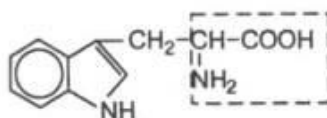
L-аргинин



L-фенилаланин



L-тирозин



L-триптофан