

**Новосибирский государственный аграрный  
университет**

**Институт ветеринарной медицины и  
биотехнологии**

**ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ И  
ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ**

Лабораторный практикум

Новосибирск 2025

УДК 591.132.05 (076.5)  
ББК 28.073.1, Я7  
Ф 504

Кафедра анатомии и физиологии

Составители: канд. биол. наук, доц. *С.В. Баталова*

Рецензент: канд. биол. наук, *Г.В. Вдовина*

**Физиология пищеварения и обмена веществ:**  
лабораторный практикум / Новосибирский государственный  
аграрный университет, Институт ветеринарной медицины и  
биотехнологии; составители: С.В. Баталова, – Новосибирск: ИЦ  
«Золотой колос», 2025. – 55 с.

Лабораторный практикум предназначен для студентов  
очного и заочного отделений, обучающихся по направлениям  
подготовки: 36.05.01 Ветеринария, 36.03.01 Ветеринарно-  
санитарная экспертиза, 36.03.02 Зоотехния, 06.03.01 Биология.

Утвержден и рекомендован к изданию учебно-методическим  
советом ИВМиБ (протокол №1 от «27» января 2025г.)

© Новосибирский ГАУ, 2025.

## **ВЕДЕНИЕ**

Практикум предназначен для изучения физиологии пищеварения и обмена веществ и представлен двумя разделами. Каждый раздел соответствует изучаемой теме и предлагает комплекс лабораторно-практических работ, позволяющих студентам приобретать навыки в проведении экспериментов, лабораторных работ и развивать аналитические способности при обработке полученных результатов. Каждое задание подкреплено контрольными вопросами, способствующими лучшему усвоению изучаемого материала.

Настоящий практикум составлен в соответствии с новыми учебными требованиями, предъявляемыми к изучению следующих дисциплин: «Физиология и этология животных» по направлению подготовки 36.05.01 Ветеринария; «Физиология животных» по направлениям подготовки 36.03.02 Зоотехния, 06.03.01 Биология; «Основы физиологии» по направлению подготовки: 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза.

## РАЗДЕЛ I. ПИЩЕВАРЕНИЕ

Пищеварение – безусловная, врождённая, сложнорефлекторная реакция организма, связанная с приёмом корма, его переработкой и продвижением по пищеварительному каналу, химическим изменением, всасыванием и выведением из организма неусвоенных экскретируемых веществ.

Под влиянием специфических ферментов сложные составные части корма расщепляются до более простых, которые в виде водных растворов всасываются через стенку желудочно-кишечного тракта и поступают в кровь и лимфу. Ферменты, действующие на белки, относятся к группе протеолитических, на жиры – липолитических и на углеводы – амилолитических. В пищеварительном тракте белки под влиянием ферментов расщепляются до аминокислот, углеводы – до моносахаридов, жиры – до жирных кислот и глицерина, т. е. до легко усваиваемых соединений.

### ***Работа 1. Выделение муцина слюны***

Белковое вещество - муцин делает слюну вязкой, тягучей. В слюне подчелюстных и подъязычных желез содержится больше муцина, чем в околоушных железах.

***Цель работы.*** Убедиться в вязкости слюны при щелочной реакции и снижении ее в кислой среде.

**Материалы и оборудование.** Слюна животных или человека, пробирки, дистиллированная вода, 10%-й раствор уксусной кислоты.

Подготовка и проведение опыта. В пробирку налить 2 мл слюны животного или человека, добавить к ней 1 мл воды и прилить 8-10 капель уксусной кислоты. Встряхнуть пробирку. Наблюдать за образованием белого осадка белка, всплывающего вверх, и муцина. Снова добавить 20 капель

уксусной кислоты. Часть осадка растворится, а останется муцин, который в уксусной кислоте не растворяется. Слюна в пробирке теряет свой слизистый характер, уменьшается ее вязкость. Составить протокол опыта и сделать выводы.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое муцин, его значение и метод его обнаружения в слюне.
2. Каковы состав и свойства слюны?
3. Укажите ферменты слюны и их действие.

## **Работа 2. Определение пищеварительной функции слюны**

В слюне содержатся ферменты: амилаза (или птialiн), расщепляющая крахмал до мальтозы и мальтоза, переводящая мальтозу в глюкозу. Наибольшее количество ферментов содержится в слюне свиньи и человека.

**Цель работы.** Доказать наличие ферментов в исследуемой слюне и установить, какие условия (температура, среда) благоприятны для переваривания крахмала слюной.

**Материалы и оборудование.** Профильтрованная слюна, 1%-й вареный крахмал, 15%-й сырой крахмал, 10%-й NaOH, 1%-й  $\text{SiSO}_4$ , 1%-й HCl, водяная баня ( $T=37-40^0\text{C}$ ), 4 пробирки в штативе, держатели для пробирок, восковой карандаш, водяной термометр, пипетки, стакан, фильтровальная бумага, спиртовка, сосуд с холодной водой.

**Подготовка и проведение опыта.** Пронумеровать 4 пробирки. В первые 3 налить по 2 мл 1%-го вареного крахмала, в 4-ю – 2 мл сырого крахмала. Затем в 1-ю и 4-ю пробирки добавить по 1 мл слюны, во 2-ю – 1 мл предварительно прокипяченной и охлажденной слюны, а в 3-ю – 1 мл слюны, подкисленной 2 каплями 1%-й HCl.

Все 4 пробирки поставить в водяную баню  $T = 37-40^{\circ}\text{C}$  на 10 мин., а затем вынуть и охладить в воде.

Проверить содержимое пробирок пробой Троммера на сахар. Для этого в каждую пробирку добавить по 1,5 мл 10%-й NaOH и по каплям медного купороса до появления не исчезающей мути. При нагревании над спиртовкой до кипения появляется желтое окрашивание за счет гидрата закиси меди  $\text{CuOH}$  там, где под действием ферментов слюны крахмал превратился в сахар. При дальнейшем нагревании появляется красное окрашивание за счет образования закиси меди  $\text{CuO}_2$ .

Записать в тетради, в какой пробирке проба Троммера положительная, а в какой – отрицательная, объяснить это явление и сделать вывод.

### ***Работа 3. Определение активности ферментов слюны***

Ферментативная активность слюны зависит от вида и аппетита животных, от состава корма.

Активность ферментов слюны определяется числом, показывающим, какое количество миллилитров 1%-го вареного крахмала может переварить 1 мл натуральной исследуемой слюны.

***Цель работы.*** Установить индивидуальные различия переваривающей силы слюны при

оптимальных условиях температуры и среды.

### ***Материалы и оборудование.***

1%-й свежеприготовленный вареный крахмал, раствор Люголя, 10 пробирок, водяная баня ( $T = +37 - 40^{\circ}\text{C}$ ), сосуд с холодной водой, восковой карандаш, стаканчик с дистиллированной водой и пустой стаканчик, пипетки и глазная пипетка, штатив.

Раствор Люголя: 2 г йодистого калия и 1 г йода растворены в 1000 мл воды.

***Подготовка и проведение опыта.*** Пронумеровать 10 пробирок. В 1-ю и 2-ю пробирки отмерить пипеткой по 1 мл натуральной исследуемой слюны, затем в пробирки со 2-й по 10-ю отмерить пипеткой по 1 мл дистиллированной воды. Содержимое 2-й пробирки тщательно перемешать и 1 мл его перенести в 3-ю пробирку. То же проделать с 3-й и каждой последующей пробиркой, а из 10-й пробирки 1 мл содержимого после перемешивания вылить в пустой стаканчик.

В результате концентрация слюны в пробирках будет последовательно уменьшаться (табл. 1)



Таблица 1

Номер пробирки	Концентрация слюны в пробирках, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация слюны, С	1	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,031	0,015	0,007	0,003	0,0015

В каждую пробирку добавить по 5 мл 1%-го вареного крахмала, содержимое пробирок тщательно перемешать и поставить пробирки в водяную баню на 10 мин при  $T=37-40^{\circ}\text{C}$ . По истечении времени все пробирки вынуть, охладить в сосуде с холодной водой и провести реакцию на крахмал; в каждую пробирку глазной пипеткой добавить по 2 капли раствора Люголя.

Активность ферментов слюны определить по последней (с наименьшей концентрацией) пробирке, в которой еще нет характерного для крахмала синего окрашивания. Найденную по таблице разведения концентрацию слюны (С) в данной пробирке подставить в формулу:

$$X = \frac{5}{C}$$

где X – активность ферментов слюны;

5 – количество 1%-го вареного крахмала, мл;

C – концентрация слюны.

Например, синее окрашивание появилось впервые в 7-й пробирке, следовательно из таблицы разведения надо взять концентрацию слюны 6-й пробирки, равную 0,03%

$$X = \frac{5}{0,33} = 166.$$

Таким образом, 1 мл исследуемой слюны может переварить 166 мл 1%-го вареного крахмала.

Записать полученные результаты опыта в тетрадь и объяснить их.

### ***Контрольные вопросы***

1. От каких причин зависит переваривающая способность слюны?
2. Какие ферменты находятся в составе слюны? В какой среде они активны?
3. Каков состав слюны, какова роль лизоцима, муцина?

### ***Работа 4. Желудочный сок и его исследование***

В состав желудочного сока входят соляная и органические кислоты, а также ферменты: пепсин, катепсин, (химозин) и желудочная липаза. Главные клетки слизистой оболочки желудка вырабатывают пепсин, который в кислой среде расщепляет белки до альбумоз и пептонов, а обкладочные – соляную кислоту. В желудочном соке кислота находится в

свободном и связанном состоянии. Сумма их составляет общую кислотность.

**Цель работы.** Ознакомиться с методами получения желудочного сока, определения его кислотности и ферментативных свойств.

**Материалы и оборудование.** Желудочный сок, индикаторы 0,5-1%-й спиртовой раствор диметиламидаазобензола и 1%-й спиртовой раствор фенолфталеина, химические стаканчики, бюретки для титрования, 0,1н. раствор едкого натра, мелко нарезанные кусочки фибрина, 0,5%-й и 2%-й раствор пищевой соды, 10%-й раствор едкого натра, 0,3%-й раствор медного купороса, молоко, водяная баня, штативы, пробирки, спиртовки, синяя лакмусовая бумага.

**Получение желудочного сока.** Чистый желудочный сок получают от животных с помощью пищеводного, а у лошадей - носопищеводного зонда. Для этого лучше использовать спокойных лошадей, выдержанных около суток на голодной диете. После введения зонда через 2-3 мин, когда лошадь успокоится, в кормушку кладут корм (это усиливает процесс секреторного выделения). Затем с помощью аппарата Камовского получают желудочное содержимое, фильтруют его и используют на лабораторных занятиях.

### ***Определение кислотности желудочного сока.***

Кислотность связана с наличием в соке соляной кислоты, органических кислот и различных кислотореагирующих соединений. У животных рН желудочного сока равна 0,7-1,0, что соответствует 0,4-0,5% раствору соляной кислоты, которая находится в желудке в свободном и связанном состоянии. У свиней в соке содержится 0,3-0,4% свободной кислоты, а у лошадей – 0,15% при высокой у них общей кислотности. Определяют кислотность качественным и количественным методами.

Качественную пробу ставят с любым индикатором. Так, синяя лакмусовая бумажка, смоченная в желудочном соке, краснеет. Это значит, что сок имеет кислую реакцию.

Количественное определение свободной и связанной кислотности производят методом титрования в присутствии индикаторов. Индикаторами служат 0,5%-й спиртовой раствор диметиламиноазобензола и 1% спиртовой раствор фенолфталеина. Титруют 0,1 н. раствором едкого натра.

***Подготовка и проведение опыта.*** В два стаканчика налить по 5 мл желудочного сока и добавить в каждый по 2 капли диметиламиноазобензола и 1%-й спиртовой раствор

фенолфталеина. Один стаканчик – контрольный, с другим – работают.

Для определения свободной соляной кислоты титровать желудочный сок 0,1 н. раствором NaOH до светло-желтого цвета.

Для определения общей соляной кислоты продолжать титровать до появления ярко-желтого цвета.

Связанную соляную кислоту определить арифметически.

Общую кислотность определяют титрованием до восстановления исходной окраски, одинаковой с контрольной.

**Пример.** При титровании 5 мл желудочного сока пошло: на свободную HCl - 1,8 мл NaOH, на общую HCl – 2,9, на связанную HCl– 1,1, на общую кислотность – 3,1 мл.

Для пересчета кислотности на 100 мл желудочного сока следует все полученные цифры умножить на 20, при этом получим, что в 100 мл желудочного сока свободной HCl 36 мл, общей HCl – 58, связанной – 22, а общая кислотность соответствует 62 мл HCl.

1 мл 0,1 н. раствора HCl содержит 0,00365 г HCl. Известно, что 1 мл 0,1 н. раствора щелочи нейтрализует 1 мл 0,1 н. раствора HCl. Умножив число 0,00365 г на число миллилитров 0,1 н. раствора NaOH, пошедшей на

нейтрализацию 100 мл желудочного сока, узнаем процентное содержание соляной кислоты в нем:

$$0,00365 \times 62 = 0,2\%.$$

Произвести свои расчеты, записать в тетрадь и сделать вывод.

**Определение ферментативных свойств желудочного сока (переваривание белков).** В лабораторных условиях для определения действия протеолитических ферментов пользуются пробирочным методом и методом с применением палочек.

**Подготовка и проведение опыта.** Нумеруют четыре пробирки. В первую берут 2 мл желудочного сока + фибрин, во вторую – 2 мл прокипяченного желудочного сока + фибрин, в третью – 2 мл 0,5%-го раствора соляной кислоты + фибрин, в четвертую – 2 мл желудочного сока, нейтрализованного содой + фибрин. Пробирки помещают в водяную баню на 40-45 мин. при температуре 38-40<sup>0</sup>С. Расщепление белка наступает только в первой пробирке, во второй фермент разрушен кипячением, в третьей фибрин только набухнет, в четвертой создается щелочная среда, в которой фермент оказывается нейтральным. Чтобы установить, произошло ли расщепление белков до альбумоз и пептонов, ставят биуретовую пробу. К содержимому каждой пробирки добавляют по 2 мл 10%-го раствора едкого натра и полученный раствор

взбалтывают. Затем вносят по 3 капли 0,3%-го раствора медного купороса. В пробирке, где наступило расщепление, содержимое будет иметь розовый цвет, а где находился непереваренный белок – фиолетовый.

### ***Определение действия химозина на молоко.***

Берут три пробирки, в первую наливают 1 мл желудочного сока, во вторую – 1 мл сока, с последующим кипячением на спиртовке, в третью 1 мл 0,5% раствора соды. Затем в каждую пробирку вносят по 5 мл свежего молока и ставят их в водяную баню при температуре 37-38<sup>0</sup>С на 40-45 мин. После этого наблюдают, в каких пробирках свернулось молоко.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какую реакцию имеет желудочный сок и чем она обусловлена?
2. Как изменяется белок под действием соляной кислоты?
3. Что такое свободная, связанная и общая кислотность желудочного сока?
4. Фазы желудочного сокоотделения и механизм секреции в каждую из них.
5. Перечислите функции желудка.
6. Каков ферментный состав желудочного сока?
7. Какова функция соляной кислоты в составе

желудочного сока?

8. Какова роль желудочной слизи, покрывающей слизистую оболочку желудка?

9. Как происходит активация пепсиногена?

### **Работа 5. Желчь и ее роль в процессе пищеварения**

**Цель работы.** Изучить пищеварительные свойства желчи.

**Материалы и оборудование.** Штатив с пробирками, фарфоровая тарелка, маленькие воронки, желчь, жидкий растительный жир, фильтровальная бумага.

#### **Подготовка и проведение опыта.**

##### **1. Эмульгирование жиров желчью.**

Налить в пробирку немного растительного масла, добавить равный объем желчи, закрыть пробирку пальцем и взболтать. В результате взбалтывания образуется белое «молоко» – жировая эмульсия. Поставить пробирку в штатив на 10-15 мин и убедиться, что эмульсия является стойкой, так как границы между слоями не намечается.

Для контроля то же самое проделать с



растительным маслом при добавлении к нему воды.

## *2. Влияние желчи на фильтрацию жира.*

В небольшие воронки вложить бумажные фильтры. Один фильтр смочить желчью, другой - водой. Поставить воронки в пробирки, находящиеся в штативе, и налить в каждую немного растительного масла. Масло быстро профильтруется через фильтр смоченный желчью, и почти не пройдет через фильтр, смоченный водой.

Записать ход опыта и сделать соответствующие выводы.

## ***Контрольные вопросы***

1. Каковы механизмы образования и выделения желчи?
2. Какие вещества входят в состав желчи?
3. Методы исследования желчеотделения.

## ***Работа 6. Влияние пищевых факторов на нейрогуморальную систему***

Целостность всего организма обеспечивается высокодифференцированной системой нейрогуморальной регуляции. Данная система существует на двух уровнях организации: нервном и гуморальном.

Гуморальная реакция осуществляется путем переноса биологически активных веществ (гормонов, медиаторов) жидкими средами организма.

Гормоны образуются в железах внутренней секреции (истинные гормоны) и в других тканях (гистогормоны). К железам внутренней секреции относятся: щитовидная, паращитовидные, поджелудочная, половые железы, тимус, надпочечники, гипофиз.

Надпочечники - парный эндокринный орган. Каждый из них включает в себя две самостоятельные эндокринные железы - кору и мозговой слой.

Мозговой слой надпочечников выделяет в кровь адреналин, являющийся производным тирозина. Адреналин вызывает сужение кровеносных сосудов (кроме сосудов сердца и мышц), повышает кровяное давление, тормозит функции желудочно-кишечного тракта, ускоряет свертывание крови. При окислении адреналин теряет биологическую активность. Аскорбиновая кислота, являясь сильным восстановителем, защищает адреналин от окисления и восстанавливает соединения, образующиеся из него под влиянием окислителей. Это свойство витамина С иллюстрируется в модельном опыте.

***Цель лабораторной работы.*** Определение роли влияния пищевых факторов на нейрогуморальную

систему на примере влияния аскорбиновой кислоты на нейромедиатор адреналин.

Принцип работы основан на окислительно-восстановительной реакции адреналина. Окисленный адреналин имеет розовую окраску, в чем можно убедиться, используя в качестве окислителя раствор йода.

**Оборудование, посуда и реактивы.** Штатив с пробирками; пипетка на 1 мл (1 шт); капельница (1 шт); адреналин 1:1000 (в ампулах); раствор йода в йодистом калии, 0,002 н. (разбавляют непосредственно перед опытом из 0,1 н. раствора); уксуснокислый натрий, насыщенный раствор; аскорбиновая кислота, 5 %-й раствор.

**Подготовка и проведение опыта.** В две пробирки наливают по 3-4 капли адреналина. В одну из них приливают 1-2 капли уксуснокислого натрия и по каплям раствор йода (из пипетки) до появления розовой окраски, свидетельствующей об окислении адреналина. Во вторую пробирку добавляют 2 капли аскорбиновой кислоты, затем 1-2 капли уксуснокислого натрия и столько раствора йода, сколько было израсходовано на окисление адреналина в первой пробирке. Отмечают, появилась ли розовая окраска.

Восстановительное действие аскорбиновой кислоты на продукты окисления адреналина

определяют следующим образом: в первую пробирку добавляют по каплям раствор аскорбиновой кислоты до исчезновения розовой окраски.

### ***Контрольные вопросы***

1. Влияние недостатка или избытка макронутриентов на функцию ЦНС.
2. Участие желез внутренней секреции в процессорегуляции обмена веществ.
3. Значение условных пищевых рефлексов для организма человека.
4. Роль витаминов и минеральных веществ в процессорегуляции нейрогуморальной регуляции организма.
5. Какова роль нейрогуморальной системы в деятельности органов пищеварения?

### ***Работа 7. Влияние пищевых факторов на функцию пищеварительной системы***

Пищеварение – сложный физиологический и биохимический процесс. Пища в пищеварительном тракте подвергается физическим и химическим изменениям. В результате чего компоненты пищи сохраняют свою пластическую и энергетическую ценность; приобретают свойства, благодаря которым они могут быть усвоенными организмом и

включенными в его нормальный обмен веществ; утрачивают видовую специфичность.

Физиологические изменения пищи состоят в ее размельчении, набухании, растворении; химические – в последовательной деградации питательных веществ в результате действия на них компонентов пищеварительных соков, выделяемых в полость пищеварительного тракта его железами. Важнейшая роль в этом принадлежит гидролитическим ферментам секретов пищеварительных желез и исчерченной каемки тонкой кишки.

Названные процессы идут в определенной последовательности, «наслаиваясь» по отделам пищеварительного тракта. Продвижение пищевого комочка обеспечивается моторным аппаратом пищеварительного тракта, который распределяет пищеварение во времени и пространстве и влияет на его интенсивность. В результате деполимеризации питательных веществ образуются продукты, в основном мономеры, которые всасываются из кишечника в кровь и лимфу, транспортируются к тканям организма и включаются в его метаболизм. Вода, минеральные соли и некоторые органические компоненты пищи (в том числе витамины) всасываются в кровь неизменными.

Пищеварительная система осуществляет

начальный этап обмена веществ между внешней и внутренней средами организма.

**Цель лабораторной работы.** Ознакомиться с работой пищеварительной системы по степени переваривания яичного белка при нормальной и пониженной кислотности желудочного сока в модельной системе.

Принцип работы основан на обнаружении частично расщепленного белка в желудочном соке цветной биуретовой реакцией на пептидную связи белка.

**Оборудование, посуда и реактивы.** Термостат; штатив пробирками; пипетки на 5 мл (2 шт.) и на 2 мл (1 шт.), капельница (1 шт.); гидроксид натрия 10%-й раствор; медь сернокислая, 0,1 %-й раствор.

**Подготовка и проведение опыта.** В две пробирки помещают по небольшому кусочку свернувшегося яичного белка. В одну пробирку наливают 5 мл желудочного сока с нормальной кислотностью, в другую – столько же сока с пониженной кислотностью. Обе пробирки инкубируют в термостате при 37<sup>0</sup>С в течение 45 мин. По окончании инкубации пробы вынимают и из каждой осторожно сливают жидкость в другие пробирки так, чтобы в них не попали кусочки белка. Затем добавляют в них по 2 мл гидроксида натрия (NaOH) и по 1-2 капли сернокислой меди

(биуретовая реакция). Отмечают, в какой пробирке появилась розово фиолетовая окраска и какова ее интенсивность.

### ***Контрольные вопросы***

1. Роль пищеварительной системы для жизнедеятельности организма.
2. Строение пищеварительной системы.
3. Физические и химические изменения белков пищи в каждом из отделов пищеварительного тракта.
4. Особенности строения и функций желудка.
5. Роль соляной кислоты в желудке.

### ***Работа 8. Влияние пищевых волокон на процессы пищеварения***

*Пищевые волокна* – это химические соединения входящие в состав растительных пищевых продуктов и не способные расщепляться протеолитическими ферментами пищеварительного тракта человека. По химической природе они представляют собой полисахариды: целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, а также лигнин и связанные с ними белковых веществ, формирующие клеточные стенки растений.

Недостаток пищевых волокон в пище приводит к

снижению сопротивляемости человеческого организма воздействию окружающей среды. Существует прямая зависимость между недостатком пищевых волокон в рационе и развитием ряда заболеваний, таких как ожирение, заболевания толстой кишки (запоры, дивертикулез, рак), сахарный диабет, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца и др.

Метилцеллюлозу (МЦ) все шире используют в диетических рационах в качестве заменителя усвояемых углеводов, не обладающих энергетической ценностью. Это балластное вещество увеличивает объем пищи (поглощая большое количество воды), способствует развитию ощущения насыщения, стимулирует двигательную активность стенок пищеварительного канала.

Установлено, что МЦ может влиять на интенсивность переваривания пищевых веществ, в том числе на гидролиз крахмала  $\alpha$ -амилазой, содержащейся в соке поджелудочной железы. МЦ вызывает торможение амилолиза. Этот эффект может иметь значение для замедления поступления из кишечника в кровь продукта гидролиза крахмала – глюкозы и, следовательно, для предупреждения гипергликемии, а также образования жиров, так как не происходит мобилизация инсулина, участвующего в этом процессе. Поэтому, потребление блюд и напитков, содержащих



МЦ, полезно для больных сахарным диабетом, а также ожирением.

Определение влияния МЦ на переваривание крахмала амилазой поджелудочной железы производится путем сопоставления скорости его гидролиза в контрольных пробах и в опытных. Это выявляется по исчезновению синей окраски с йодом.

**Цель лабораторной работы.** Исследование влияния метилцеллюлозы на скорость переваривания крахмала.

Принцип работы основан на способности крахмала давать синее окрашивание с йодом. При переваривании крахмала образуются декстрины красно-бурого цвета.

**Оборудование, посуда, реактивы.** Штатив с пробирками одинакового диаметра с корковыми пробками; пипетки градуированные на 1 мл (1 шт.), на 5-10 мл (3 шт.); капельница (1 шт.); метилцеллюлоза высоковязкая, 1,5 %-й раствор; крахмал, 1 %-й раствор; панкреатин, 1 %-й раствор в 0,1 н.  $\text{NaHCO}_3$ ; йод, 0,002 н раствор (готовится перед опытом путем разбавления водой 0,1 н. раствора в 50 раз); соляная кислота, 10 %-й раствор.

**Подготовка и проведение опыта.** В три пробирки (№ 1, 2, 3) наливают по 1 мл крахмала, затем в пробирки № 1 и № 2 добавляют по 1 мл воды, в пробирку № 3 - 1 мл МЦ (опытная проба). В каждую пробирку приливают точно по 2 капли сильно разбавленного раствора йода (не прекращая действие амилазы). В две пробирки: № 2 и № 3 (опытная) приливают по 0,2 мл раствора панкреатина, начиная с опытной пробы. Все пробирки закрывают пробками и оставляют при комнатной температуре. Наблюдают за скоростью изменения синей окраски в пробирках №2 и №3 с панкреатином, что свидетельствует о расщеплении крахмала (пробирка №1 без панкреатина служит контролем).

Можно измерить разницу в скорости изменения окраски в пробирках №1 (контроль) и № 2 количественно, отметив по секундомеру, когда это наиболее четко проявится в пробирке №2 (путем сопоставления с цветом пробирки №1, куда панкреатин не добавляли).

Затем приливают в пробирку № 2 несколько капель (2-3 капли) соляной кислоты для прекращения действия фермента и определяют, за какой промежуток времени окраска с йодом в опытной пробирке № 3 достигает той, которую имеет раствор в пробирке № 2,

куда была прилита кислота.

**Примечание.** Если панкреатин очень активен и после его добавления синяя окраска с йодом сразу исчезает, заранее подбирают разбавление источника фермента, чтобы четкое изменение цвета в пробе без МЦ происходило в течение 1-1.5 мин.

**Приготовление раствора метилцеллюлозы** 1,5 г МЦ заливают 50 мл кипящей воды и оставляют на несколько минут для набухания, время от времени помешивая. Затем добавляют 50 мл ледяной воды, хорошо перемешивают и помещают в холодильник при 0 - 4°C.

### ***Контрольные вопросы***

1. Строение и функции толстого отдела кишечника.
2. Химическая природа пищевых волокон.
3. Роль пищевых волокон в процессах пищеварения.
4. Источники пищевого сырья, богатого пищевыми волокнами.
5. Пищевые потоки, формируемые за счет использования пищевых волокон микрофлорой кишечника.

## РАЗДЕЛ II. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

### **Работа 1. Прямая калориметрия (виртуальная физиология)**

Организм представляет собой саморегулирующуюся систему, в которой постоянно поддерживается динамическое равновесие между поступающей извне и выделяемой во внешнюю среду энергией. Обмен веществ и энергии складывается из двух тесно связанных между собой процессов

– ассимиляции и диссимиляции.

**Ассимиляция (анаболизм)** – процесс усвоения организмом питательных веществ, поступающих из внешней среды.

**Диссимиляция (катаболизм)** – процесс распада сложных органических веществ, сопровождающийся освобождением большого количества энергии, т.е. переходом потенциальной энергии химических связей в кинетическую.

Конечным итогом превращения энергии в организме является образование тепла, отдаваемого телом во внешнюю среду. Количество продуцируемой организмом энергии поэтому можно определить методом прямой или непрямой калориметрии и выразить в единицах измерения тепла – калориях или

джоулях.

1 ккал = 4,1876 кДж, 1 Дж = 0,2388 кал.

### Прямая калориметрия

*Прямая калориметрия* – непосредственное измерение выделяемого организмом тепла с помощью специальных калориметрических камер с термоизолированными стенками (рис.1).

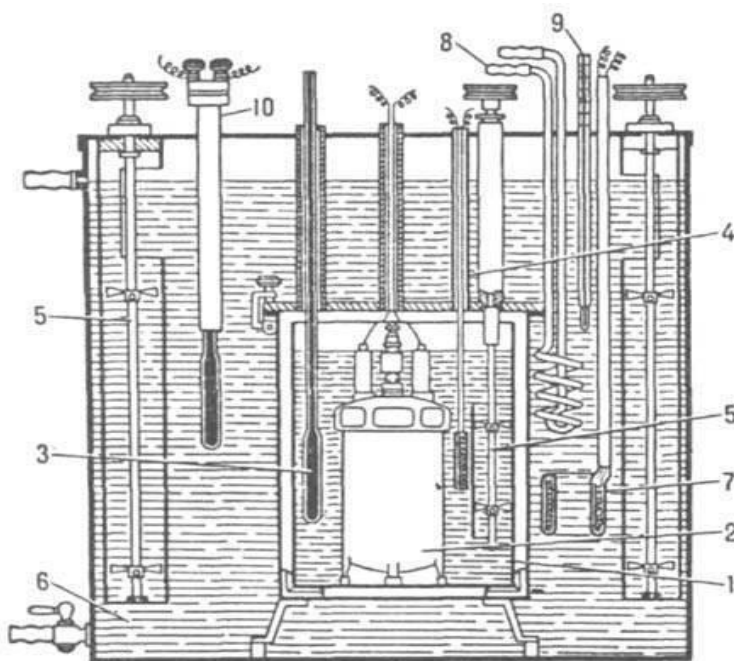


Рис. 1. Жидкостной калориметр с изотермической оболочкой: 1 – калориметрический сосуд; 2 – калориметрическая бомба; 3 и 9 - термометры калориметра и оболочки, соответственно; 4 и 7 - нагреватели калориметра и оболочки соответственно; 5 - мешалки с приводом; 6 - изотермическая оболочка, заполненная водой; 8 - змеевик для охлаждения оболочки; 10 - контактный термометр для регулировки температуры оболочки

Тепло, выделяемое подопытными животными, нагревает воду в системе трубок, проходящих внутри камеры. По разнице температур воды, подаваемой в камеру и вытекающей из нее, можно определить количество тепла, выделенного животными за единицу времени.

В настоящее время для измерения тепла, продуцируемого мелкими животными, применяется калориметр другого типа (рис. 2).

Он представляет собой тонкостенный шарообразный сосуд из теплопроводного материала, оклеенный по всей поверхности через равные промежутки термопарами и помещенный в емкость большого объема с термоизолированными стенками для предупреждения потерь тепла во внешнюю среду. Тепло, выделяемое животными, нагревает стенки сосуда вместе с прикрепленными к ним термопарами. Электрический ток, возникающий в каждой термопаре под действием тепла, можно зарегистрировать. По общей величине тока, полученной от всех термопар, можно судить о количестве тепла, продуцируемого животными за определенный промежуток времени.

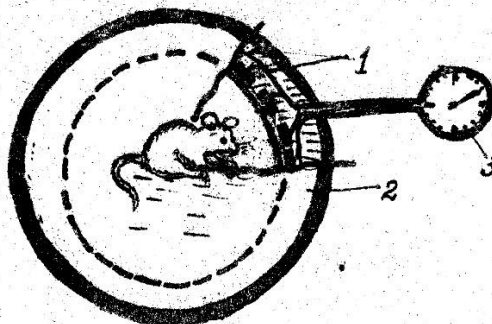


Рис. 2. Строение шарообразного калориметра  
1-теплопроводный материал; 2-термоизолированная  
стенка; 3- термометр.

Точность калориметрических измерений велика, однако метод прямой калориметрии сложен, трудоемок, требует наличия специальной громадной аппаратуры, поэтому на практике удобнее рассчитывать теплопродукцию и расход энергии на основании изучения газообмена, т.е. путем не прямой калориметрии.

### ***Контрольные вопросы***

1. Понятие об обмене веществ.
2. Что такое ассимиляция и диссимиляция?
3. Что такое основной и промежуточный обмен?

4. Какие методы используются для изучения энергетических затрат в организме?
5. Что такое прямая калориметрия?

## ***Работа 2. Газообмен как показатель энергетики организма (непрямая калориметрия)***

Источником энергии в организме служат окислительные процессы, при которых потребляется кислород и образуется углекислый газ. В связи с этим возможно определение энергетических затрат организма на основании исследования газообмена, т.е. по количеству поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа. Этот способ и назван непрямой калориметрией.

Для расчета количества тепла, выделяемого организмом в единицу времени, методом непрямой калориметрии необходимо определить дыхательный и калорический коэффициенты.



## **Определение дыхательного и калорического коэффициентов**

*Дыхательный коэффициент* – это отношение объема выделенного углекислого газа к объему потребленного кислорода за одну и ту же единицу времени.

Калорическим коэффициентом (эквивалентом) называется количество тепла, выделенное организмом при потреблении 1 л кислорода или выдыхании 1 л углекислого газа.

***Цель работы.*** Ознакомиться с принципом расчета показателей газоэнергетического обмена у животных по количеству потребленного кислорода и выделенному углекислому газу.

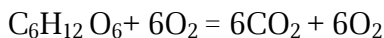
***Материалы и оборудование.*** Испытуемое животное, дыхательные маски, газовый счетчик, мешок Дугласа, аппарат Холдена.

***Подготовка и проведение опыта.*** В практике при изучении газообмена используют масочный метод. Для сбора выдыхаемого воздуха на голову животного надевают респираторную маску и плотно прижимают ее к морде с помощью резинового кольца. Маску через гофрированную трубку соединяют с газовыми часами и собирают выдыхаемый воздух в мешок Дугласа в

течение 5 мин. Определяют температуру воздуха и барометрическое давление во время проведения опыта. Подсчитывая количество дыхательных движений, устанавливают объем воздуха, выдыхаемого за 1 мин. Анализируют не только состав выдохнутого воздуха, но и воздуха помещения в аппарате Холдена и сравнивают их.

Для этого пробу воздуха определенного объема из мешка Дугласа или из помещения пропускают через химический поглотитель  $\text{CO}_2$  (обычно это 30%-й раствор  $\text{KOH}$ ) в герметически замкнутом сосуде, соединенном с манометром. По разнице объемов до и после пропускания рассчитывают количество  $\text{CO}_2$  в пробе воздуха. Точно так же определяют количество  $\text{O}_2$  в пробе воздуха, используя в качестве его поглотителя пирогаллол.

Соотнося объёмы выдохнутого  $\text{CO}_2$  и поглощенного  $\text{O}_2$ , вычисляют дыхательный коэффициент. Если в процессе обмена веществ в организме окисляются только углеводы, то дыхательный коэффициент будет равен 1. Это можно проиллюстрировать следующей формулой:



Следовательно, для образования одной молекулы

CO<sub>2</sub> при обмене углеводов требуется одна молекула O<sub>2</sub>. Так как по закону Авогадро-Жерара равные количества молекул при одинаковой температуре и давлении занимают равные объёмы, дыхательный коэффициент при окислении углеводов будет равен 1:

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{6}{6} = 1$$

Для жиров он будет составлять 0,7: C<sub>57</sub>H<sub>110</sub>O<sub>6</sub> + 81,5O<sub>2</sub> = 57CO<sub>2</sub> + 55H<sub>2</sub>O:

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{57}{81,5} = 0,7$$

Для окисления одной молекулы жира необходимо 81,5 молекулы кислорода, а на окисление одной грамм-молекулы жира нужно 81,5 x 22,4 л кислорода, т.е. 1825,6 л O<sub>2</sub>, где 22,4 – объём 1 грамм-молекулы в литрах. Грамм-молекула жира равна 890 г, тогда 1 л кислорода окисляет  $\frac{890}{1835,5} = 0,487$  жира. 1 г жира при полном окислении выделяет 38,945 кДж (9,3 ккал), а 0,487 г даёт 18,551 кДж. Следовательно, калорический эквивалент 1 л кислорода при дыхательном коэффициенте 0,7 будет равен 18,551 кДж. В нормальных условиях дыхательный коэффициент лежит в пределах 1 и 0,7. При ДК = 0,7 в

организме окисляются жиры и при этом калорический эквивалент или тепловая ценность 1 л кислорода, равен 18,6 кДж, а при ДК = 1 – 21,14. Определение калорической (тепловой) ценности 1 л потребленного кислорода или 1 л выделенного углекислого газа производится по табл. 2.

Таблица 2

Калорический и дыхательный коэффициенты

Калорический коэффициент (эквивалент)	Дыхательный коэффициент						
	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
При поглощении 1л кислорода, кДж	19,623	19,845	20,105	20,364	20,620	20,875	21,133
При выделении 1 л углекислого газа, кДж	28,032	26,461	25,130	23,957	2,910	21,972	21,135

### Вычисление расхода энергии

Калорический эквивалент 1 л кислорода и углекислого газа при разных дыхательных коэффициентах будет неодинаковым, так как в организме окисляются различные вещества.

Необходимо с помощью табл. 2 найти калорический эквивалент 1 л кислорода и углекислого газа при дыхательном коэффициенте, равном 0,7; 0,85; 0,95 и 1. Для определения расхода энергии за 1 мин

следует умножить количество поглощенного за 1 мин кислорода или выделенного углекислого газа на калорический эквивалент при соответствующем дыхательном эквиваленте.

Разберем пример: лошадь за 1 мин поглощает 1,5 л кислорода при дыхательном коэффициенте, равном 0,85. Тогда расход энергии равен:  $20,364 \times 1,5 = 30,546$  кДж тепла. За 1 ч –  $30,546 \times 60 = 1832,760$  кДж тепла и за сутки –  $1832,760 \times 24 = 43986,240$  кДж.

На практических занятиях необходимо рассчитать расход энергии по кислороду и углекислому газу за 1 мин, час и сутки при дыхательном коэффициенте 0,7; 0,85; 0,95, когда животное делает 20 дыхательных движений в 1 мин и при каждом вдохе поглощает 17,5 мл кислорода и выделяет 15 мл углекислого газа.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое дыхательный коэффициент?
2. Какова калорийная ценность жиров, белков и углеводов?
3. Что такое калорический эквивалент кислорода?
4. Какое значение имеет определение затрат энергии в организме?

### **Работа 3. Расчет основного обмена**

Специальные таблицы (табл. 1, 2 приложения) дают возможность по росту, возрасту и массе тела испытуемого определить среднестатистический уровень основного обмена человека. При сопоставлении этих среднестатистических величин с результатами, полученными при исследовании рабочего обмена с помощью приборов, можно вычислить затраты энергии для выполнения той или иной нагрузки.

**Материалы и оборудование.** Ростомер, весы, таблицы для определения основного обмена. Объект исследования – человек.

**Ход работы.** С помощью ростомера и весов измеряют рост испытуемого и взвешивают его. Если взвешивание производилось в одежде, то полученный результат следует уменьшить на 5 кг для мужчин и на 3 кг для женщин. Далее используют таблицы. Таблицы для определения основного обмена мужчин и женщин разные, так как у мужчин уровень основного обмена в среднем на 10% выше, чем у женщин. Таблицами пользуются следующим образом. Если, например, испытуемым является мужчина 25 лет, имеющий рост 168 см и массу 60 кг, то по таблицам для определения основного обмена мужчин (часть А) находят рядом со значением массы испытуемого число 892. В табл. 1 (часть Б) находят по горизонтали возраст (25 лет) и по

вертикали рост (168 см), на пересечении граф возраста и роста находится число 672. Сложив оба числа ( $892 + 672 = 1564$ ), получают среднестатистическую величину нормального основного обмена человека мужского пола данного возраста, роста и массы – 1564 ккал.

### ***Результаты работы и их оформление.***

Сопоставьте величину основного обмена, полученную для данного испытуемого с помощью приборов, с результатом, найденным по таблицам. Сопоставьте найденную в таблице величину основного обмена, со значениями, полученными по формуле Рида.

### ***Работа 4. Вычисление основного обмена по формуле Рида***

Формула Рида дает возможность вычислить процент отклонения величины основного обмена от нормы. Эта формула основана на существовании взаимосвязи между артериальным давлением, частотой пульса и теплопродукцией организма. Определение основного обмена по формулам всегда дает только приблизительные результаты, но при ряде заболеваний (например, тиреотоксикоз) они достаточно достоверны и поэтому часто применяются в клинике. Допустимым считается отклонение до 10% от нормы.

***Материалы и оборудования.*** Сфигмоманометр,

фонендоскоп, секундомер или часы с секундной стрелкой. Объект исследования – человек.

**Ход работы.** У испытуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова 3 раза с промежутками в 2 мин при соблюдении условий, необходимых для определения основного обмена. Процент отклонений основного обмена от нормы определяют по формуле Рида:  $ПО = 0,75 \times (ЧП + ПД \times 0,74) - 72$ , где ПО – процент отклонения основного обмена от нормы; ЧП – частота пульса; ПД – пульсовое давление, равное разности величин систолического и диастолического давления. Числовые величины частоты пульса и артериального давления берут как среднее арифметическое из трех измерений.

Пример расчета. Пульс 75 уд/мин, артериальное давление 120/80 мм рт. ст. Процент отклонения =  $0,75 \times [75 + (120 - 80) \times 0,74] - 72 = 0,75 \times [75 + 40 \times 0,74] - 72 = 6,45$ .

Таким образом, основной обмен у данного испытуемого повышен на 6,45%, т. е. находится в пределах нормы.

Для упрощения расчетов по формуле Рида существует специальная номограмма. С ее помощью, соединив линейкой значения частоты пульса и пульсового давления, на средней линии легко



определяют величину отклонения основного обмена от нормы.

### ***Результаты работы и их оформление***

Вычислите величину отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида. Определите то же по номограмме (рис. 3). Вычислите, сколько килокалорий (джоулей) составляет определенный вами процент отклонения. Поскольку в учебной лаборатории обычно не соблюдаются условия, необходимые для определения основного обмена, то результаты, полученные вами, будут лишь приблизительно отражать уровень рабочего обмена испытуемого. Определите рабочую прибавку теплопродукции, сопоставив ваши результаты с уровнем основного обмена, полученным по таблицам.

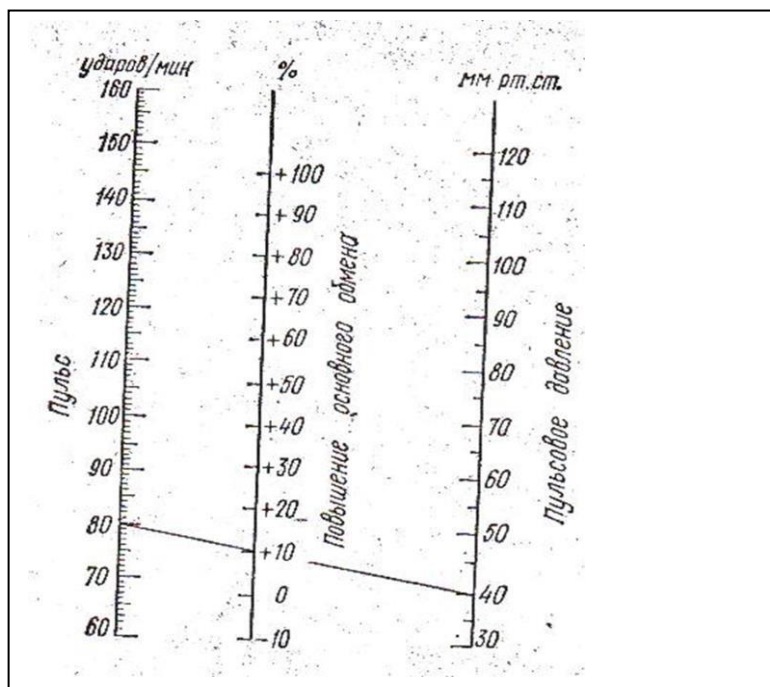


Рис. 3. Номограмма для формулы Рида

## **Работа 5. Определение пищевого статуса человека**

**Цель работы.** Овладеть методикой изучения и оценки пищевого статуса человека как средства выявления и профилактики нарушений здоровья алиментарного происхождения.

**Материалы и оборудование:** Сантиметровая лента, весы для измерения массы тела, номограмма В.И.

Воробьева для определения роста-массового показателя, ручной и становой динамометры, антропометр, толстотный или скользящий циркуль.

**Задание студентам:** определение и оценка пищевого статуса друг на друге.

### **Задания для самопроверки**

1. Женщина 35 лет – повар пищеблока. Рост 160 см, масса тела 88 кг, окружность грудной клетки 118 см, окружность поясницы 130 см, окружность таза 168 см, окружность средней части бедра 85 см. Толщина кожно- жировой складки: возле низа лопатки - 3,4 см, на задней части середины плеча - 4,3 см, на боковой поверхности живота - 5,1 см. Страдает одышкой, физическими упражнениями не занимается. Рассчитайте массо-ростовые и другие показатели, дайте обоснованную оценку пищевого статуса повара. Дайте рекомендацию по питанию.

2. Студентка 2-го курса медицинского вуза, 21 год, рост 170 см, масса тела 55 кг, окружность грудной клетки 81 см, окружность таза 97 см, окружность поясницы, окружность средней части бедра 48 см, толщина кожно-жировой складки: возле низа лопатки – 1,3 см, посередине задней поверхности плеча – 1,1 см, боковой поверхности живота – 2,2 см, боковой

поверхности грудной клетки – 1,0 см.

При осмотре тела студентки выявлены: бледность и сухость кожи, конъюнктивы, губ, синюшность ногтей, их ложкообразная форма, ломкость, общее исхудание, морщины на лице, ломкость и выпадение волос. Отмечается нарастание слабости, снижение работоспособности, быстрая утомляемость, сонливость, головные боли, ощущения онемения конечностей.

Рассчитайте необходимые показатели, составьте оценку пищевого статуса студентки, предложите ваши рекомендации.

При решении задачи воспользуйтесь таблицами, находящимися в разделе «Пищевой статус организма и методика его изучения» и приложениями.

### ***Контрольные вопросы***

1. Понятия, принципы и условия рационального питания.

2. Определение и показатели пищевого статуса организма.

3. Показатели энергетической и пластичной адекватности пищевого статуса (массо-ростовой показатель Брока, Кребса, индекс Кетле, толщина кожно-жировой складки и др.).

4. Показатели белковой адекватности пищевого статуса организма.

5. Показатели жировой, углеводной адекватности пищевого статуса организма. Признаки обеспечения организма непищевыми углеводами.

6. Признаки и показатели обеспечения организма макроэлементами, микроэлементами и витаминами.

Биохимические показатели пищевого статуса организма.

7. Методика медицинской оценки пищевого статуса человека.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Таблица для расчета основного обмена мужчин (1 ккал=4,19кДж)

А				Рост, см	Б														
Масса, кг	Калории	Масса, кг	Калории		Возраст, лет														
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
44	672	85	1235	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	685	86	1249	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	699	87	1263	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	713	88	1277	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	727	89	1290	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	740	90	1304	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	754	91	1318	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	768	92	1332	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	782	93	1345	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	782	94	1345	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	809	95	373	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	823	96	1387	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
56	837	97	1406	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	850	98	1414	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	864	99	1428	96	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	878	100	1442	100	153	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	892	101	1455	104	193	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	905	102	1469	108	233	208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	919	103	1483	112	273	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	933	104	1497	116	313	288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	947	105	1510	120	353	328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	960	106	1524	124	393	368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	974	10	1538	128	433	408	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	988	108	1552	132	473	448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
68	1002	109	1565	136	513	488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69	1015	110	1579	140	553	528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	1029	111	1593	144	593	568	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	1043	112	1607	148	633	608	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	1057	113	1620	152	673	648	619	605	592	578	565	551	538	524	511	497	484	470	457
73	1070	114	1634	156	713	678	669	625	612	598	585	571	558	544	531	517	504	490	477
74	1084	115	1648	160	743	708	659	645	631	618	605	591	578	564	551	537	524	510	497
75	1098	116	1662	164	773	738	679	665	652	638	625	611	598	584	571	557	544	530	517
76	1112	117	1675	168	803	768	699	685	672	658	645	631	618	604	591	577	564	550	537
77	1125	118	1689	172	823	788	719	705	692	678	665	651	638	624	611	597	584	557	548
78	1139	119	1703	176	843	808	729	725	718	698	685	671	658	644	631	617	604	590	577
79	1153	120	1717	180	863	828	759	745	732	718	705	691	678	664	651	637	624	610	597
80	1167	121	1730	184	883	848	779	765	752	738	725	711	698	684	671	657	644	630	617
81	1180	122	1744	188	903	868	799	785	722	758	745	731	718	704	691	677	664	650	637
82	1194	123	1758	192	923	888	819	805	792	778	765	751	738	724	711	697	684	670	657
83	1208	124	1772	196	--	908	839	825	812	798	785	771	758	744	731	717	704	690	677
84	1222	-	-	200	--	-	859	845	832	818	805	791	778	764	751	737	724	710	697



Таблица 2

Таблица для расчета основного обмена женщин (1 ккал=4,19кДЖ)

А				Рост, см	Б														
Масса, кг	Калории	Масса, кг	Калории		Возраст, лет														
					17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
44	1076	85	1468	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	1085	86	1478	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	1095	87	1487	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	1105	88	1497	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	1114	89	1506	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	1124	90	1516	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	1133	91	1525	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	1143	92	1535	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	1152	93	1544	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	1162	94	1554	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	1172	95	1564	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
55	1181	96	1573	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	1191	97	1583	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	1200	98	1592	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	1210	99	1602	96	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	1219	100	1661	100	5	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	1229	101	1621	104	11	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	1238	102	1631	108	27	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	1248	103	1640	112	43	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	1258	104	1650	116	59	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	1267	105	1659	120	75	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65	1277	106	1669	124	101	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	1286	107	1678	128	107	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67	1296	108	1688	132	123	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
68	1305	109	1698	136	139	130													
69	1315	110	1707	140	155	146													
70	1325	111	1717	144	171	162													
71	1334	112	1726	148	187	178													
72	1344	113	1736	152	201	192	183	174	164	155	146	136	127	117	108	99	89	80	71
73	1353	114	1745	156	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97	87	78
74	1363	115	1755	160	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	114	104	95	86
75	1372	116	1764	164	243	234	205	196	186	177	168	158	149	140	130	121	112	102	93
76	1382	117	1774	168	255	246	213	203	194	184	175	166	156	147	138	128	119	110	100
77	1391	118	1784	172	267	258	220	211	201	192	183	173	164	154	145	136	126	117	108
78	1401	119	1793	176	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134	123	115
79	1411	120	1803	180	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141	139	124
80	1420	121	1812	184	303	294	242	233	223	214	204	195	186	177	167	158	149	139	130
81	1430	122	1822	188	313	304	250	240	231	221	215	203	193	184	175	165	156	147	137
82	1439	123	1831	192	322	314	257	248	238	229	220	210	201	191	182	173	163	154	145
83	1449	124	1841	196	333	324	264	255	246	236	227	218	208	199	190	180	171	161	152
84	1458	-	-	200	-	334	272	262	253	244	234	225	216	206	197	188	179	169	160

## **Библиографический список**

### *Основной*

1. Смолин С. Г. Физиология и этология животных / С. Г. Смолин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 628 с. — ISBN 978-5-507-47087-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/326159>.

2. Максимов В.И. Основы физиологии и этологии животных: учебник / В.И. Максимов, В.Ф. Лысов. — 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 504с. - ISBN 978-5-8114-3818-1. - Текст: электронный //Электронно-библиотечная система «Лань»:[сайт].- URL:<https://e.lanbook.com/book/116378>.

3. Ряднов А.А. Физиология и этология животных: учебное пособие / А.А. Ряднов. - 2-е изд., доп. - Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2015. - 196 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система«Лань»:[сайт].-URL: <https://e.lanbook.com/book/76622>.

### *Дополнительный*

1. Зеленовский Н.В. Анатомия и физиология животных : учебник / Н.В. Зеленовский М.В. Щипакин, К.Н. Зеленовский ; под общей редакцией Н.В. Зеленовского. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. - 368 с. - ISBN 978-5-8114- 5336-8. -Текст: электронный // Электронно - библиотечная система

«Лань»:[сайт].- URL: <https://e.lanbook.com/book/139287>.

2. *Сравнительная физиология животных*: учебник / А.А. Иванов, О.А. Войнова, Д.А. Ксенофонтов, Е.П. Полякова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 416 с. - ISBN 978-5-8114-0932-7. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/564>.

3. *Шульговский В.В.* Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии: учебник –Москва: Академия, 2008.

4. *Семченко В.В.* Морфология животных: учебное пособие / В.В. Семченко, М.Н. Гонохова. — Омск: Омский ГАУ, [б. г.]. - 2017. - Часть 1 : Цитология, гистология и эмбриология - 121 с. - ISBN 978-5- 89764-631-9. — Текст: электронный // Электронно - библиотечная система «Лань» : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/102866>.

5. *Физиология и этология животных* / В.Г. Скопичев, А.И. Енукашвили, Н.А. Панова [и др.]. - Санкт-Петербург :СПбГАВМ, [б. г.]. —2016. — Часть 2: Иммунитет, кровообращение, дыхание, выделительная система, размножение и лактация. — 102с.-Текст: электронный// Электронно- библиотечная система «Лань»: [сайт].-URL: <https://e.lanbook.com/book/121326>.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
РАЗДЕЛ I. ПИЩЕВАРЕНИЕ	4
Работа 1. Выделение муцина слюны	4
Работа 2. Определение пищеварительной функции слюны	6
Работа 3. Определение активности ферментов слюны	7
Работа 4 Желудочный сок и его исследование	10
Работа 5. Желчь и её роль в пищеварении	16
Работа 6. Влияние пищеварительных факторов на нейрогуморальную систему	17
Работа 7. Влияние пищевых факторов на функцию пищеварительной системы	20
Работа 8. Влияние пищевых волокон на процессы пищеварения	23
РАЗДЕЛ II. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ	28
Работа 1. Прямая калориметрия (виртуальная физиология)	28
Работа 2. Газообмен как показатель энергетики организма (непрямая калориметрия)	32
Работа 3. Расчет основного обмена	38
Работа 4. Вычисление основного обмена по формуле Рида	39
Работа 5. Определение пищевого статуса человека	42
Приложение	46
Библиографический список	52

Составители:  
Баталова Светлана Владимировна

## **Физиология пищеваренияи обмена веществ**

Лабораторный практикум

Редактор

Подписано к печати 2025 г.

Формат 60х84 1/16.

Тираж экз.уч.-изд. л.,

усл. печ. л. 3,38.

Заказ № 2473

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.  
Тел. (383) 267-09-10. E-mail 2134539@mail.ru