

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ, ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Методические указания

Красноярск 2011

Рецензент

Е.А. Козина, канд. биол. наук,
доц. каф. кормления с.-х. животных

Составитель

С.Г. Смолин

Смолин, С.Г.

Физиология дыхания, обмена веществ и энергии: метод. указания / С.Г. Смолин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2011. – 28 с.

Даны методические указания к лабораторным исследованиям дыхания, обмена веществ и энергии, вопросы для самоподготовки и контроля знаний.

Предназначено для студентов 2-го курса очного и заочного отделений специальности 111201.65 «Ветеринария» и направлений 110500.62 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 110400.62 «Зоотехния», а также может быть использовано ветеринарными специалистами в практической работе при анализе вопросов дыхания, обмена веществ и энергии.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕМА 1. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ	4
Работа № 1. Механизм вдоха и выдоха	5
Работа № 2. Пневмография	6
Работа № 3. Наблюдение за движением мерцательного эпителия	7
Работа № 4. Исследование типа и частоты дыхательных движений	8
Работа № 5. Аускультация грудной клетки	10
Работа № 6. Перкуссия грудной клетки	12
Работа № 7. Жизненная емкость легких	14
Работа № 8. Диффузия газов в ткань легких	16
Работа № 9. Анализ воздуха на содержание кислорода и углекислого газа	17
ТЕМА 2. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ	17
Работа № 1. Методы изучения обмена белков и жиров	18
Работа № 2. Определение баланса жира	19
Работа № 3. Методы изучения газообмена у животных. Определение затрат энергии по газообмену	20
Работа № 4. Определение затрат энергии и распада питательных веществ у сельскохозяйственных животных по газообмену (масочный метод)	24
Работа № 5. Измерение температуры тела у животных (термометрия)	25
ЛИТЕРАТУРА	27

ВВЕДЕНИЕ

Оптимальный для метаболизма газовый состав организма – относительное постоянство двуокси углерода и кислорода в альвеолярном воздухе, крови и тканях – обеспечивается системой дыхания. В процессе метаболизма в клетках тканей постоянно используется кислород и образуется диоксид углерода. Система дыхания обеспечивает снабжение тканей кислородом и удаление диоксида углерода.

Дыхание – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление диоксида углерода, т. е. поддержание относительного постоянства диоксида углерода и кислорода в альвеолярном воздухе, крови и тканях.

Обмен веществ и энергии – совокупность процессов превращения веществ и энергии, происходящих в живых организмах, и обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой. Обмен веществ и энергии обеспечивается согласованной деятельностью всех систем организма, определяющих прием корма и воды, гидролиз питательных веществ и освобождение минеральных веществ и витаминов корма, всасывание, распределение, превращение и использование этих веществ, освобождение и использование энергии принятых питательных веществ, поддержание определенных концентраций обменных веществ в крови и тканях, определенной температуры тела, а также выведение из организма непереваренных и неусвоенных веществ, отдачу в окружающую среду образующейся тепловой энергии.

ТЕМА 1. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Дыхание – основной жизненный процесс, поддерживающий газообмен между организмом и окружающей средой, что обеспечивает постоянство протекающих процессов. Прекращение дыхания даже на самый короткий промежуток времени влечет за собой тяжелое состояние или даже смерть.

Дыхание млекопитающих животных включает следующие процессы:

- 1) обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких (внешнее дыхание или вентиляция легких);
- 2) обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью (диффузия газов в легкие);
- 3) обмен газов между кровью и тканями и потребление кислорода тканями (внутреннее дыхание);
- 4) транспорт газов кровью;
- 5) диффузия газов в тканях

Работа № 1. Механизм вдоха и выдоха

Дыхание характеризуется двумя последовательно протекающими фазами – вдохом и выдохом. Механизм этих процессов зависит от возбуждения дыхательного центра под влиянием нейрогуморальных факторов.

При вдохе грудная полость увеличивается, легкие расширяются, и атмосферный воздух поступает в дыхательные пути. При выдохе объем грудной полости уменьшается, легкие сжимаются и выдыхаемый воздух удаляется наружу.

Важное значение в этих процессах имеет диафрагма, которая принимает активное участие в дыхании.

Цель работы: определить роль диафрагмы в механизме дыхания, пронаблюдать на схеме механизм вдоха и выдоха, сделать выводы и записать в рабочую тетрадь.

Ход работы. Опыт проводится на свежем препарате легкого лягушки, лучше от кролика или кошки. У животных после убоя вскрывают грудную клетку и осторожно извлекают легкие с трахеей и сердцем. Помещают их в ванночку с физиологическим раствором, подогретым до 37 °С.

Смывают кровь, отделяют сердце, а легкие помещают в аппарат Дондерса, имитирующий грудную полость (рис. 1).

Модель Дондерса представляет собой широкогорлую бутылку 1, дно которой заменено резиновой мембраной 2, имитирующей диафрагму. Свежевырезанные легкие кролика или кошки 3, укрепленные внутри этой бутылки, сообщаются с наружным воздухом посредством трубки 4, ввязанной в трахею и выходящей через пробку, герметически закрывающую бутылку. Можно через пробку, которой закрывается бутылка, пропустить вторую трубку 5 в полость бутылки. Наружный конец этой трубки соединяют с манометром 6 и одновременно наблюдают за изменением объема легких.

Во время опыта оттягивают книзу мембрану, имитируют сокращение диафрагмы при вдохе и тем самым уменьшают внутриплевральное давление, при этом легкие расширяются. Затем возвращают мембрану в исходное положение при выдохе и повышают тем самым внутриплевральное давление, и легкие спадаются.

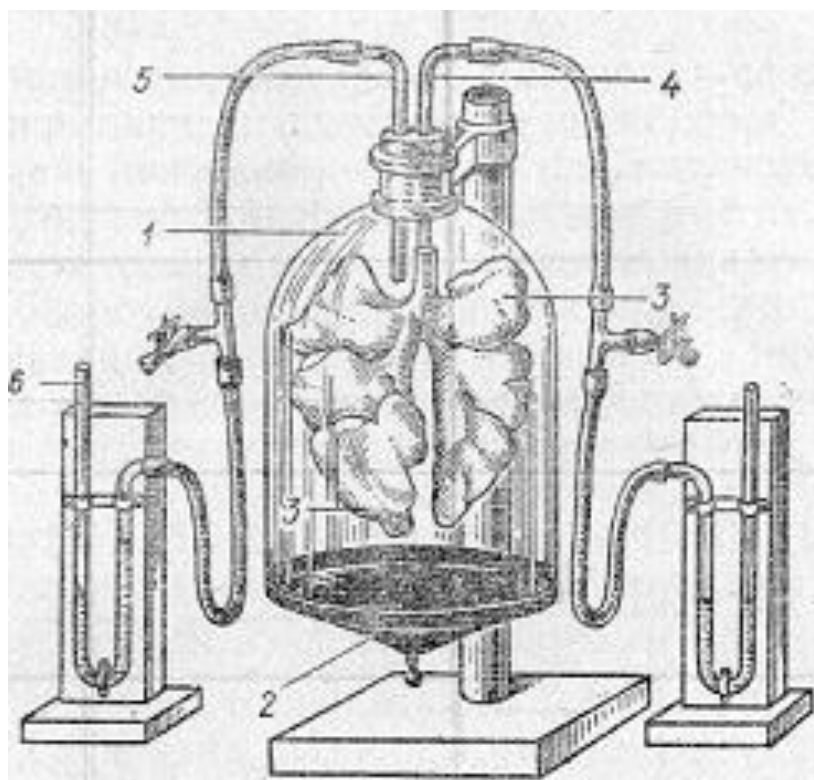


Рис. 1. Модель Дондерса

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Механизм вдоха.
2. Механизм выдоха.
3. Роль диафрагмы в процессе вдоха и выдоха.

Работа № 2. Пневмография

Исследование дыхательной системы имеет большое практическое значение, так как заболевание ее органов часто встречаются у животных при действии различных факторов. К графическим методам исследования дыхания относятся пневмография – запись дыхательных движений грудной клетки при помощи пневмографа, и ринография – запись струи выдыхаемого воздуха посредством стеклянной воронки, соединенной резиновой трубкой с записывающим прибором – мареевской капсулой.

Метод пневмографии дает возможность определить частоту дыхания, ритм и силу дыхательных движений грудной клетки, зафиксировать и наглядно представить различные изменения в дыхании.

На пневмограмме можно выявить изменения ритма дыхания, имеющие клинко-диагностическое значение, например, его прерывистость (саккадированное дыхание) и другие формы нарушений.

Цель работы: получить запись дыхательных движений – пневмограмму у телят, кролика, человека при покое и нагрузке (движении), зарисовать и дать анализ дыханию, т. е. подсчитать частоту дыхания, глубину, измерить высоту подъема пещика пневмографа, ритмичность.

Ход работы. Дыхательные движения регистрируют с помощью пневмографа, состоящего из резиновой камеры (манжетки), которую во время работы фиксируют на грудной клетке животного, и резиновой трубки для воздушной передачи давления с камеры на капсулу. Капсулу соединяют с пещиком (рис.2). Во время дыхания давление в резиновой камере изменяется соответственно вдоху и выдоху и передается на капсулу, а через нее на пещик, с помощью которого проводится запись пневмограммы на ленте пневмографа.

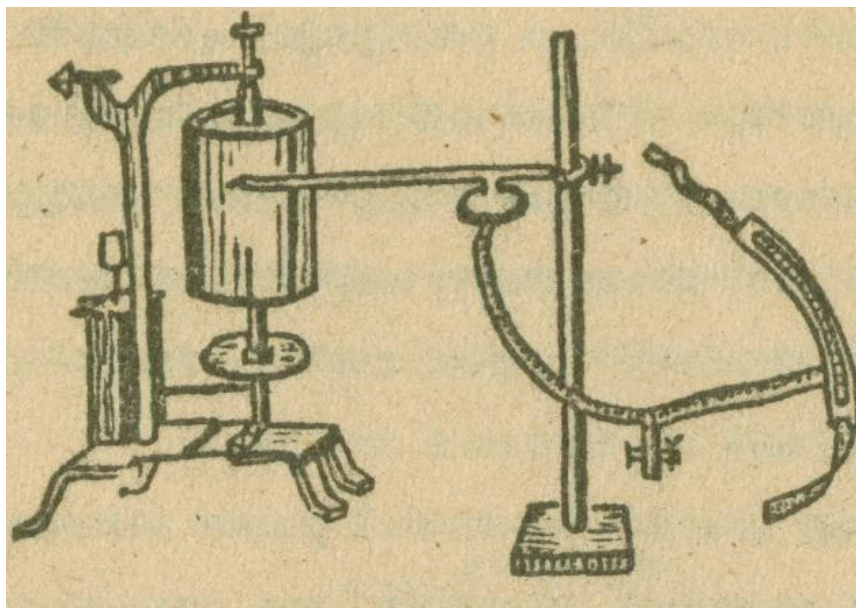


Рис. 2. Пневмограф

Работа № 3. Наблюдение за движением мерцательного эпителия

При акте вдоха воздух попадает в верхние воздухоносные пути. Проходя по ним, воздух очищается от пыли, согревается и увлажняется. Очистка воздуха от пыли особенно эффективна при носовом дыхании.

Мерцательный эпителий движением своих волосков передвигает слизь с задержанными ею частицами в полость носоглотки, оттуда она выбрасывается сокращением мышц.

Цель работы: пронаблюдать функцию мерцательного эпителия и измерить скорость движения частиц со слизью по слизистой пищевода лягушки.

Ход работы. У лягушки разрушить спинной и головной мозг, вырезать пищевод и разрезать вдоль.

Маленький кусочек пищевода положить на предметное стекло, смочить физиологическим раствором и рассмотреть под микроскопом, пронаблюдать движения мерцательного эпителия.

Полоску пищевода прикрепить к пробковой пластинке и насыпать на ее поверхность инородных частиц (угольную пыль или кусочки пробки). Определить время передвижения инородных частиц.

Сделать выводы и записать в рабочую тетрадь.

Работа № 4. Исследование типа и частоты дыхательных движений

Частота дыхательных движений неодинакова у различных видов и зависит от многих факторов: интенсивности обмена веществ, мышечной работы, температуры окружающей среды, продуктивности животных и др.

Цель работы: определить частоту дыхательных движений у сельскохозяйственных животных (лошадь, крупный рогатый скот, кролик), установить тип дыхания, дать характеристику дыхания.

Ход работы. Тип дыхания устанавливают по степени участия в акте дыхания грудных и брюшных мышц. В норме у большинства животных обнаруживают смешанный, или грудобрюшной (костоабдоминальный), тип дыхания, лишь у собак и пушных зверей преобладает грудной тип дыхания.

Количество дыхательных движений в минуту определяют подсчетом движений грудной клетки, брюшной стенки (пахов) или хвоста. Частоту дыхания можно определить также по движению крыльев носа у лошади и кролика, по струе выдыхаемого воздуха (в холодное время), а также прикладыванием руки к ноздрям, что позволяет ощущать движение выдыхаемого воздуха.

При подсчете дыхательных движений подъем и опускание грудной или брюшной стенки принимают за одно дыхание. Количество дыханий в 1 минуту у здоровых животных см. в таблице 1.

На частоту дыхания оказывает влияние пол, возраст, порода животного, упитанность, внешняя температура, влажность воздуха, время дня и года, беременность, степень наполнения желудочно-кишечного тракта, работа и нервное возбуждение, положение тела в пространстве.

Тип дыхания определяют по движению грудных и брюшных стенок.

Дать характеристику дыхания по количеству дыхательных движений, ритмичности, глубине.

Результаты исследований записать в рабочую тетрадь.

Таблица 1

Частота дыхательных движений у животных в 1 мин

Животное	Частота	Животное	Частота
Лошадь	8–12	Собака	10–30
Крупный рогатый скот	10–30	Кошка	10–25
Овца	8–20	Кролик	50–60
Коза	10–18	Куры	22–25
Свинья	8–18	Голубь	50–70
Верблюд	5–12	Крыса	100–150
Олень	8–16	Мышь	200

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Пневмография и ее значение.
2. Роль мерцательного эпителия в дыхании.
3. Типы дыхания.
4. Определение частоты дыхания у животных.
5. Влияние различных факторов на частоту дыхания.

Работа № 5. Аускультация грудной клетки

Цель работы: установить характер и силу шумов, возникающих в грудной клетке в процессе функционирования органов дыхания.

Ход работы. Различают аускультацию посредственную и непосредственную. Техника аускультации зависит от вида животных, характера подозреваемого процесса и других факторов.

Чтобы провести непосредственную аускультацию, становятся сбоку от зафиксированного животного лицом к его голове, кладут руку на спину животного и выслушивают левое легкое правым ухом, а правое легкое – левым. При аускультации задних отделов легких у беспокойных и злых животных становятся лицом к хвосту животного и выслушивают левое легкое левым ухом, а правое – правым. У мелких животных аускультацию лучше проводить с помощью инструментов (стетоскопов, фонендоскопов), расположив животное на столе и стоя сзади него (рис. 3).

При аускультации грудной клетки в норме обнаружены физиологические дыхательные шумы. К ним относят везикулярное и бронхиальное дыхание. *Везикулярное дыхание* прослушивают на грудной клетке как нежный дующий шум, напоминающий звук произношения буквы «Ф» при средней силе вдоха. Оно слышно во время вдоха и вначале выдоха. В норме такое дыхание на различных участках грудной клетки прослушивается с неодинаковой силой. *Бронхиальное дыхание* представляет собой видоизмененный звук стеноза гортани, проведенный до бронхов и прослушиваемый на грудной клетке. Оно напоминает звук, возникающий при произношении буквы «Х» с сильным глубоким вдохом и выдохом. В норме бронхиальное дыхание (с примесью везикулярного шума) прослушивают на грудной клетке в области лопатко-плечевого пояса (первые три межреберья) у всех животных, кроме лошадей, ослов, мулов и верблюдов.

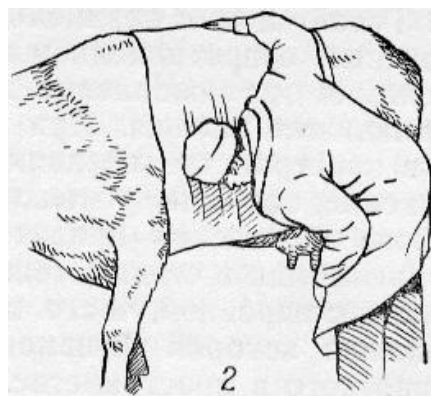
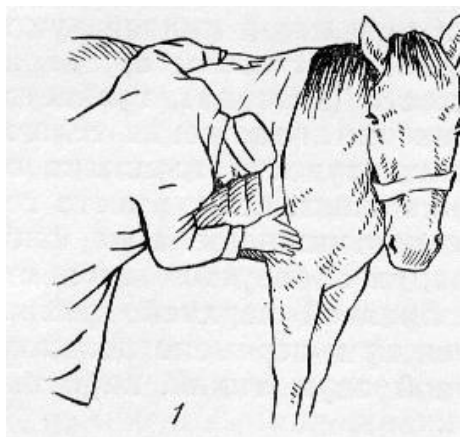


Рис. 3. Аускультация грудной клетки:

1, 2 – ухом (непосредственная) у лошадей и коровы; 3, 4 и 5 – фонендоскопом (посредственная) у коровы, козы и собаки

Провести аускультацию грудной клетки в состоянии покоя, а затем после небольшой пробежки животного.

Записать результаты и сделать выводы.

Работа № 6. Перкуссия грудной клетки

Поле перкуссии легких – область грудной клетки, на которой у здоровых животных выявляют ясный легочный звук, имеет вид треугольника и ограничена тремя границами: передней, верхней и задней. Устанавливают их по переходу ясного легочного звука в тупой, притупленный или тимпанический.

Передняя перкуторная граница начинается от заднего угла лопатки, идет вниз по линии анконеусов к грудной кости.

Верхняя перкуторная граница начинается от заднего угла лопатки и проходит каудально, параллельно остистым отросткам грудных позвонков, отступая от них у крупных животных на ширину ладони (у истощенных – 3–4 пальца), а у мелких – на 2 пальца.

Задняя перкуторная граница легких имеет наибольшее клиническое значение. Ее положение определяют при перкуссии по трем горизонтальным линиям: линии маклока, линии седалищного бугра, линии плечевого сустава (табл. 2).

Таблица 2

Положение задней перкуторной границы легких у разных видов животных

Животные	Кол-во ребер	Последний межреберный промежуток, в котором перкутируется легкое		
		По линии маклока	По линии седалищного бугра	По линии плечевого сустава
Крупный рогатый скот, овцы и козы	13	Слева – 11-й, справа – 10-й	Линия седалищного бугра совпадает с линией маклока	8-й
Лошади	18	16-й	14-й	10-й
Свиньи	14	11-й	9-й	7-й
Собаки	13	11-й	10-й	8-й

Цель работы: определить границы легких и характер перкуторного звука.

Ход работы. У крупных животных проводят инструментальную перкуссию, у мелких – чаще дигитальную. При топографической перкуссии, то есть при определении границ легких, применяют слабую перкуссию. При сравнительной перкуссии, выполняемой с целью выявления изменений в легких и плевральной полости, используют короткую, отрывистую перкуссию. Ее проводят по межреберьям сверху вниз. При сильной перкуссии колебания перкутируемых тканей распространяются в глубину до 7 см и по поверхности на 3-4 см. В норме перкуторный звук легких ясный (громкий), полный (продолжительный), довольно низкий и атимпанический (ясный легочный перкуторный звук).

У крупного рогатого скота, кроме позадилопаточного поля перкуссии, находится еще предлопаточное поле, которое лучше выявлять при отведении грудной конечности назад. Начинается оно от грудной кости, идет вверх почти до середины высоты лопатки, над плечевым суставом достигает ширины 6–8 см. При перкуссии этого поля устанавливают ясный легочный звук (рис. 4).

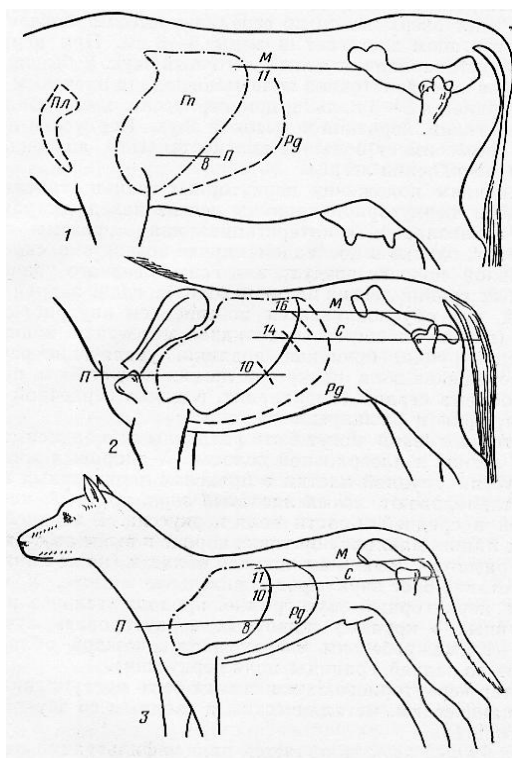


Рис. 4. Поле перкуссии легких (левая сторона):

1 – у крупного рогатого скота; 2 – у лошади; 3 – у собаки; М – линия маклока; С – линия седалищного бугра; П – линия плечевого сустава; Рq – реберная дуга; Пл – предлопаточное поле перкуссии; Гп – грудное (позадилопаточное) поле перкуссии; 8, 10, 11, 14 и 16 – соответствующие межреберья

Записать результаты и сделать выводы.

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Какими методами исследуют дыхание у животного?
2. Как проводят непосредственную и посредственную аускультацию у животных?
3. Как определить везикулярное дыхание у животного?
4. Что представляет собой бронхиальное дыхание?
5. Что понимают под перкуссией?
6. Виды перкуссий.
7. Какой перкуторный звук легких в норме у животного?

Работа № 7. Жизненная емкость легких

Максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха, называется жизненной емкостью легких (ЖЕЛ). ЖЕЛ является показателем подвижности легких и грудной клетки. После максимального выдоха в легких остается еще часть воздуха – остаточный. Этот воздух остается в легких и после смерти животного. В состав жизненной емкости легких остаточный воздух не входит.

Жизненная емкость легких и объем остаточного воздуха составляют общую емкость легких.

Жизненная емкость легких складывается из дыхательного, дополнительного и резервного воздуха.

Цель работы: определить жизненную емкость легких, ее составные части у человека и ознакомиться с методикой определения жизненной емкости у животных.

Ход работы. Определение жизненной емкости и ее составных производится у животных под наркозом, при вдыхании смеси с высоким содержанием CO_2 из мешка, наполненного газовой смесью. (Методику работы см.: Практическое руководство по физиологии сельскохозяйственных животных / под ред. В.И. Георгиевского. – М., 1976).

Для определения жизненной емкости у человека используют спирометр водяной или сухой портативный. Тутчинсон – создатель спирометра и метода спирометрии – является автором классификации легочных объемов.

Водяной спирометр считается готовым к работе, если:

- 1) внутренний цилиндр при открытой пробке полностью опущен во внешний цилиндр;

- 2) верхнее отверстие внутреннего цилиндра закрыто пробкой;
- 3) уровень воды во внешнем цилиндре находится на отметке «0».

После установки спирометра в нулевое положение и обработки мундштука спиртом приступают к измерению легочных объемов.

Спирометр сухой портативный устанавливают в нулевое положение, обрабатывают мундштук спиртом и накладывают марлевую салфетку. Испытуемый делает максимально глубокий вдох и затем максимально глубокий медленный выдох в спирометр через мундштук. По шкале спирометра отмечают объем воздуха – жизненную емкость легких.

Определение дыхательного воздуха

Спирометр установить в нулевое положение. Испытуемый при спокойном дыхании делает несколько выдохов в спирометр (вдох через нос, выдох – через рот). После 4-6 дыханий по шкале записывают объем выдыхаемого воздуха и делят его на количество дыханий.

Определение резервного воздуха

Испытуемый после спокойного выдоха задерживает дыхание, берет в рот мундштук и делает глубокий выдох в спирометр. Записать показания шкалы.

Определение дополнительного воздуха

Испытуемый после нескольких спокойных вдохов и выдохов делает очередной вдох, задерживает на мгновение дыхание и, взяв мундштук в рот, делает максимально глубокий вдох из спирометра. По шкале определить объем воздуха дополнительно вдохнутого.

Сумму дыхательного, дополнительного и резервного воздуха сравнить с величиной жизненной емкости. Разница не должна превышать 10 %.

Записать результаты исследований и дать оценку в сравнении с физическими нормами.

У человека жизненная емкость легких равна 3500–5000 мл, в том числе на дыхательный воздух приходится 500–800 мл, на дополнительный и на резервный по 1500–2000 мл. У взрослого крупного рогатого скота и лошадей жизненная емкость легких составляет 29–30 л, из них на дыхательный воздух приходится 5–6 л, на дополнительный и резервный по 12 л. Величина остаточного воздуха у человека 1 л, а у лошади 10 л.

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Что такое жизненная емкость легких, и из каких объемов она состоит?
2. Методика определения жизненной емкости легких и ее составных частей у человека и животных?
3. Физические показатели вентиляции легких.

Работа № 8. Диффузия газов в ткань легких

Газообмен в легких осуществляется в результате диффузии углекислоты из крови в альвеолы легкого, а кислорода из альвеол в кровь. Диффузия газов происходит в силу разности парциального давления в альвеолярном воздухе и напряжения их в крови. Механизм этого явления можно пронаблюдать при изучении диффузии углекислоты в легкие.

Диффузия углекислоты

Разрушают у лягушки спинной и головной мозг и прикрепляют ее к пробковой пластинке спиной вниз. Края нижней челюсти надрезают и оттягивают вниз или совсем отрезают нижнюю челюсть. Пришивают ниткой один из краев голосовой щели и, подтягивая его за эту нитку, вводят канюлю в трахею. С помощью хирургической иглы обводят нитку вокруг трахеи (вкладывая кривую иглу в ткани, окружающие трахею) и закрепляют трахею на канюле, плотно завязав нитку хирургическим узлом. Раздув слегка через канюлю легкие, зажимают зажимом короткую резиновую трубку, надетую на свободный конец канюли. Вскрывают грудную полость лягушки, осторожно отделяют легкие от тела. Легкие слегка раздувают и помещают в склянку, сквозь которую пропускают углекислый газ из аппарата Киппа (рис. 5).

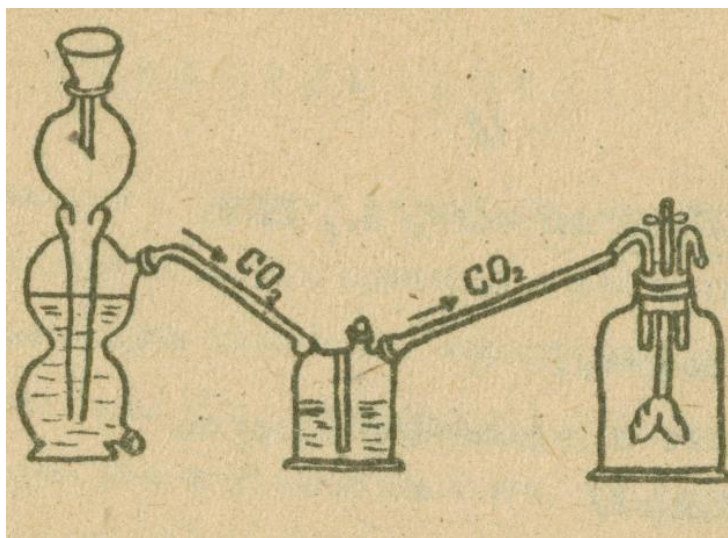


Рис. 5. Аппарат Киппа

Теперь внутри легких находится воздух, мало отличающийся по составу от атмосферного, снаружи – углекислый газ.

Газы диффундируют сквозь стенку легкого в сторону меньшего парциального давления, поэтому азот и кислород, находящиеся внутри легкого, диффундируют в склянку, а углекислый газ из склянки – внутрь легкого. Углекислота диффундирует сквозь стенку легкого (как и сквозь другие ткани) значительно быстрее других газов, поэтому легкие постепенно увеличиваются в объеме, раздуваются и могут даже лопнуть.

Работа № 9. Анализ воздуха на содержание кислорода и углекислого газа

Определение процентного содержания газов во вдыхаемом и выдыхаемом животными воздухе позволяет определить количество потребляемого в единицу времени кислорода и выделенного углекислого газа, т. е. интенсивность газообмена. Эти данные могут быть использованы при расчете затрат энергии и учета распада питательных веществ.

Цель работы: проанализировать газовый состав воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого животным.

Ход работы. См.: Практическое руководство по физиологии сельскохозяйственных животных / под ред. В.И. Георгиевского. – М., 1976.

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.
2. Легочная вентиляция.
3. Методика определения легочной вентиляции.
4. Регуляция легочного дыхания.

ТЕМА 2. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Обмен веществ и энергии – важный процесс жизнедеятельности. Он включает два взаимосвязанных процесса – ассимиляцию (анаболизм) и диссимиляцию (катаболизм). В процессе ассимиляции происходит образование живого вещества, а в процессе диссимиляции оно разрушается с выделением энергии, используемой организмом для

жизнедеятельности. От характера и уровня обмена веществ зависит здоровье и продуктивность животных.

Изучение уровня обмена веществ и энергии у животных имеет практическое значение в целях контроля за состоянием здоровья и правильной организации кормления и содержания животных.

Работа № 1. Методы изучения обмена белков и жиров

Цель работы: ознакомиться с методикой балансовых расчетов обмена белка и жира.

Ход работы. Для исследования обмена белковых веществ применяют балансовый метод, позволяющий судить по балансу азота о количестве поступивших и разрушенных в нем белковых веществ.

Как известно, в состав белковой молекулы и продуктов обмена белков входит азот. Показателем белкового обмена в организме служит азотистый баланс, т. е. соотношение количества азота, находящегося в выделениях животного (в основном в моче и кале) и принятом корме.

Азотистый баланс может быть:

1. Положительным – преобладание поступления азота над его выведением, наблюдается в период роста, беременности, при откорме.

2. Отрицательным – азота выводится больше, чем поступает с кормом, наблюдается при голодании, заболеваниях.

3. Азотистое равновесие – азота поступает и выводится равное количество, наблюдается в период законченного роста и развития.

При расчете белкового баланса исходят из того, что в белке содержится азота от 14 до 19 %, в среднем 16 %. Следовательно, в 1 г азота содержится в $100/16 = 6,25$ г белка (азотистый коэффициент белка).

Мясо содержит 21 % белка. Отсюда 1 г белка соответствует $100/21=4,8$ г мяса, а 1 г азота – $6,25 * 4,8 = 30$ г мяса (азотистый коэффициент мяса).

Примерная задача: собаке дано за сутки 300 г мяса. С мочой и калом выделилось 15 г азота. Определить азотистый баланс.

Решение 1.

С мясом принято $300 : 30 = 10$ г азота

Принято азота 10 г

Выделено 15 г

Азотистый баланс 5 г (отрицательный)

Решение 2.

Дополнительно распадались белковых веществ для восполнения потребностей $5 \text{ г} * 6,25 = 31 \text{ г}$ белка или $31 \text{ г} * 4,8 = 148,8 \text{ г}$ мяса.

Вывод: белковый рацион животного недостаточен, он не возмещает распада белков тела. Белковый минимум в данном случае должен составлять 15 г белкового азота в сутки.

Работа № 2. Определение баланса жира

Жиры и липоиды являются в основном источником энергии и лишь в небольшом количестве – пластическим материалом.

В молекулу нейтрального жира входит углерод, кислород и водород, следовательно – те же элементы, что содержатся в других органических веществах. Расчет баланса жира можно вести по количеству поступающего и выделяемого углерода.

Но при этом необходимо исключить при подсчете то количество углерода, которое содержится в полученном и выводимом организмом белке.

Поэтому расчет жирового обмена можно начинать с вычисления белкового (азотистого) обмена. Углеродом, который содержится в углеводах можно пренебречь, ибо известно, что углеводы являются чисто энергетическим материалом, быстро сгорают в организме и в значительных количествах не задерживаются.

Для расчета баланса жиров используют следующие коэффициенты:

1. Углеродистый коэффициент белковой молекулы, он равен 3,3 г углерода, который приходится на 1 г азота.

В белковой молекуле 53 % углерода, 16 % азота, на 1 г азота $53/16 = 3,3 \text{ г}$ углерода.

2. Углеродистый коэффициент жира, он равен 1,3 г, т. е. при распаде 1,3 г жира выделяется 1 г углерода.

В жире углерода содержится 77 %. Следовательно, в 1 г «жирового углерода» содержится в $100/77 = 1,3 \text{ г}$ жира.

Примерная задача: собака ежедневно съедала 500 г мяса и 200 г жира, а выделяла с мочой и калом 12,6 г азота и 135,7 г углерода с мочой, калом и выдыхаемым воздухом.

Решение: 500 г мяса содержат $500 : 30 = 16,6 \text{ г}$ азота. В таком количестве белка должно содержаться $16,6 * 3,3$ (углеродистый коэффициент жира) = 54,7 углерода («жирового»).

Итак, принято с кормом

500 г мяса – 16,6 г азота и 54,7 г углерода

200 г жира : 1,3 = 153,8 г углерода

Всего 16,6 г азота, 208,5 г углерода

Выделено 12,6 г азота, 135,7 г углерода

Баланс +4,0 г азота, +72,8 г углерода.

Таким образом, баланс азота и жира положительный.

Каждому студенту дается задача для самостоятельной работы.

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Физиологическая роль белков, жиров и углеводов. Различие в их физиологической роли.
2. Методы учета белкового и жирового обмена.
3. Значение определения баланса белка, жира у сельскохозяйственных животных.
4. Белковый минимум для сельскохозяйственных животных. Биологическая ценность белков.

Работа № 3. Методы изучения газообмена у животных.

Определение затрат энергии по газообмену

Уровень энергетического обмена отражает напряженность физиологических процессов в организме и является интегральным показателем обмена веществ. Учет выделяемой энергии можно определить методами прямой и непрямой калориметрии.

Цель работы: разобрать методы изучения газообмена и провести опыт с мелкими животными по изучению газоэнергетического обмена.

Прямая калориметрия производится в специальных (калориметрических) камерах, улавливающих отдаваемое организмом тепло. Существуют два типа калориметров – водяные и газовые.

Водяной калориметр состоит из двух металлических камер разного объема, между стенками этих камер находится вода. Тепло, продуцируемое животным, помещенным в камеру, передается через металлические стенки и согревает воду. Количество выделенного тепла определяется по степени повышения температуры воды. Использование калориметров для крупных животных представляет определенную трудность. Поэтому удобнее затраты энергии в организме учитывать методом непрямой калориметрии, основанной на определении газообмена. Непрямая калориметрия проводится на учете количества

выделенного углекислого газа и потребленного кислорода, при этом проявляется определенная зависимость между этими величинами.

Эта зависимость выражается тепловым эквивалентом. Тепловой эквивалент обозначает количество энергии, возникающей в организме при расходовании одного литра кислорода (тепловой эквивалент кислорода) и при выделении одного литра углекислого газа (тепловой эквивалент угольной кислоты). При использовании непрямой калориметрии определяют, сколько животное поглощает кислорода и выделяет углекислого газа за определенное время. При непрямой калориметрии используют два метода: камерный и масочный. Камерный метод для мелких животных, масочный – для крупных.

Ход работы. Провести опыт по изучению газообмена у кролика или крысы камерным методом. С целью точного определения расхода энергии у животных применяют дыхательные камеры, оборудованные установками для измерения поглощаемого в течение опыта кислорода и выделяемой углекислоты по методу Н.Н. Шатерникова.

Для ориентировочного обмена у мелких животных можно использовать упрощенную пневматическую камеру. В этом опыте достаточно узнать состав воздуха камеры за время нахождения в ней животного. Для этих целей можно использовать также респираторную камеру по Н.В. Данилову (рис. 6).

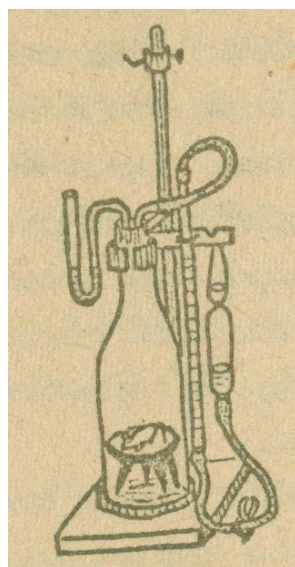


Рис. 6. Респираторная камера по Н.В. Данилову

1. В манометр налить спирт, а в напорный сосуд – подкисленную и подкрашенную воду. На столик поместить животное, бутылку опустить на дно, смазанное вазелином. На уровне менисков спирта в манометре установить резиновые колечки. Установить уровень воды в измерительной пипетке на одном из нижних делений, закрыть зажим.

2. Отметить время начала опыта, открыть зажим. Через 4–5 мин при исходном положении менисков в манометре отметить новый уровень жидкости в измерительной бюретке. Найденный уровень прироста объема жидкости показывает разницу между поглощенным O_2 и выделенным CO_2 (при ДК < 1).

3. Отсоединить измерительную бюретку от сосуда, приподнять сосуд и положить под столик известковый химический поглотитель. Опустить сосуд в слой вазелина и проделать то же, что и в первой части опыта.

4. Разница между показаниями измерительной пипетки при первом и втором измерениях указывает на количество поглощенного животным кислорода.

5. Измерить температуру и давление воздуха для того, чтобы объемы газов привести к нормальным величинам. Для этого провести расчеты по формуле для $V - O_2$ и $V - CO_2$:

$$V_0 = V_t * \frac{P_t - B}{760(1 + 0.00367 * t)},$$

где V_0 – объем газа при $0^\circ C$ и 760 мм рт. ст.;

V_t – объем газа при температуре опыта;

P_t – барометрическое давление в момент опыта;

B – напряжение водяного пара, насыщающего пространство при данной температуре, находят по таблице 1;

t – средняя температура воздуха около сосуда.

6. Найти дыхательный коэффициент (ДК), это есть отношение объема выделенного CO_2 к объему поглощенного O_2 ,

$$\text{т. е. ДК} = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}; 17/20 = 0,85.$$

7. По дыхательному коэффициенту провести расчеты выделенной энергии и распад питательных веществ.

Пример: крыса находилась в сосуде 5 мин, ДК = 0,85. За это время

она поглотила 20 мл O_2 и выделила 17 мл CO_2 . $\frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} = 17/20 = 0,85$.

По показателям потребленного кислорода и величине дыхательного коэффициента вычислить затраты энергии за 5 мин. В табл. 3 находим калорический эквивалент 1 л кислорода при данном ДК, он составляет 20,360 кДж.

Животное за 5 минут выделило
 1 л O₂ – 20,360 кДж
 0,020 – X
 X=0,020 · 20,360/1 = 0,4 кДж.

Таблица 3

Калорический эквивалент 1 л O₂ при разных величинах ДК

ДК	кДж	ДК	кДж	ДК	кДж
0,71	19,636	0,81	20,151	0,91	20,666
0,72	19,686	0,82	20,201	0,92	20,716
0,73	19,736	0,83	20,256	0,93	20,766
0,74	19,791	0,84	20,306	0,94	20,821
0,75	19,841	0,85	20,360	0,95	20,871
0,76	19,896	0,86	20,411	0,96	20,921
0,77	19,946	0,87	20,461	0,97	20,976
0,78	19,996	0,88	20,515	0,98	21,027
0,79	20,050	0,89	20,566	0,99	21,076
0,80	20,101	0,90	20,616	1,00	21,131

Для учета распада питательных веществ за период опыта необходимо определить величину затрат кислорода на питательные вещества, учитывая данные распределения кислорода на окисление белков, жиров и углеводов при ДК = 0,85 (табл. 4).

Таблица 4

Распределение кислорода на окисление белков, жиров и углеводов при ДК

ДК	Распределение O ₂ на питательные вещества, %		
	Белки	Углеводы	Жиры
0,97	15	85	0
0,95	15	78	7
0,90	15	61	24
0,85	15	44	41
0,80	15	26	59
0,75	15	9	76
0,70	15	0	85

На окисление белков идет

20 мл – 100 %

X – 15, X = 3 мл O₂;

жиров 20 мл – 100 %

X – 41, X = 8,2 мл O₂;

углеводов 20 мл – 100 %

X – 44, X = 8,8 мл O₂.

Для расщепления 1 г питательных веществ в организме затрачивается следующее количество кислорода, мл:

на 1 г (1000 мг) белка – 966,3;

жира – 2019,3;

углеводов – 828,8.

Следовательно, в организме подопытного животного распалось:
белков: 1 г – 966,3 мл O₂

X – 3 мл O₂, X = $\frac{3}{966,3} * 1000 \text{ мг} = 3,1 \text{ мг}$;

жиров: 1 г – 2019,3 мл O₂

X – 8,2 мл O₂, X = $\frac{8,2}{2019,3} * 1000 \text{ мг} = 4,1 \text{ мг}$;

углеводов: 1 г – 828,8 мл O₂

X – 8,8 мл O₂, X = $\frac{8,8}{828,8} * 1000 \text{ мг} = 10,6 \text{ мг}$.

Имея эти показатели, можно рассчитать количество распавшихся веществ в сутки, сравнить с уровнем поступления с рационом и дать оценку обеспеченности организма питательными веществами.

Работа № 4. Определение затрат энергии и распада питательных веществ у сельскохозяйственных животных по газообмену (масочный метод)

Использование специальных калориметрических камер для крупных животных представляет определенную трудность.

Поэтому удобнее затраты энергии и распад питательных веществ учитывать методом непрямой калориметрии, основанной на использовании специальных масок для животных (респираторные маски). Чтобы сделать расчеты, необходимо иметь следующие показатели: количество потребленного кислорода и выделенного углекислого газа, величину дыхательного коэффициента, табличные данные (см. работу № 3).

Ход определения. Для получения выдыхаемого воздуха на голову животного надевают респираторную маску, соединяют ее с газовыми часами и мешком Дугласа. Собирают и учитывают выдыхаемый воздух в течение 5 мин. Определяют температуру воздуха и барометрическое давление во время проведения опыта. Подсчитывают количество дыхательных движений и устанавливают объем выдыхаемого воздуха за 1 мин. Берут пробы воздуха из мешка Дугласа и помещения, анализируют на содержание O_2 и CO_2 , проводят все расчеты согласно опыта в работе 3.

Работа № 5. Измерение температуры тела у животных (термометрия)

По температуре тела животных делят на две большие группы. К одной принадлежат так называемые пойкилотермные (холоднокровные) животные. Температура их тела пассивно изменяется вслед за колебаниями температуры внешней среды. К ним относятся рептилии, земноводные, насекомые.

Другую группу составляют гомойотермные (теплокровные) животные – птицы и млекопитающие. Они способны поддерживать стабильную температуру внутренних частей тела на определенном уровне. Такое постоянство температуры тела называют изотермией.

В процессе обмена веществ в тканях постоянно образуется тепло и происходит отдача его в окружающую среду, что обеспечивает тепловой баланс. Однако независимо от изменения температуры окружающей среды температура тела животного остается на относительно постоянном уровне и находится в пределах $37,5 \dots 40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ (у птиц – $40,5 \dots 43,0 \text{ } ^\circ\text{C}$). Такая температура является оптимальной для ферментов тканей.

Поддержание температуры тела обеспечивают два основных процесса: теплопродукция и теплоотдача. Теплопродукция осуществляется во всех тканях организма в процессе окисления белков, жиров и углеводов. Теплоотдача осуществляется в основном с поверхности тела, кожи (температура которой определяется состоянием сосудов), путем испарения пота и влаги со слизистых органов дыхания.

В регуляции температуры тела животных участвуют нервные и гуморальные механизмы.

Основной центр, регулирующий температуру тела животного, – это гипоталамус. В его передней части расположен центр теплоотдачи, а в задней – центр теплообразования.

Цель занятия: освоить методику и определить температуру тела и отдельных участков кожи животного.

Методика работы

Температуру животного измеряют в прямой кишке с помощью ветеринарного или медицинского термометра. Перед измерением термометр осторожно встряхивают, чтобы столбик ртути опустился, протирают его дезинфицирующим раствором и смазывают вазелином. Подготовленный таким образом термометр вращательными движениями вводят в прямую кишку животного на 5–10 минут. Чтобы он не выпал, его привязывают шелковой нитью к зажиму, который укрепляют на волосяном покрове животного в прилегающей области. Температуру тела у животных составляют данные в табл. 5.

Температуру поверхности кожи животного измеряют полупроводниковым микротермометром, принцип работы которого основан на дистанционном измерении температуры с помощью полупроводникового сопротивления. Термощуп прибора прикладывают к любому участку поверхности кожи и по отклонению стрелки учитывают температуру.

Таблица 5

Средняя температура тела и температура поверхности кожи животных

Вид животного	Температура тела при измерении в прямой кишке		Температура кожи
	Средняя	Колебания	
Лошадь	38,0	37,5 – 38,5	27,0 – 32,0
Корова	39,0	37,5 – 39,5	32,0 – 35,0
Теленок	38,0	37,5 – 39,5	–
Буйвол	38,0	37,0 – 38,5	–
Верблюд	38,0	37,5 – 38,5	–
Олень	38,0	38,0 – 38,5	–
Овца	40,0	38,0 – 41,0	26,2 – 30,0
Коза	39,0	38,5 – 40,0	38,2 – 38,4
Свинья	39,5	38,0 – 40,0	35,0 – 38,0
Кролик	39,0	38,5 – 39,7	32,0 – 36,0
Собака	38,5	37,5 – 39,5	26,2 – 28,7
Кошка	38,0	38,2 – 38,9	–
Курица	41,0	40,3 – 42,0	–
Индейка	41,0	40,0 – 41,5	–
Утка	43,0	41,0 – 43,0	–
Гусь	41,0	40,0 – 41,0	–

Вопросы для самоподготовки и контроля знаний

1. Методы изучения обмена энергии.
2. Расчет распада питательных веществ по данным газообмена.
3. Особенности обмена энергии у сельскохозяйственных животных.
4. Теплообразование и регуляция этого процесса.
5. Теплоотдача, методы изучения.
6. Температура тела у сельскохозяйственных животных и методика измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скопичев, В.Г. Физиология животных и этология / В.Г. Скопичев, Т.Э. Эйсымонт. – М.: КолосС, 2004. – 720 с.
2. Лысов, В.Ф. Основы физиологии и этологии животных / В.Ф. Лысов, В.И. Максимов. – М.: КолосС, 2004. – 248 с.
3. Лысов, В.Ф. Практикум по физиологии и этологии животных / В.Ф. Лысов [и др.]; под ред. В.И. Максимова. – М.: КолосС, 2005. – 256 с.
4. Битюков, И.П. Практикум по физиологии сельскохозяйственных животных / И.П. Битюков, В.Ф. Лысов, Н.А. Сафонов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 256 с.
5. Голиков, А.Н. Физиология сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков. – 3-е изд. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
6. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 511 с.

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ, ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Методические указания

Составитель
С.Г. Смолин

Редактор
О.Ю. Потапова

Санитарно–эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от .01.2010 г.

Подписано в печать 02.03.2011 г. Формат 60×84/16. Бумага тип №1.

Офсетная печать. Объем Тираж 110 экз. Заказ №

Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117