

581.5

Ш59

И. А. ШИЛОВ

581.5

5

Ш

ПРАКТИКУМ  
*по экологии*  
НАЗЕМНЫХ  
ПОЗВОНОЧНЫХ  
ЖИВОТНЫХ

---

И. А. ШИЛОВ

591.5

Ш59

ПРАКТИКУМ  
ПО ЭКОЛОГИИ НАЗЕМНЫХ  
ПОЗВОНОЧНЫХ  
ЖИВОТНЫХ

360840

Допущено  
Министерством высшего и среднего специального образования СССР  
в качестве учебного пособия  
для государственных университетов СССР



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»  
Москва — 1961

Игорь Александрович Шилов  
ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ  
НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Редактор Л. П. Петровская  
Техн. редактор Л. А. Григорчук  
Корректор Г. П. Меркулова

Сдано в набор 22/VII-61 г. Подписано к печ. 16/XI-61 г.  
Бумага 84×108<sup>1/2</sup>. 4,625+1 вкл. печ. л. 7,59 усл. печ. л.  
7,55 уч.-изд. л. Тираж 4000. Изд. № Е/27. Зак. 866. Цена 23 коп.  
Т-11483.

Государственное издательство «Высшая школа»,  
Москва, Б-62, Подсосенский, 20

Сортавальская книжная типография Министерства  
культуры КАССР  
Сортавала, Карельская, 42



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В современных исследованиях по экологии животных все более важное значение приобретает экспериментальный метод. Применение этого метода расширяет и дополняет данные полевых исследований и позволяет более глубоко понять различные стороны взаимосвязи организма животных с условиями окружающей среды. Из трех основных проблем экологии, сформулированных в резолюции третьей экологической конференции (Киев, 1955), первая связана с изучением «видовых приспособлений организмов, их исторической обусловленности, как основы для понимания многообразия взаимосвязей организмов и среды». Разрешение этой проблемы на современном уровне науки немыслимо без применения экспериментального метода, так как значительная часть видовых приспособлений заключается в адаптивном изменении эколого-физиологических особенностей организма в соответствии с меняющимися условиями среды. Все большее и большее значение начинают приобретать экспериментальные исследования и в изучении экологии популяций и биоценозов в целом. Поэтому современный эколог должен владеть основами методики экспериментальных исследований и уметь использовать эти навыки в своей работе.

Изложенное дает основание считать необходимым включение в общую систему преподавания экологии животных на биологических факультетах хотя бы небольшого экологического практикума. Главные задачи такого практикума — дать иллюстрации к отдельным

главам теоретического курса (в первую очередь — к главам, посвященным экологии особей и касающимся влияния на животных абиотических факторов среды) и познакомить студентов с основами методики экспериментальных исследований.

К сожалению, до сих пор в большинстве высших учебных заведений курс экологии животных осуществляется как чисто теоретический. Одна из причин такого положения — острый недостаток в учебных пособиях. В книгах И. В. Кожанчикова (1937, 1961) и Н. И. Калабухова (1951) дается подробное описание многообразных методик, применяемых экологами, но эти полезные книги могут быть использованы лишь в качестве дополнительных пособий, но не как руководства, так как методической разработки отдельных занятий в них нет. Вышедшая в 1953 году книга М. А. Бескровного — единственное в нашей литературе специальное руководство к проведению подобного практикума. Эта книга рассчитана, главным образом, на осуществление большого практикума (390 часов), содержит большое количество задач как лабораторного, так и полевого характера, с использованием в качестве объектов изучения как позвоночных, так и беспозвоночных животных. В сокращенном варианте она может быть использована и для проведения малого практикума, но, на наш взгляд и этот вариант сильно перегружен и вряд ли может быть продуктивно осуществлен в течение того времени, которое возможно отвести на экологический практикум.

Предлагаемое читателю пособие ставит перед собой более узкие цели. Оно рассчитано на проведение малого лабораторного практикума по экологии только наземных позвоночных животных для студентов-зоологов. В основу его положен опыт проведения такого практикума на кафедре зоологии позвоночных Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Объем практикума — 60 учебных часов при продолжительности каждого занятия 4 часа. Подбор и расположение задач практикума произведены в соответствии с программой теоретического курса, однако, поскольку в лабораторных условиях невозможно воспроизвести или отразить взаимоотношения биоценотического характера, в течение учебного года происходит определенное отставание практических занятий от материала, излагаемого

на лекциях. Подобное отставание, как показывает опыт, не служит сколько-нибудь серьезным методическим препятствием; напротив, подробная разработка отдельных тем на практикуме дает возможность лектору освещать эти вопросы более конспективно, концентрируя внимание на темах, не отраженных в программе практических занятий.

Методическая разработка практикума и подготовка настоящего пособия осуществлялись автором под руководством профессора Н. П. Наумова, читавшего теоретический курс экологии животных. В годы организации практикума большую помощь автору оказали Н. В. Башенниа и В. В. Черномордики. Постоянным помощником при подготовке и проведении занятий был С. И. Розанов; в этом пособии им выполнены описания приборов к задачам №№ 1, 2, 5, 6. При подготовке книги автор пользовался товарищеской помощью аспиранта Сунь Жу-юв и лаборанта Э. М. Добкина. Всем названным товарищам приношу сердечную благодарность.

Несомненно, что, как одна из первых попыток, эта книга не лишена недостатков и недоработок. Автор будет чрезвычайно признателен всем товарищам, которые сочтут возможным прислать свои критические замечания и советы.

И. Ш и л о в  
кафедра зоологии позвоночных  
Московского государственного университета

## ВВЕДЕНИЕ

### ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА И ЕГО МЕСТО В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экология, как и другие биологические науки, использует при изучении природных явлений различные методы. В общей схеме их можно разделить на две большие группы: 1) полевые наблюдения и количественные учеты и 2) экспериментальные исследования в поле и в лаборатории. Широко используемый в экологии сравнительный метод применяется как при проведении полевых наблюдений, так и при экспериментальных исследованиях.

Основным методом в экологии являются полевые наблюдения. Они дают исследователю общее представление об изучаемых природных явлениях и тех закономерностях, которые лежат в основе этих явлений. Применение биостатистических методов открывает возможность дать изучаемым явлениям и закономерностям количественную оценку. Но сложность обстановки, в которой разворачиваются все стороны жизни животных в природных условиях, затрудняет глубокое познание этих закономерностей. В результате полевых наблюдений обычно встает ряд вопросов, выяснение которых в природной обстановке чрезвычайно затруднено или даже невозможно. Это в первую очередь все вопросы, связанные с причинными соотношениями изучаемых

явлений, с механизмом воздействия отдельных факторов среды на животных, с характером и механизмами приспособления животных к различным условиям их жизни. При разрешении этих вопросов на помощь исследователю приходит экспериментальный метод.

Сущность его заключается в том, что в эксперименте искусственно вычлняются из сложного природного комплекса отдельные, интересующие исследователя условия, и изучается изолированное воздействие этих условий на животных и приспособительные или иные реакции последних.

Знание характера воздействия на животных отдельных факторов среды и механизмов ответной приспособительной реакции организма, полученное при экспериментальных исследованиях, позволяет понять и объяснить многие закономерности жизни животных в природных условиях.

Синтез данных, полученных в результате полевых наблюдений и эксперимента, приводит к глубокому материалистическому пониманию законов природы и открывает широкие возможности использования их в интересах человека.

Разберем такой пример. Наблюдая в природных условиях спячку животных, мы в состоянии определить сроки впадения в спячку, сроки перехода к активному состоянию, различие в сроках этих явлений у животных разного пола и возраста, упитанность зверьков до и после спячки, состояние их генеративной системы и т. п. Сопоставляя данные за разные годы и по различным географическим пунктам, можно предположительно очертить круг условий жизни, вызывающих спячку, и высказать соображения о биологическом значении этого явления в жизни животных.

Более глубокое познание явления спячки возможно только при использовании экспериментального метода. В условиях опыта можно изучить воздействие на организм животных температуры, недостатка влаги в корме, изменений состава воздуха, светового режима. Исследователь получит данные о физиологическом механизме воздействия этих факторов на организм животного, об их соотносительном значении, о роли физиологического состояния организма в характере и интенсивности реакции животного на воздействие этих факторов.

Экспериментальному изучению доступны и изменения, происходящие в организме животного во время спячки (температура тела, дыхание, сердечная деятельность, изменения состава крови, потребление резервных веществ, чувствительность к болезнетворным началам и т. п.).

В результате объединения данных, полученных различными методами экологических исследований, явление спячки оказывается изученным глубоко и всесторонне. Биологическая роль спячки, как формы приспособления животного к перенесению неблагоприятного сезона года, становится понятной и материалистически доказанной (Н. И. Калабухов, 1956). Глубокое, всестороннее изучение спячки позволяет сделать и ряд важных практических выводов, например, понять закономерности протекания некоторых природноочаговых заболеваний и научно обосновать меры их профилактики, правильно определить сроки борьбы с вредителями сельского хозяйства и т. п.

Итак, эксперимент в экологии применяется для решения отдельных частных задач, возникающих в процессе полевых наблюдений. Применение экспериментального метода расширяет данные полевых исследований, позволяет глубже и более всесторонне познать закономерности живой природы.

Основные черты экспериментального метода, определяющие его место в общей системе экологических исследований, заключаются в том, что этот метод позволяет:

- во-первых, вычлнить интересующие исследователя детали явления, которые в природе связаны со многими явлениями и влияниями и потому не поддаются прямому наблюдению;

- во-вторых, выявить механизм воздействия отдельных природных факторов на организм животных;

- в-третьих, вскрыть реакцию на определенные воздействия отдельных особей животных, тогда как при наблюдениях в природе мы устанавливаем обычно реакцию популяции.

В соответствии с этим и самый характер экспериментальной работы значительно отличается от полевых наблюдений. Прежде всего нужно иметь в виду, что отдельный эксперимент может решить лишь узкий частный

вопрос. Для решения более сложных проблем всегда приходится проводить серию экспериментов, взаимно дополняющих друг друга. Так, например, вопрос о влиянии температуры среды на какой-либо вид животного невозможно решить постановкой одного эксперимента. Для решения такой задачи необходимо выяснить в отдельных экспериментах влияние изменений температуры среды на температуру тела животного, на уровень его газообмена, интенсивность потребления кормов и расхода резервных веществ, реакцию сосудистой системы и т. д. Только синтезируя данные всех этих экспериментов, можно ответить на общий вопрос, поставленный вначале. Однако наиболее полная картина может получиться только в том случае, если результаты экспериментов и полевых наблюдений будут объединены.

Другая особенность экспериментальной работы заключается в том, что подопытные животные неминуемо оказываются в условиях, чем-то отличающихся от естественной обстановки. Это постоянно нужно иметь в виду при оценке результатов опыта и особенно при использовании данных эксперимента для объяснения явлений, наблюдаемых в природе.

Очень важной задачей в экспериментальной работе является разработка методики. По этому вопросу трудно дать какие-то общие рецепты, так как выбор методики определяется той конкретной задачей, которая стоит перед исследователем. Но все же могут быть сформулированы основные принципиальные требования, предъявляемые к методике экологического эксперимента. Эти требования следующие:

1) Методика должна быть разработана таким образом, чтобы во всех вариантах опытов все внешние воздействия, кроме изучаемого фактора, оставались бы неизменными, постоянными. Так, например, если изучается действие на животных света, то, изменяя в опыте интенсивность и режим освещения, экспериментатор должен следить за тем, чтобы режим температуры, влажности, кормления и т. д. сохранялся одинаковым на всем протяжении опыта.

Следует обратить особое внимание на то, что такие биологически неадекватные воздействия, как сильный шум, интенсивное освещение и пр., могут привести к торможению естественных реакций организма и исказить

результаты опытов. Опыт следует строить с таким расчетом, чтобы подобные факторы были совершенно исключены.

2) При проведении опытов следует по возможности избегать постановки животных в слишком неестественные условия<sup>1</sup>. Поэтому из всех возможных методик следует отдать предпочтение той, при которой животное находится в состоянии, наиболее близком к естественному.

3) Изучаемый признак должен выражаться в каких-либо объективных (лучше всего количественных) показателях.

4) На всем протяжении работы принятую методику нужно строго выдерживать, условия опыта должны оставаться неизменными. Если в процессе работы выявляется ошибка в методике, которую необходимо исправить, то всю серию экспериментов нужно проделать сначала.

Данные экспериментов, проведенных с использованием различных методик, чаще всего несопоставимы<sup>2</sup>.

Оценивая результаты экспериментальных исследований, нужно учитывать, что клеточное содержание животных, неестественные корма, сами условия эксперимента, при которых животные помещаются в искусственные условия — все это накладывает отпечаток на реакцию подопытных животных. Кроме того, состояние животных перед опытом оказывает немалое влияние на его результаты. У перенесенного в новые условия — условия опыта, животного обычно вначале развивается четко выраженная ориентировочная реакция. Этот мощный рефлекс тормозит прочие естественные реакции животного. Ориентировочная реакция особенно ярко выражена у только что отловленных животных; она значительно ослабляется при длительном клеточном содержании и у животных, выращенных в неволе. Исследователь всегда должен помнить, что достоверные данные можно

<sup>1</sup> Как уже говорилось выше, создать условия, полностью идентичные естественным, нельзя.

<sup>2</sup> Нельзя смешивать методику и технику экспериментов. Изменение конструкции приборов в процессе работы иногда допустимо. Но этот вопрос следует решать отдельно в каждом конкретном случае.

получить только после угасания ориентировочного рефлекса.

Большое влияние на результаты опыта имеет также довольно быстрое возникновение у животных условных рефлексов на всю обстановку опыта или на какие-либо отдельные внешние раздражители, сопутствующие ему. Поэтому экспериментатор должен очень внимательно учитывать все условия, в том числе и не имеющие прямого отношения к данному опыту. Не исключена возможность, что раздражения, идущие «со стороны», но постоянно сочетающиеся с тем или иным этапом опыта, могут несколько исказить его результаты.

Все это следует предусматривать при разработке методики опытов и их проведении, а также учитывать при обобщении полученных в экспериментах данных и сопоставлении их с материалами полевых наблюдений.

Изучая реакцию организма животного на те или иные воздействия факторов внешней среды, эколог-экспериментатор входит в тесный контакт с физиологией. В экологических экспериментах часто используются те же методики, какими пользуются физиологи (иногда их упрощенные варианты). Но было бы неправильно думать, что экспериментальные экологические исследования дублируют работу физиологов. Применяя некоторые методики физиологических исследований, экологи используют их как средство для решения своих специфических задач. В физиологии экспериментальный метод — главный, ведущий; в экологии же он имеет вспомогательное значение. В физиологии экспериментальное исследование применяется для изучения сущности тех или иных процессов в организме животного, их природы и механизмов. При постановке экологического эксперимента исследователя интересуют в первую очередь результаты этих физиологических процессов и их изменения под влиянием определенных факторов внешней среды. Иными словами, физиологические показатели используются в экологии, как критерии реакции организма на меняющиеся условия среды. Изменение физиологических функций под влиянием измененных внешних воздействий эколог рассматривает прежде всего с точки зрения приспособительной роли этих явлений, их биологического значения в природной обстановке.

Так, например, в экологии часто пользуются изучением газообмена у животных — потребления ими кислорода и выделения углекислого газа. Эти же процессы служат предметом изучения и физиологии. Но подход к получаемым данным у физиолога и эколога различен. Физиолога интересуют условия газообмена в легких, транспортировки кислорода и углекислоты кровью, тканевого газообмена. Он изучает закономерности протекания этих процессов, их физико-химическую сущность, регуляторные механизмы газообмена и т. п. Эколога же газообмен интересует, как показатель общего уровня обмена веществ в организме и изменений интенсивности обмена при изменении внешних условий (например, температуры), приспособительное значение лабильности этих процессов в жизни организма и вида. Полученные данные он использует для объяснения закономерностей экологии изучаемого вида, подмеченных в природе (например, особенностей поведения животных в разные сезоны года).

Таким образом, при общности методики физиологической и экологической эксперименты существенно отличаются по общей направленности исследований.

Лабораторные экспериментальные исследования в экологии приобретают глубокий смысл и специфический интерес лишь в общем плане экологических исследований, в сочетании с материалами, полученными непосредственно в природной обстановке. Такая постановка исследования дает возможность не только решать теоретические проблемы, но и правильно, на научной основе разрабатывать практические мероприятия. «Взаимоотношение эксперимента, наблюдения и практических мероприятий в экологическом исследовании может быть выражено следующей схемой: от практических запросов народного хозяйства к полевому наблюдению, от наблюдения — к эксперименту и от синтеза эксперимента и наблюдения — к практическим мероприятиям» (Н. П. Наумов, 1955).



**ТЕМА I**  
**ТЕПЛООБМЕН ОРГАНИЗМА**  
**И ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ**  
**НА ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

**Задача № 1**

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ**  
**НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА ПРЕДСТАВИТЕЛЯ**  
**РАЗНЫХ КЛАССОВ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

**Общие замечания**

Температура среды — один из постоянно действующих природных факторов. Влияние ее на животных чрезвычайно велико и разнообразно. Биохимические реакции в организме могут осуществляться лишь при определенных температурных условиях. Отклонения температуры вызывают соответствующие изменения в скорости обмена веществ и энергии, а при больших колебаниях могут привести к гибели животного. При этом верхний температурный предел жизни в общей форме определяется температурой свертывания белков, однако практически гибель наступает раньше — за счет нарушения согласованности обменных процессов, вызванного разным температурным ускорением различных реакций. В частности, большое значение имеют нарушения деятельности нервной системы и ее регуляторных функций.

Аналогичные нарушения обменных процессов наступают и при очень низких температурах, определяя ниж-

ний температурный предел жизнедеятельности. Кроме того, здесь имеет значение и начинающееся замерзание жидкостей тела, при котором происходит механическое повреждение тканей кристаллами льда и их дегидратация.

Таким образом, наличие благоприятной температуры представляет собой одно из необходимых условий общего обмена веществ и энергии. Перегревание или переохлаждение организма ведет к нарушению обмена, что отрицательно сказывается на нормальном ходе всех жизненных процессов.

Температурные границы жизни различны у представителей разных групп животных, но для каждого вида имеется своя зона температурного оптимума, отклонения от которой ведут к нарушениям обмена веществ и отрицательно сказываются на общем состоянии и жизнедеятельности животного.

Целый ряд особенностей разных животных — их географическое распространение, особенности покровов, ряд биологических свойств (миграции, спячка, специфика убежищ и т. п.) выработались в процессе эволюции как приспособления к температурным условиям среды. Эти приспособления рассчитаны на изменения температуры «крупного масштаба» — географические, сезонные. Но животные в природе подвержены, кроме того, и быстрым, многократным изменениям температуры. Наличие у ряда животных лабильных приспособлений к температурным воздействиям — важное свойство, позволяющее им сохранять нормальную жизнедеятельность в природе при постоянно меняющейся температуре среды. Степень зависимости от температуры среды не одинакова у разных животных.

*Цель задачи* — получить представление о различной степени устойчивости температуры тела у представителей разных классов позвоночных животных в условиях меняющейся температуры среды.

В процессе работы над этой задачей следует предварительно познакомиться с различными приборами для измерения температуры, получить навык в пользовании этими приборами для измерения температуры среды (воздух, вода) и температуры тела животных, познакомиться с методикой создания и поддержания заданной температуры в опыте.

## Методика

В экологических исследованиях пользуются двумя основными способами измерения температуры — при помощи жидкостных термометров и при помощи термоэлементов.

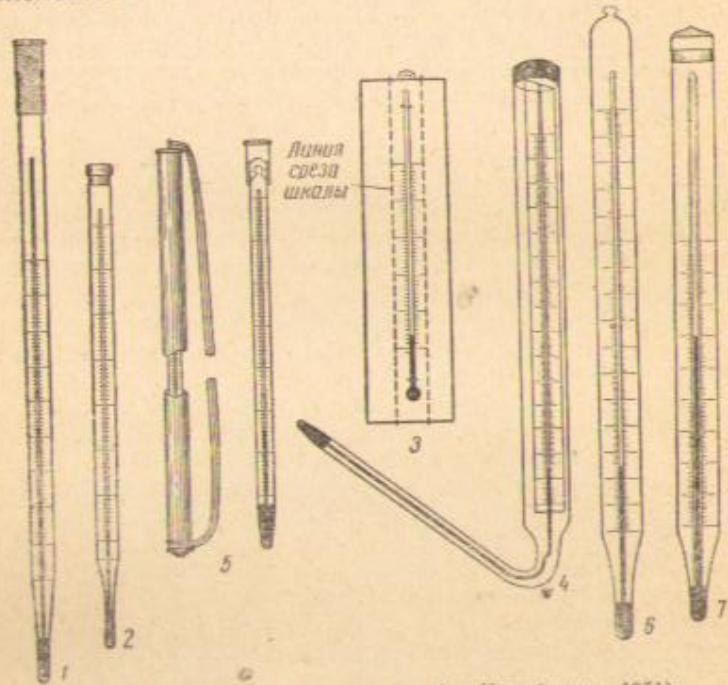


Рис. 1. Жидкостные термометры (по Калабухову, 1951):  
1—термометр психрометра Ассмана, большая модель; 2—то же, малая модель; 3—комнатный термометр; 4—угловой термометр; 5—рабочий; 6—максимальный термометр; 7—минимальный термометр

Действие жидкостных термометров (рис. 1) основано на известном свойстве жидкостей изменять свой объем с изменением температуры. Термометр состоит из стеклянного баллончика, наполненного ртутью или иной жидкостью (подкрашенный спирт, толуол) и соединенного с ним градуированного капилляра, по уровню жидкости в котором судят о температуре баллончика. Задача измерения температуры сводится, таким образом, к тому,

чтобы придать баллончику температуру интересующего нас объекта.

Для измерения температуры тела мелких животных наиболее удобны термометры от аспирационных психрометров Ассмана (малая модель): они достаточно точны и имеют маленький баллончик, который легко ввести, например, в клоаку мелкой птицы, в пищевод лягушки и т. п. При отсутствии термометров Ассмана их можно заменить любыми другими термометрами с маленьким баллончиком.

Для точной регистрации температурных условий содержания подопытных животных в виварии полезно иметь максимальный и минимальный термометры. Максимальный термометр имеет в нижней части капилляра сужение, в котором разрывается столбик ртути при охлаждении баллончика. Поэтому этот термометр всегда показывает наибольшую температуру за какой-либо отрезок времени. После каждого снятия показаний максимального термометра его необходимо встряхивать, как обычный медицинский термометр.

Минимальный термометр имеет в канале капилляра, заполненном толуолом, поплавок, который увлекается мениском жидкости при опускании ее уровня и свободно обтекается расширяющейся при нагревании жидкостью. Таким образом, верхний конец поплавка всегда показывает самый низкий уровень, до которого опускался мениск толуола, то есть минимальную за данный отрезок времени температуру. После каждого снятия показаний минимальный термометр необходимо привести в вертикальное положение баллончиком вверх и, дождавшись пока поплавок остановится на мениске толуола в капилляре, вновь положить его на место. При этом следует рукой нагреть баллончик термометра. Рабочее положение максимального и минимального термометров горизонтальное.

Записывая показания жидкостных термометров, нужно учитывать поправку, указанную в техническом паспорте данного термометра.

Для контроля за изменением температуры во времени применяют самопишущие приборы термографы с суточным или недельным оборотом барабана. Температура среды воспринимается здесь изогнутой биметаллической пластинкой, деформация которой, вызванная разным



коэффициентом расширения металлов при изменении температуры, при помощи системы рычагов передается на писчик, оставляющий на бумажной ленте кривую изменения температуры (рис. 2).

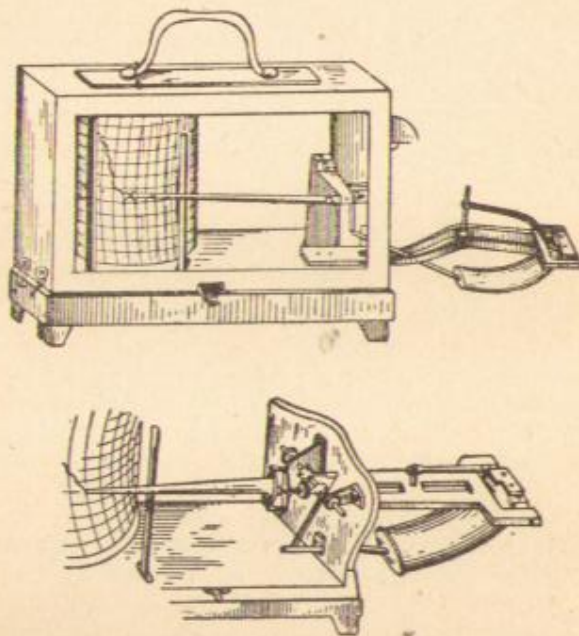


Рис. 2. Термограф (по Калабухову, 1951)

Термоэлектрический метод измерения температуры очень точен, допускает возможность быстрых измерений. Самому измерительному инструменту (датчику) можно, в зависимости от объекта, придать любую форму. Этот метод основан на том, что при нагревании одного из спаев замкнутой цепи, состоящей из двух разных металлов, в этой цепи появляется электродвижущая сила, прямо пропорциональная разности температур спаев. Этот эффект известен под названием термоэлектрического явления и широко применяется для измерения температуры различных объектов. Цепь, состоящая из двух проводников разных металлов, спаянных, или, лучше, сваренных по концам в пламени газовой горелки или дуги

Петрова, носит название термопары. Для измерения температуры тела животных наиболее удобны спай константана с медью или с железом. В крайнем случае можно использовать спай меди с железом. Один из спаев термопары помещается вместе с точным термометром в сосуд (колба или термос) с водой (лучше с глицерином); второй спай остается свободным. Оба спаия тщательно изолируют нитролаком или шеллаком и выводят через стеклянные или фарфоровые трубки на нужную длину, после чего закрепляют в трубках менделеевской замазкой и еще раз покрывают лаком. Провода рекомендуется поместить в резиновую трубку.

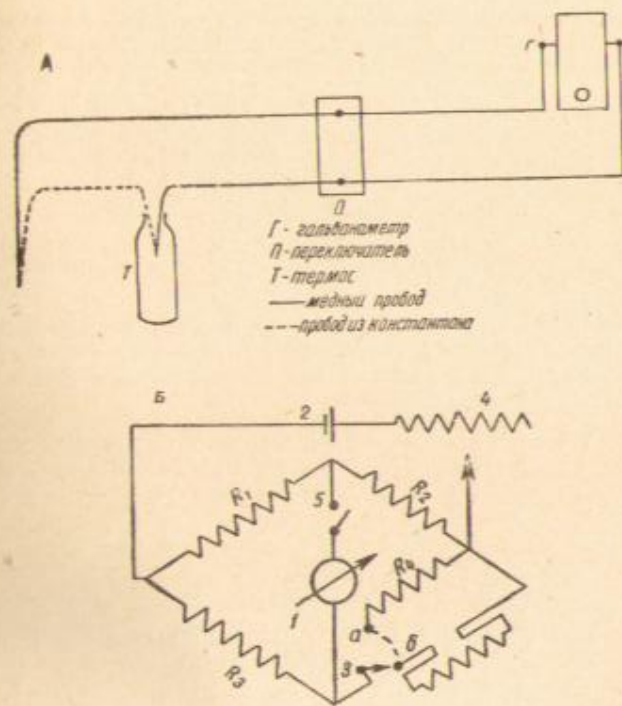


Рис. 3. Схема цепи для измерения температуры с помощью термопары (А) и термометра сопротивления (Б) (по Калабухову, 1951 и Когану и Щитову, 1954):

Г— гальванометр; 2— аккумулятор; 3— переключатель; 4— реостат; 5— кнопка включения гальванометра

Для точного измерения возникающей в цепи термоэлектродвижущей силы используются чувствительные гальванометры различных систем. В лабораторных условиях лучше применять более чувствительные зеркальные гальванометры, например М-25/4), М-25/5), но можно обойтись и достаточно чувствительными стрелочными (например, М-101), которые применимы и в полевой обстановке. Схема цепи для измерения температуры при помощи термопары показана на рис. 3-А. Вместе с каждым гальванометром должны храниться графики для перевода показаний гальванометра в градусы (разница температур спаев) для всех применяемых с данным гальванометром термопар (см. ниже).

Довольно точным и в некоторых случаях более удобным является метод измерения температуры при помощи термометра сопротивления или «термистора»<sup>1</sup>.

Термометр сопротивления устроен как неуравновешенный мост Уитстона; одно из сопротивлений его при помощи переключателя замещается термозондом. Последний изготавливается из полупроводниковых материалов, сопротивление которых изменяется пропорционально изменению температуры. Поэтому и равновесие моста, контролируемое гальванометром, нарушается пропорционально температуре. Гальванометр можно проградуировать в градусах или сделать переводный график. Необходимо иметь в виду, что напряжение, подаваемое на мостик, должно быть всегда точно одним и тем же по величине, для чего в цепь необходимо включить реостат и вольтметр. С этой точки зрения удобнее пользоваться схемой уравновешенного моста Уитстона и определять изменения температуры по величине сопротивления, необходимого для приведения показаний гальванометра к нулю (и в этом случае удобно иметь заранее составленный переводный график).

После предварительного знакомства с перечисленными приборами можно переходить к работе по теме данной задачи. Подопытных животных помещают в камеры с заданной температурой воздуха (термостаты, холодильники) и регулярно (например, через каждые 15 минут) измеряют температуру их тела. Меняя температур

<sup>1</sup> От английского thermally sensitive resistors — термочувствительные сопротивления.

ные условия в камере, получают данные о влиянии температуры среды на изменения температуры тела. Регистрация данных опыта производится в протоколе. При пользовании жидкостным термометром пользуются протоколом следующего образца:

Наблюдатели _____	Вид животного _____	Пол _____
Вес _____		Дата опыта _____
	Время от начала опыта (мин.)	0   15   30   45   60   75
Температура воздуха		
Температура тела		

При пользовании термоэлементом пользуются протоколом следующего образца:

Наблюдатели _____	Вид животного _____	Пол _____
Вес _____		Дата опыта _____
	Время от начала опыта (мин.)	0   15   30   45   60   75
Наблюдения		
Температура воздуха		
Температура контрольного спая		
Показания гальванометра		
Разница температур спаев <sup>1</sup>		
Температура тела <sup>2</sup>		

### Литература<sup>3</sup>

- Бескровный М. А., 1953, стр. 35—44, 48—54;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 9—14, 42—61;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 49—51, 67—68;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 280, 294;  
 Калабухов Н. И., 1935;  
 Сергеев А. М., 1939;  
 Феоктистов А. и Андреев Н., 1903.

<sup>1</sup> Определяется по вспомогательному графику (см. рис. 4).

<sup>2</sup> Определяется вычислением (см. ниже).

<sup>3</sup> Подробный список литературы приведен в конце книги. Здесь и в дальнейшем основная литература по теме приводится со ссылками на страницы, дополнительная — без таких ссылок.

### Технические указания

Для проведения этого занятия необходимо получить у лаборанта:

1. Подопытных животных: лягушек, ящериц, мелких птиц, мелких грызунов.
2. Термометры от психрометров Ассмана (малая модель) — по 1 на бригаду.
3. Термопары с гальванометрами — по одной на 1—2 бригады.
4. Комнатный термометр, или пращ — один, вывешенный на видном месте в лаборатории<sup>1</sup>.
5. Мелкие клеточки для подопытных ящериц, птиц и млекопитающих (по количеству животных).
6. Стеклянные баночки с небольшим количеством воды, обвязанные марлей — для подопытных лягушек (по количеству животных).
7. Весы с разновесами — 1 комплект на 2 бригады.
8. Корнцанги — по 1 на бригаду.
9. Марлю.
10. Термостаты, отрегулированные на температуру 27—28°С по 1 на 1—2 бригады.
11. Холодильники, отрегулированные на температуру +5°С — один на 3—4 бригады<sup>2</sup>.
12. Едкую щелочь в чашечках Петри или иных сосудах — в каждый термостат и холодильник.

На каждую бригаду получают по два животных: лягушку или ящерицу и птицу или мелкого грызуна.

Термостаты и холодильники, если они не имеют застекленного окошка в дверце, следует снабдить внутренним освещением (лампочка от карманного фонаря).

### Порядок работы

1. Проверить исправность жидкостных термометров и познакомиться с их техническими паспортами (обратить внимание на поправки к показаниям термометра!).

<sup>1</sup> Рекомендуется в лаборатории на видном месте поместить для постоянного пользования термометр, гигрометр и барометр-анероид. В описании следующих задач эти приборы не упоминаются.

<sup>2</sup> Регулировка термостатов и холодильников не описывается, так как она различна для разных систем этих приборов. Если преподаватель сочтет возможным, регулировку температуры в приборах полезно проделать самим.

2. Смонтировать термопару:

- а) поместить один из спаев в колбу или термос с водой или глицерином. В этот же сосуд, на одном уровне с концом термопары поместить точный жидкостный термометр;
- б) закрепить свободные концы проводов на клеммах гальванометра;
- в) освободив арретир, проверить положение стрелки гальванометра (у зеркального гальванометра — положение светового «зайчика»). При помощи винта корректора установить стрелку («зайчик») на цифре «0»;
- г) вновь арретировать гальванометр и разомкнуть цепь при помощи выключателя или снятия одного из проводов с клеммы.

3. Отградуировать гальванометр:

- а) не трогая контрольного спая термопары (опущенного в термос), последовательно помещать второй спай вместе с точным жидкостным термометром в сосуды с водой разной температуры. Каждый раз записывать температуру контрольного спая и температуру воды в очередном сосуде; через 2—3 минуты, освободив арретир, отметить и записать показания гальванометра, после чего вновь арретировать гальванометр;
- б) поменять спай местами и измерения повторить. Результаты записать по образцу:

Термопара: медь—константан, № \_\_\_\_\_, гальванометр М-101, № \_\_\_\_\_

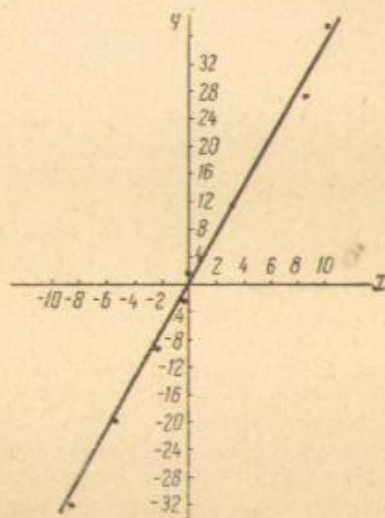
Температура спая № 1	Температура спая № 2	Разница температур (№ 1—№ 2)	Показания гальванометра	Примечания
				Контрольный спай № 1
				Контрольный спай № 2

- в) построить график зависимости показаний гальванометра от разницы температур на концах термопары. Для этого, построив систему координат, отложить на оси абсцисс разницу

температур на концах терморары, а на оси ординат — показания гальванометра (рис. 4)<sup>1</sup>.

4. Взвесить подопытных животных:

- а) взвесить пустую клеточку (банку);
- б) взвесить клеточку (банку) с животным;
- в) вычислить вес животного.



x — разность температур спаев  
y — показания гальванометра

Рис. 4. Вспомогательный график для вычисления температуры при пользовании терморарой

5. Измерить температуру тела животных при комнатной температуре воздуха.

При пользовании жидкостным термометром баллон его вводится в клоаку (у млекопитающих в прямую кишку) или же в ротовую полость животного и удержи-

<sup>1</sup> При недостатке времени градуировку приборов следует производить заранее. В этом случае к каждой термораре должен быть приложен график указанного типа, пользуясь которым студенты могут сразу переводить показания гальванометра в градусы температуры.

вается там до остановки столбика жидкости в капилляре. Чтобы отдельные показания термометра были вполне сопоставимы, необходимо при каждом измерении стараться вводить баллон в тело животного на одну и ту же глубину.

При пользовании терморарой шарик ее свободного конца вводится в клоаку (у млекопитающих — в прямую кишку) животного. После этого следует освободить арретир гальванометра и отметить крайнее положение, до которого отклоняется стрелка («зайчик») гальванометра. После измерения — вновь арретировать гальванометр. По заранее составленному графику (см. рис. 4) определяют, какой разнице температур на концах терморары соответствует отмеченное показание гальванометра. Зная температуру контрольного спае, нетрудно вычислить температуру тела животного.

Первые измерения лучше провести несколько раз, чтобы научиться производить эту операцию быстро. При измерении температуры тела можно фиксировать животное на операционном столике (М. А. Бескровный, 1953, стр. 33), но это сильно замедляет работу. Кроме того, при фиксации создается постоянное тоническое напряжение мускулатуры, что может изменить показания.

Можно рекомендовать упрощенные способы быстрого измерения температуры тела. При этом лягушку обертывают марлей и берут в левую руку (или берут рукой в «перчатке» из нескольких слоев марли). В правую руку берут термометр и, раздвигая кончиком термометра челюсти, вводят баллончик через ротовую полость в пищевод животного. Ящерицу берут рукой в перчатке и вводят термометр в клоаку. Птицу держат левой рукой за концы крыльев и основание хвоста. Слегка раздувая оперение, находят отверстие клоаки и вводят туда конец терморары. Мелкого грызуна, не вынимая из клеточки, берут корнцангами за хвост и, приподняв хвост, вводят конец терморары в прямую кишку.

6. Записать температуру воздуха в комнате и температуру тела животного.

7. Поместить подопытных животных в термостат.

8. Через каждые 15 минут повторять измерения температуры тела животных до тех пор, пока она не

установится на одном уровне<sup>1</sup>. Каждый раз записывать температуру воздуха в термостате и температуру тела животного.

9. После длительной (30—40 мин.) выдержки животных при комнатной температуре вновь измерить температуру тела. Записать температуру воздуха в комнате и температуру тела животного.

10. Поместить животных в холодильник.

11. Через каждые 15 минут измерять температуру тела животных. Записывать температуру тела и температуру воздуха в холодильнике. Измерения повторять

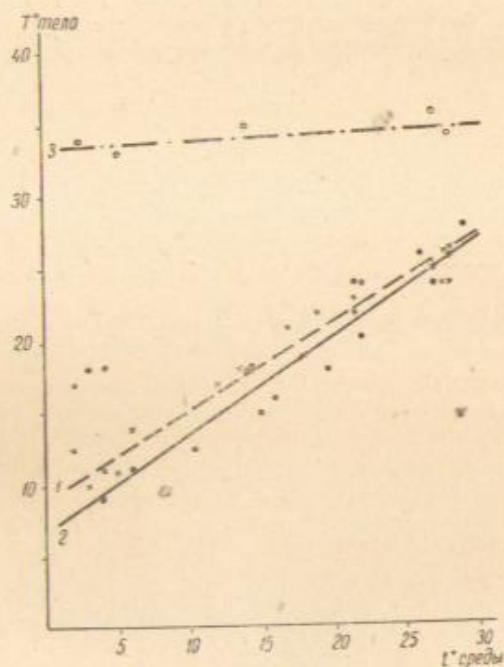


Рис. 5. Зависимость температуры тела различных животных от температуры среды:

1 — травяная лягушка; 2 — обыкновенная полевка;  
3 — большая свиња

до тех пор, пока температура тела не установится на одном уровне<sup>1</sup>.

Данные наблюдений заносить в протокол. Во время работы следует обращать внимание на изменение поведения животных при разной температуре среды.

При обработке полученных в опыте данных построить график зависимости температуры тела подопытных животных от температуры среды. Для этого, построив систему координат, отложить по оси абсцисс температуру воздуха, а по оси ординат — температуру тела подопытных животных. По точкам, соответствующим установившейся температуре тела при данной температуре воздуха, построить кривую (см. рис. 5).

### Обсуждение результатов

Анализируя кривые, выражающие зависимость температуры тела животных от температуры среды (рис. 5), мы видим, что у амфибий и рептилий температура тела изменяется параллельно ей и при достаточно длительной выдержке становится почти равной ей.

Наблюдения, проведенные во время опыта, показывают, что поведение этих животных меняется при изменении температуры среды. После длительного пребывания на холоде животные становятся вялыми, малоподвижными, наоборот, повышение температуры ведет к усилению активности — животные становятся энергичными и подвижными. Эти данные вполне согласуются с тем, что можно наблюдать в природе. Амфибии, и особенно рептилии, активны только в теплое время года и суток. Ящериц всегда легче всего встретить на обогреваемых солнцем местах (на «припеке»). Если погода холодная, эти животные редко попадают на глаза, а найденные малоподвижны. Весь холодный период года амфибии и рептилии проводят в оцепенении.

Совершенно иная картина отмечается у птиц и млекопитающих. В опытах у них не наблюдается столь резкой зависимости температуры тела от температуры среды. Температура их тела остается постоянной или меняется в узких пределах, никогда не приближаясь к температуре воздуха.

<sup>1</sup> Обычно температура оказывается не вполне постоянной, а дает незакономерные колебания в обе стороны, зависящие, главным образом, от неточности измерения и других технических ошибок.

Активность птиц и млекопитающих в опыте не имеет прямой зависимости от температуры среды. Напротив, иногда удается подметить большую подвижность их при низкой температуре. В природе птицы и большинство млекопитающих активны в течение всего года.

Таким образом, мы встретились с различной реакцией на температуру среды у амфибий и рептилий — с одной стороны, и у птиц и млекопитающих — с другой. Первым свойственна большая изменчивость температуры тела. Изменение температуры тела влечет за собой и соответственные изменения интенсивности жизнедеятельности, внешне выражающиеся в большей или меньшей подвижности животных. Вторые обладают относительно устойчивой температурой тела, а соответственно и более постоянным уровнем жизнедеятельности.

Эти различия характеризуют две крупные экологические группы животных. Амфибии и рептилии относятся к группе пойкилотермных («холоднокровных») животных. Птицы и млекопитающие составляют группу гомойотермных («теплокровных») животных, для которых характерно наличие особых механизмов терморегуляции, позволяющих им быть менее зависимыми от изменений температуры среды.

#### Задача № 2

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ПОЙКИЛОТЕРМНЫМИ И ГОМОЙОТЕРМНЫМИ ЖИВОТНЫМИ

#### Общие замечания

Как следует из предыдущей задачи, гомойотермные животные (птицы и млекопитающие) отличаются от пойкилотермных (земноводные, пресмыкающиеся) относительной устойчивостью температуры тела при меняющейся температуре среды. Эта устойчивость достигается за счет наличия особых физиологических механизмов, позволяющих регулировать теплообмен организма с внешней средой.

Тепловой баланс организма со средой складывается из двух взаимно противоречивых процессов — теплопродукции организма и его теплоотдачи.

Тепло в организме животных продуцируется в процессе реакций обмена веществ. Общепринятым мерилом уровня обмена веществ служит величина так называемого основного обмена, то есть обмена веществ животного, не переваривающего пищу («натошак») и находящегося в спокойном неподвижном состоянии. Активность животного в связи с производимой мышцами работой заметно повышает общую теплопродукцию организма. Переваривание пищи и вообще весь акт еды с его сложными условно-рефлекторными реакциями также сильно увеличивает теплообразование (так называемое специфически динамическое действие пищи).

Уровень основного обмена не остается постоянным даже у одного и того же животного. В частности, в значительной мере сказывается влияние температуры среды, что можно увидеть, например, изучая изменения потребления животными кислорода при разной температуре.

*Цель задачи* — установить смещения уровня обмена веществ под воздействием меняющейся температуры среды у пойкилотермных и гомойотермных животных. Данные опытов должны показать разницу в типе ответной реакции организма на изменения температуры среды у этих двух групп животных.

Для выполнения задачи важно познакомиться с различными типами респирационных приборов и получить навык в работе с ними, а также закрепить навык в создании и поддержании заданной температуры в опыте.

#### Методика

В качестве показателя изменений уровня обмена веществ у подопытных животных используется изменение потребления ими кислорода. Учитывая потребление кислорода животными, помещенными в камеры с различной температурой, мы получаем ответ на вопрос, сформулированный в названии задачи.

Приборы, служащие для измерения газообмена у мелких позвоночных, можно подразделить на два основных типа. Одни из них представляют собой герметические камеры с приспособлениями для взятия проб воздуха, находящегося в камере. Взятые пробы воздуха анализируют на содержание кислорода и углекислого газа. Зная объем воздуха в камере и процентное содер-



жание в нем кислорода и углекислого газа в начале и в конце опыта, можно легко рассчитать количество потребленного животным кислорода и выделенного углекислого газа (А. Д. Слоним, 1952). Недостатком этого типа респирационных камер является непостоянство давления и газового состава воздуха в камере во время опыта. Серьезным преимуществом, особенно привлекающим к ним внимание физиологов, является возможность точного определения дыхательного коэффициента.

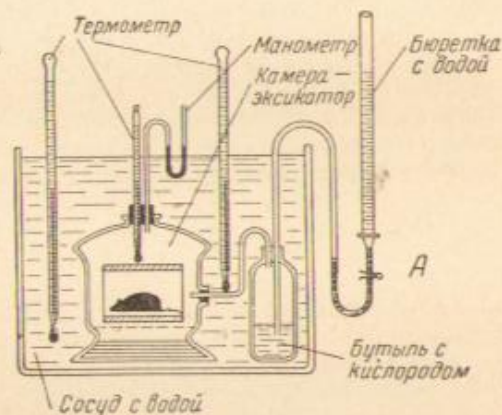


Рис. 6. Респирационный прибор Н. И. Калабухова (1951)

Другие приборы представляют собой камеры, не дающие возможности учесть выделяемый углекислый газ, но зато позволяющие проводить длительные опыты при неизменных давлении и газовом составе воздуха в камере. Эти камеры обычно применяются экологами. Такова камера, предложенная Н. И. Калабуховым (рис. 6). Животное в клеточке, ограничивающей его движения, помещается в эксикатор с герметически притирающейся крышкой, на дно которого налит 10—15% раствор щелочи (NaOH или KOH) для поглощения углекислого газа. Через отверстие в крышке эксикатора введены термометр и манометр, заполненный подкрашенной водой, для контроля за температурой и давлением в камере во время опыта. Эксикатор соеди-

нен резиновым шлангом<sup>1</sup> с бутылкой, наполненной кислородом, в которую введена трубка, подводящая воду из градуированной бюретки.

Принцип действия этого прибора основан на том, что за счет поглощения животным кислорода в камере несколько понижается давление. Это изменение давления отмечается манометром — мениски жидкости в его трубках устанавливаются на разном уровне. Экспериментатор, следя за менисками манометра, время от времени доливают воду из бюретки в бутылку с кислородом. При этом кислород вытесняется из бутылки и поступает в камеру взамен потребленного животным, выравнивая давление в камере. Таким образом, объем воды, выпущенной из бюретки в бутылку с кислородом, соответствует объему потребленного животным кислорода.

Следует отметить, что раствор щелочи слабо поглощает водяные пары, вследствие чего в камере создаются условия почти полного насыщения воздуха выдыхаемыми животным водяными парами, что может влиять на условия терморегуляции и тем самым — на окончательный результат опыта. Для устранения этого явления рекомендуется применять сухую щелочь; при этом, поскольку поверхность кристаллов щелочи довольно быстро покрывается слоем соды (или поташа), перед каждым опытом ее надо слегка помешивать стеклянной палочкой. Расход щелочи при этом больше, но опыт протекает в более благоприятных условиях. Очень удобно использовать специальный сухой поглотитель углекислого газа — «аскарит».

Несколько более усложненная конструкция респирационного прибора применяется на кафедре зоологии позвоночных МГУ (см. рис. 7). Принцип действия этого прибора в общих чертах тот же, но подача кислорода в камеру с животным осуществляется автоматически из градуированной бюретки, в которой он постоянно находится при атмосферном давлении. Ушедший из бюретки кислород замещается водой, что позволяет точно его учитывать.

Животное помещается в герметически закрытую камеру. Это может быть эксикатор, как в приборе Калабухова,

<sup>1</sup> Этот шланг должен быть составным и иметь посередине соединение при помощи отрезка стеклянной трубки.

или металлическая камера (рис. 7-11), в которую впаяны металлические сеточки, отделяющие клеточку (12) с животным от насыпаемой в пространство между сеточками и стенками камеры сухой щелочи (NaOH или KOH). По верхнему краю такой камеры делается паз, заполняемый вазелином или солидолом. В этот паз входит край крышки, имеющей стекло, отверстие для введения пробки с термометром (13) и трубку (15) для соединения с манометром (14) и с системой подачи кислорода. Эта последняя состоит из резервуара с водой (1); сосуда (2), поддерживающего постоянный уровень воды в системе; заполненной кислородом градуированной бюретки (5), боковой отрезок (4) которой соединен с сосудом постоянного уровня, а верхний — с U-образной трубкой (7) с хлористым кальцием для осушения кислорода; трехходового крана (8), соединяющего кислородную систему, камеру и атмосферный воздух или кислородный резервуар; крана (9), через который осуществляется соединение с атмосферным воздухом, и крана (10), соединяющего систему с кислородным резервуаром. В качестве последнего может быть использована обычная кислородная подушка или даже наполненная кислородом волейбольная камера.

Уровень воды в трубке (4) регулируется таким образом, чтобы при атмосферном давлении вода находилась у самого конца трубки и при малейшем понижении давления поступала бы в бюретку. Во время опыта за счет поглощения животным кислорода давление в камере и бюретке несколько понижается, и вода поступает в бюретку до тех пор, пока давление не вернется к атмосферному<sup>1</sup>. Таким образом, по количеству поступившей в бюретку воды мы можем судить о количестве потребленного животным в течение опыта кислорода.

Можно смонтировать несколько таких приборов вместе. В этом случае система подачи воды может быть общей, так же как и система соединения с атмосферным воздухом и кислородным резервуаром. Все краны удобнее вынести на одну общую панель (см. рис. 8).

Удобна также и автоматическая респираторная установка, предложенная Г. Н. Скворцовым (1957)

<sup>1</sup> Практически вода поступает в бюретку непрерывно, и в течение всего опыта поддерживается постоянное давление, очень близкое к атмосферному.

и изображенная на рис. 9. Устройство установки следующее: заполненная водой бюретка «А» (500—600 мл) закрывается сверху при помощи стеклянной пробочки (1) и имеет внизу два патрубка (2 и 3), первый из которых изогнут под прямым углом. Патрубок (3) располагается несколько ниже патрубка (2) и при помощи резиновой трубки сообщается с регулятором давления «Б». Последний представляет собой широкую стеклянную трубку. Сверху к ней припаян манометр (4), сбоку имеются две изогнутых под прямым углом стеклянные трубочки: патрубок (6), соединенный с бюреткой через патрубок (3), и патрубок (5), который при помощи резиновой трубки через тройник (10—11—12) соединяет регулятор давления с кислородной бутылкой «В». С этой же бутылкой регулятор давления соединен еще и резиновой трубкой, идущей от нижней суженной части регулятора давления (7) к стеклянной трубке (8), вмонтированной, как и тройник (10—11—12), в пробку кислородной бутылки.

Кислородная бутылка «В» объемом 0,5—2,0 л имеет в пробке еще одну стеклянную трубку (9) — длинную, лишь на 0,5 см не доходящую до дна бутылки и закрытую сверху резиновым колпачком.

Камера «Г» представляет собой стеклянный эксикатор. На дне его находится поглотитель углекислоты, в крышке укреплена стеклянная трубка (13), предназначенная для соединения эксикатора с тройником (10—11—12) при помощи резинового шланга.

Принцип действия установки аналогичен уже описанному. За счет поглощения животным кислорода в системе: камера «Г» — бутылка «В» — регулятор давления «Б», создается некоторое разрежение. При определенной его степени в регулятор давления через патрубок (6) поступает из бюретки вода; одновременно через патрубок (2) в бюретку проскакивают пузырьки воздуха. Поступившая в регулятор давления вода по трубкам (7—8) попадает в бутылку и вытесняет оттуда кислород в камеру. Процесс этот продолжается до выравнивания давления в системе (практически — в течение всего опыта, так как за счет дыхания животного в системе все время создается дополнительное разрежение). Убыль воды в бюретке показывает количество кислорода, потребленного животным в течение опыта.

Для создания необходимой температуры камеру с животным (а при пользовании приборами системы Калабухова и Скворцова — и сосуд с кислородом) помещают в бак с водой нужной температуры и закрепляют ее там при помощи специальных зажимов или груза, прикрепленного к камере. Можно (и очень удобно) использовать для поддержаний нужной температуры в камере термостаты и холодильники, оборудованные терморегулирующими устройствами и внутренним светом.

Опыт (отсчет) можно начинать лишь тогда, когда температура в камере установится на постоянном уровне, близком к заданному. Во время опыта следует внимательно следить за тем, чтобы температура в камере не менялась, своевременно доливая в бак горячую или холодную воду или производя необходимую регулировку термостатического прибора.

Запись данных опыта производится по следующему образцу:

Наблюдатели \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_  
 Вес \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

№ опыта	Температура в лаборатории	Давление в лаборатории	Температура в камере		Уровень воды в бюретке		Потребление O <sub>2</sub> за ... мин.	То же на 100 г в час	То же при 0° и 760 мм рт. ст.
			начальная	конечная	начальная	конечная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Литература

- Бескровный М. А., 1953, стр. 76—84, 87—89, 205—207;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 18—24, 34—35, 75—77, 162—163;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 67—68;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 293—313;  
 Слоним А. Д., 1952, стр. 11—78; 106—176;  
 Антошкина Е. Д., 1939;  
 Быков К. М., и др., 1954;

- Калабухов Н. И., 1940—6;  
 Наумов Н. П., 1948;  
 Ольгинская Р. П., Исаакян Л. А., 1959;  
 Скворцов Г. Н., 1957;  
 Слоним А. Д., 1937;  
 Слоним А. Д., 1953;  
 Слоним А. Д. и Безуевская Р. А., 1940;  
 Шиллов И. А., 1957;  
 Balduin and Kendeigh, 1932.

### Технические указания

Для проведения этого занятия необходимо иметь:

1. Подопытных животных: ящериц, мелких птиц, мелких грызунов (по 1 пойлотермному и 1 гомойотермному животному на каждую бригаду студентов).
2. Респираторные приборы (в собранном виде) — по 2 на каждую бригаду.
3. Баки для воды<sup>1</sup> — по 1 на бригаду. Размеры баков должны быть таковы, чтобы в каждом из них свободно помещались 2 камеры.

4. Термометры для измерения температуры воды в баках<sup>1</sup> — 1 на бригаду.

5. Часы — 1 на бригаду.

Удобнее всего использовать фотографические часы, которые по истечении заданного срока дают звонок. Можно также пользоваться песочными часами, секундомером или обычными часами.

6. Электроплитки или кипятильники, позволяющие иметь запас горячей воды<sup>1</sup>.

7. Запас льда в холодильнике<sup>1</sup>.

8. Маленькие клеточки для подопытных животных — по количеству животных. Их размер должен быть таков, чтобы максимально ограничивать подвижность животных.

9. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду.

10. Корнцанги — 1 на бригаду.

11. Едкая щелочь.

12. Вазелин или солидол.

13. Хлористый кальций.

14. Кислород.

<sup>1</sup> При использовании в качестве «климатических камер» термостатов и холодильников не требуется.

## Порядок работы

### Вариант I

Прибор системы Калабухова (см. рис. 6)

1. Осмотреть респираторный прибор. Проверить правильность монтажа и исправность трубок и крана.

2. Наполнить кислородом бутылку — резервуар:

- заполнить ее водой;
- к длинной стеклянной трубке присоединить шланг от кислородной подушки;
- открыть кран кислородной подушки;
- перевернуть бутылку над раковиной пробкой вниз. Из сосуда через короткую трубку будет вытекать вода, а на ее место поступать кислород;
- когда воды в бутылке останется немного (слой в 1—2 см), закрыть зажимами сначала шланг, идущий от короткой трубки, а затем — от длинной;
- закрыть кран кислородной подушки и отделить ее от резервуара.

3. Поместить бутылку — резервуар, в бак с водой и укрепить ее там.

4. Соединить длинную стеклянную трубку бутылки с бюреткой, заполненной водой. Открыть зажим, пустить в бутылку немного воды, чтобы она заполнила всю длинную трубку. Резко открыть зажим у короткой трубки — «вытолкнуть» из нее водяную пробку. Закрыть зажим.

5. Установить нужную температуру воды в баке.

6. Взвесить подопытное животное. Поставить клеточку с животным в камеру.

7. Проверить герметичность камеры — через резиновый шланг слегка отсосать воздух из камеры и, зажав шланг зажимом, следить за положением жидкости в манометре. Нарушение разности уровней свидетельствует об отсутствии герметичности. В этом случае нужно густо промазать вазелином края крышки и эксикатора и плотно притереть крышку.

8. Поместить камеру в бак с водой.

9. Когда температура в камере установится на постоянном уровне, открыть зажим на короткой трубке бутылки с кислородом и соединить ее с камерой. (Сле-

дить, чтобы в шланге или короткой трубке не сохранилась водяная пробка.) Одновременно пустить часы (отметить время). Записать уровень воды в бюретке и температуру в камере.

10. Следя за манометром, время от времени поворотом крана бюретки подавать воду в бутылку с кислородом — до выравнивания уровней жидкости в манометре.

11. По истечении времени опыта закрыть зажим на короткой трубке бутылки с кислородом и разъединить ее с камерой.

12. Отметить уровень воды в бюретке и температуру камеры.

13. Вынуть камеру из бака с водой, открыть крышку и вынуть клеточку с животным.

### Вариант II

Прибор с автоматической подачей кислорода (рис. 7, 8)

1. Осмотреть респираторный прибор, проверить правильность его монтажа. Осмотр вести последовательно:

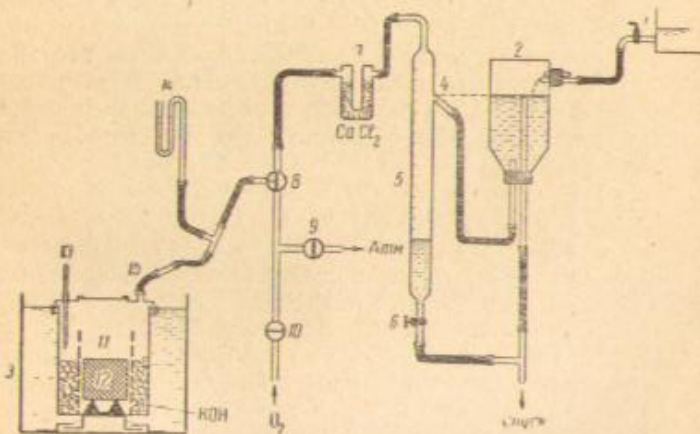


Рис. 7. Респираторный прибор с автоматической подачей кислорода (схема). Объяснения в тексте

- а) Система подачи кислорода: кислородный резервуар — бюретка — камера — манометр.
- б) Система подачи воды: резервуар — сосуд постоянного уровня — бюретка — спуск.

Проверить исправность кранов, стеклянных трубок и резиновых шлангов, правильность подачи воды, наличие кислорода, щелочи, хлористого кальция. Устранить замеченные неисправности. Отъединить камеру от бюретки и манометра.

2. Проверить герметичность и отрегулировать подачу воды в бюретку.

- а) Поворотом крана водонапорного бака (рис. 7-1) включить подачу воды в резервуар постоянного уровня.
- б) Поворотом крана (8) в положение 1— соединить бюретку с наружным воздухом и закрыть соединение ее с камерой. {Кран (9) — открыт, кран (10) — закрыт!}
- в) Поднимая или опуская бюретку, на глаз установить мениск воды в трубке (4) у самого входа в бюретку.
- г) Через трубку, присоединенную к крану (9), подать в бюретку немного воздуха (ртом или резиновой грушей) так, чтобы мениск в трубке (4) сдвинулся на 1—2 см от входа в бюретку.
- д) Закрыть кран (9). Если после этого мениск возвращается в прежнее положение, это значит, что система не герметична и нужно тщательно проверить все трубки и шланги, замазать вазелином места соединений и промазать краны.
- е) Открыв кран (9), вновь установить мениск у входа в бюретку. Отрегулировать, слегка передвигая бюретку вверх и вниз, положение мениска. При нормальном положении мениска [слегка потянуть на себя через трубку (9) ртом или резиновой грушей] должно вызывать поступление воды в бюретку. При прекращении разрежения должно прекращаться и поступление воды. Если этого не происходит, бюретку нужно слегка приподнять.

3. Заполнить бюретку кислородом.

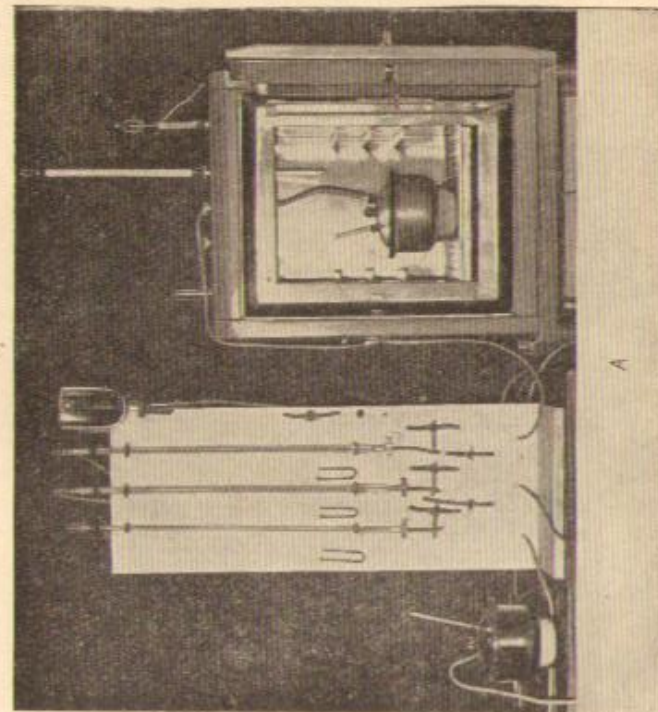
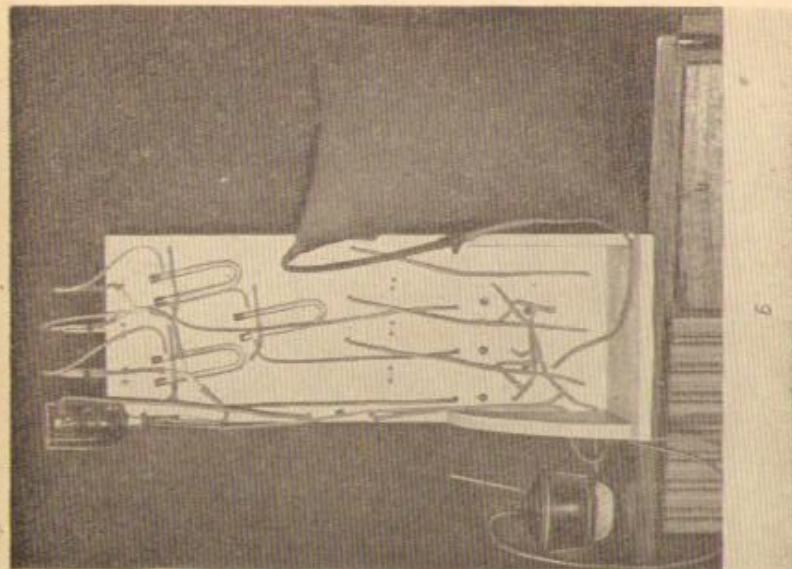


Рис. 8. «Батарея» из трех респираторных приборов. А — общий вид, Б — задняя сторона панели

- а) Ртом или резиновой грушей отсасывать воздух из бюретки через кран (9). При этом в бюретку через трубку (4) будет поступать вода. Отсасывание прекратить, когда бюретка наполнится водой, не допуская попадания воды в верхнюю трубку бюретки.
  - б) Закрывать кран (9).
  - в) Открыть кран кислородного резервуара и кран (10).
  - г) Открыв кран (6) бюретки, постепенно спускать воду. Взамен воды в бюретку поступает кислород из резервуара.
  - д) Когда мениск воды в бюретке дойдет до нижнего деления, закрыть кран (6) бюретки.
  - е) Закрывать кран (10) и кран кислородного резервуара.
  - ж) Открыть кран (9). При этом давление в приборе выравнивается с атмосферным.
  - з) Переключить кран (8) на одновременное соединение бюретки с наружным воздухом и с камерой (положение -1).
  - и) Выключить подачу воды в резервуар постоянного уровня, повернув кран водонапорного бака (1).
4. Налить в бак (3), предназначенный для размещения камер, воды и, добавляя горячую воду или лед, довести ее температуру до заданной. (При пользовании термостатами и холодильником проверить температуру в них и при необходимости подрегулировать приборы.)
- 5. Взвесить подопытных животных (см. задачу № 1).
  - 6. Поместить клеточку с животным в камеру.
  - 7. Укрепить камеру в баке.
  - 8. Выждав, пока температура в камере установится на постоянном уровне (равном или очень близком к заданной температуре), проверить герметичность камеры:
    - а) поворотом крана (8) в положение Т соединить камеру с атмосферным воздухом, выключив ее соединение с бюреткой.
    - б) Соединить разобщенные концы резинового шланга (15), соединяющего камеру с прибором.

- в) Через трубку, присоединенную к крану (9), слегка отсосать воздух из камеры (ртом или резиновой грушей). Жидкость в трубках манометра при этом устанавливается на разном уровне.
- г) Закрывать кран (9). Если при этом уровни жидкости в коленах манометра выравниваются, то герметичность отсутствует, и камера требует ремонта.

Если в качестве респирационной камеры употребляется стеклянный эксикатор, то проверку герметичности можно производить до помещения камеры в бак с водой. Отсутствие герметичности в этом случае чаще всего объясняется неплотным прилеганием крышки эксикатора к корпусу. Для устранения этого дефекта следует густо промазать вазелином края крышки и корпуса и затем плотно прижать крышку к корпусу, совершая при этом легкие круговые движения.

- д) Открыть кран (9).

9. Еще раз проверить, установилась ли температура в камере на постоянном уровне.

10. Поворотом крана водонапорного сосуда (1) включить подачу воды в систему.

11. Отметить уровень воды в бюретке и температуру в камере.

12. Пустить контрольные часы (отметить время по обычным часам) и поворотом крана (8) в положение  $\perp$  соединить бюретку и камеру, выключив их соединение с наружным воздухом.

13. В течение опыта следить за температурой воды в баке (термостате, холодильнике) и за положением уровня контрольного манометра. Уровень жидкости в трубках манометра должен быть почти одинаковым. Резкие, но кратковременные, изменения уровня могут происходить за счет движений животного. Если разность уровней жидкости постоянно нарастает, это указывает на неисправность прибора. Опыт в этом случае нужно прекратить и, найдя и устранив неисправность, начать сначала.

14. По истечении срока опыта (30 минут)<sup>1</sup> поворотом крана (8) в положение Т выключить соединение бюретки с камерой, соединив камеру с наружным воздухом.

15. Отметить уровень воды в бюретке и температуру в камере.

16. Закрывать кран (1) — выключить подачу воды в систему.

17. Разъединить шланги, соединяющие камеру с прибором, вынуть камеру из бака с водой (термостата, холодильника), вынуть клеточку с животным из камеры.

### Вариант III

#### Автоматическая респираторная установка Скворцова (рис. 9)

1. Осмотреть установку. Проверить правильность монтажа, исправность трубок и соединений.

2. Заполнить бюретку «А» водой:

- а) отключить регулятор давления от кислородной бутылки, разъединив резиновые трубки с трубкой (8) и тройником (10—11—12);
- б) закрыть зажимом резиновую трубку (3—6);
- в) открыть стеклянную пробочку (1);
- г) через патрубок (2) заполнить бюретку водой;
- д) закрыть пробочку (1);
- е) открыть зажим на трубке (3—6);
- ж) приподнимая [если вода не заполняет патрубок (6) доверху] или слегка опуская (если вода вытекает из этого патрубка) бюретку, добиться такого положения, чтобы вода выступала над верхним срезом патрубка (6) в виде полусферы.

3. Проверить чувствительность и герметичность установки:

- а) заполнить манометр (4) подкрашенной жидкостью;
- б) подключить резиновую трубку, идущую от патрубка (7), к трубке (8) (кислородная бутылка заполнена водой!);
- в) через шланг, идущий от патрубка (5), слегка отсасывать воздух. При достижении разрежения, равного 1—2 мм водяного столба, в регу-

лятор давления через патрубок (6) должна поступать вода. При прекращении разрежения должна прекращаться и подача воды. Если этого не происходит, еще раз отрегулировать

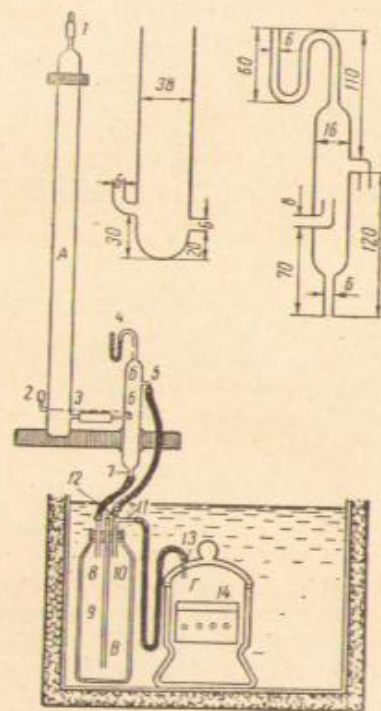


Рис. 9. Автоматическая респираторная установка (по Скворцову, 1957).  
Объяснения в тексте

прибор (см. пункт 2-ж этого варианта). Если не удастся вызвать разности уровней жидкости в манометре, значит, отсутствует герметичность. В последнем случае нужно тщательно проверить все соединения и устранить неисправность;

- г) присоединить шланг, идущий от патрубка (5) к вертикальному колену тройника (12).
4. Заполнить бутылку «В» кислородом:
- а) поместить бутылку в бак с водой (температура воды регулируется заранее в соответствии с условиями опыта);
  - б) закрыть зажимами трубки (7—8) и (5—12);
  - в) снять резиновый колпачок с трубки (9);
  - г) соединить шлангом горизонтальное колено тройника (11) с кислородной подушкой;
  - д) открыть кран кислородной подушки. Под некоторым давлением в бутылку начинает поступать кислород, вытесняя воду через трубку (9). Когда из верхнего отверстия трубки (9) начнут появляться пузырьки газа, подачу кислорода прекратить (закрыть кран кислородной подушки);
  - е) отключить кислородную подушку от бутылки;
  - ж) закрыть колпачок на трубке (9);
  - з) открыть зажимы на трубках (7—8) и (5—12);
5. Взвесить подопытное животное.
6. Поместить клеточку с подопытным животным в камеру. Плотно притереть крышку.
7. Поместить камеру в бак с водой, укрепить ее там. (Следить, чтобы шланги, идущие от камеры и от горизонтальной трубки тройника, не залило водой!)
8. После того как температура в камере установится на нужном уровне, отметить время, записать показания бюретки и температуру в камере и соединить камеру с горизонтальной трубкой тройника (11).
9. По окончании опыта записать показания бюретки и температуру в камере, отсоединить камеру от горизонтального колена тройника (11), вынуть ее из бака и вынуть клеточку с животным из камеры.

С каждым животным опыты провести при температуре 25°, 20° и 15°.

Запись данных опыта рекомендуется вести в протоколе приведенного выше образца (см. стр. 34). Графы 1—7 заполняются непосредственно во время проведения опыта. Остальные графы, включающие данные расчетов, можно заполнить по окончании экспериментов.

В графе 8 отмечается разность показаний бюретки до и после опыта, то есть фактическое потребление кислорода животным за время опыта.

Если температура в камере за время опыта несколько изменилась, то необходимо внести поправку на изменение объема воздуха в камере за счет его расширения или сжатия (закон Гей-Люссака). Для вычисления поправки применяется формула:

$$v_t = v_0 + \frac{M(t_2^0 - t_1^0)}{273},$$

где  $v_t$  — искомая величина (объем потребленного кислорода с поправкой на изменение температуры),  $v_0$  — объем кислорода, потребленного за время опыта (без поправки),  $M$  — объем камеры,  $t_1^0$  — температура в камере в начале опыта,  $t_2^0$  — температура в камере в конце опыта. При пользовании приборами системы Калабухова и Скворцова, т. е. в тех случаях, когда кислородный резервуар находится в одинаковых температурных условиях с камерой, этой поправки не требуется.

Важно помнить, что большие колебания температуры в опыте недопустимы.

Чтобы полученные данные были сравнимы для животных разного размера, нужно рассчитать потребление кислорода на 100 г веса<sup>1</sup> животного в час (графа 9). Расчет производится по следующей простой формуле:

$$v = \frac{v_t \cdot 100 \cdot 60}{g \cdot t}$$

где  $v$  — искомое количество,  $v_t$  — количество кислорода, потребленного в опыте (графа 8),  $g$  — вес животного,  $t$  — время опыта в минутах.

Полученный объем кислорода нужно привести к нормальным условиям, т. е. к 0° и 760 мм давления. Для этого в таблице (см. приложения 1, 2) находят поправочный коэффициент для условий опыта (давление и температура кислородного резервуара) и умножают на него полученную величину (графа 9). В номограмме (см. при-

<sup>1</sup> Или на 1000 г веса.



ложение 2) при вычислении поправочного коэффициента надо использовать ось «влажный газ», так как в кислородном резервуаре газ насыщается водяными парами.

Рекомендуется построить график зависимости потребления кислорода от температуры для каждого подопытного животного. Для этого в системе координат по оси абсцисс отложить температуру, а по оси ординат — потребление кислорода.

### Обсуждение результатов

Анализируя полученные в опытах данные (рис. 10), мы видим, что изменение интенсивности обмена веществ (потребления кислорода) под воздействием меняющейся температуры среды происходит по-разному у пойкилотермных и у гомойотермных животных.

У пойкилотермных животных понижение температуры среды ведет к понижению интенсивности обмена веществ, что в наших опытах выражается меньшим потреблением кислорода за тот же промежуток времени. Такой ответ животного на снижение температуры среды понятен — известно, что скорость биохимических реакций снижается по мере снижения температуры, при которой эти реакции протекают. Замедление скорости обменных реакций в организме животного ведет к уменьшению теплообразования. Это объясняет уже отмеченное нами в задаче № 1 снижение температуры тела подопытных пойкилотермных животных при снижении температуры среды.

Повышение температуры среды ведет к обратным явлениям.

У гомойотермных животных наблюдается совершенно иная зависимость интенсивности обмена веществ от температуры среды — понижение внешней температуры вызывает повышение интенсивности обмена веществ. В наших опытах это выражается в увеличении потребления кислорода за тот же промежуток времени. Этим отчасти и объясняется устойчивость температуры тела, отмеченная нами раньше: за счет усиления обмена веществ продуцируется больше тепла. Иными словами, увеличение теплоотдачи, которое возникает при снижении температуры среды, компенсируется повышением теплопродукции; температура тела при таких условиях сохраняется постоянной.

Регуляция теплопродукции организма, выражающаяся в рефлекторном повышении уровня обмена веществ при снижении температуры среды, носит название химической терморегуляции.

Большую роль в этом процессе играет центральная нервная система. Повышение интенсивности обмена веществ в организме представляет собой, как уже сказано, рефлекторный ответ на воспринимаемое терморецепторами снижение температуры среды. Парадоксаль-

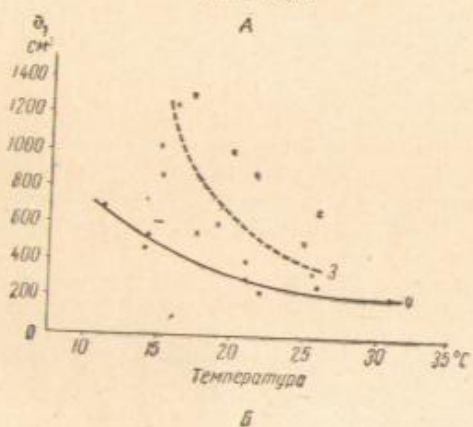
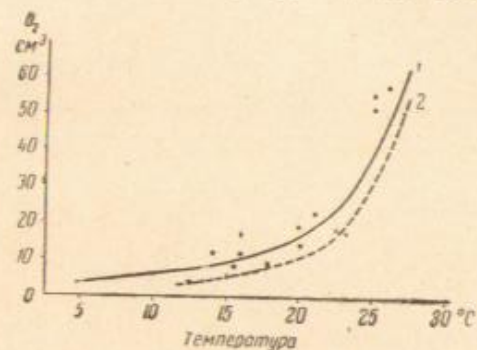
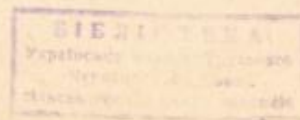


Рис. 10. Зависимость интенсивности потребления кислорода от температуры среды у пойкилотермных (А) и гомойотермных (Б) животных: 1—кавказская агама; 2—травяная лягушка; 3—большая синица; 4—лесная мышь



ная на первый взгляд картина, когда снижение температуры ведет к интенсификации биохимических реакций, объясняется быстрой передачей нервных раздражений, в результате чего температура «внутренней среды» организма, при которой осуществляются эти реакции, не успевает снизиться. В работе механизмов химической теплорегуляции участвуют также и гуморальные факторы.

Наличие активной регуляции теплообмена качественно отличает гомойотермных животных от пойкилотермных, у которых этот механизм отсутствует.

Следует оговориться, что зона температур, при которых действуют механизмы теплорегуляции, не безгранична.

Пределы приспособляемости животного к изменениям температуры среды различны у разных видов. Но во всех случаях снижение температуры среды ниже определенного предела ведет к преобладанию теплоотдачи над теплопродукцией, а вследствие этого — и к снижению температуры тела. Гомойотермные животные, в отличие от пойкилотермных, плохо переносят понижение температуры тела; оно ведет к быстрому нарушению согласованности процессов обмена веществ и нередко оканчивается гибелью животного.

Повышение температуры среды также не беспредельно влечет за собой снижение обмена веществ. При определенной температуре (она носит наименование «критической точки») уровень обмена веществ достигает своего минимума. При этой температуре тепловой баланс животного наиболее «экономен» — теплоотдача такова, что она полностью компенсирует то тепло, которое производится в процессе нормальной жизнедеятельности организма. Дальнейшее повышение температуры среды ведет к тому, что в организме начинает накапливаться «излишнее» тепло. В этих условиях включаются в действие механизмы так называемой физической теплорегуляции, предохраняющие организм от перегревания (сосудистая регуляция, полипноэ). Осуществление этих физиологических реакций требует определенных затрат энергии. В результате уровень обмена веществ вновь начинает нарастать. И в этом случае при определенной степени повышения температуры среды (разной для разных ви-

дов) механизмы регуляции теплоотдачи уже не могут предотвратить перегревания организма. Это ведет к нарушению согласованности отдельных жизненных процессов и в конце концов к гибели животного.

Отмеченные закономерности имеют большое биологическое значение. У пойкилотермных животных снижение интенсивности обмена веществ при низкой температуре среды уменьшает расход энергии и потребность в корме и позволяет им пережить суровое время года в состоянии оцепенения. Такое свойство этих животных можно рассматривать, как пассивное приспособление к перенесению низких температур.

Гомойотермные животные, сохраняя постоянную температуру тела, то есть именно ту температуру, при которой нормально протекают реакции обмена веществ, в состоянии переносить низкие температуры воздуха, не теряя активной жизнедеятельности. Это активный путь приспособления к низким температурам среды, он рассматривается как более прогрессивный; благодаря ему птицы и млекопитающие в состоянии вести активный образ жизни в течение всего года и заселять климатические зоны, характеризующиеся стойким и длительным действием низких температур. Однако осуществление реакций теплорегуляции сопряжено со значительным расходом энергии. Организм животного нуждается в постоянном ее возобновлении. Поэтому для гомойотермных животных, обитающих в суровых климатических условиях, в холодное время года лимитирующим фактором служит обычно наличие корма и возможность его добывания. С этим обстоятельством связан целый ряд биологических особенностей животных — сезонная смена кормов, миграции и др.

### Задача № 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОТАКТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГРЫЗУНОВ

### Общие замечания

Приспособления животных к температурным условиям среды не исчерпываются наличием химической теплорегуляции, то есть регуляции теплопродукции.

Важной приспособительной особенностью животных является способность их к активному избиранию температурных условий, наиболее близких к оптимальным. В природной обстановке никогда не наблюдается строгого постоянства температур на большой территории. Особенности экспозиции различных участков местности, их рельефа и растительности создают сложность микроклимата, которая и может быть использована животным при выборе наиболее подходящих мест для поселения. Способность большинства животных к устройству нор, гнезд и использованию иного типа убежищ еще более увеличивает их возможность поддержания наиболее благоприятного температурного баланса организма со средой.

Активным выбором благоприятных температурных условий объясняются в ряде случаев и такие широко известные биологические явления, как сезонная смена мест обитания, характер суточной активности и многие другие.

Способность животных к активному перемещению в поисках наиболее благоприятных с точки зрения теплообмена мест может быть использована в эксперименте для определения предпочитаемой этими животными температуры (точнее — температурной зоны).

При этом следует иметь в виду, что животные предпочитают такие температуры, при которых их обмен может поддерживаться на наиболее экономном, минимальном уровне. Это означает, что определенная в опыте предпочитаемая температура (так называемый термотактический оптимум) зависит, с одной стороны, от условий теплоотдачи данного животного, с другой — от свойственного ему уровня обмена веществ, определяемого приспособлением к обитанию в характерных для данного вида географических и биотопических условиях.

*Цель задачи* — определить предпочитаемые температуры для разных видов грызунов, отличающихся географическим распространением, предпочитаемыми станциями обитания и размерами тела.

В процессе работы необходимо познакомиться с различными конструкциями термоградиентприборов, получить навык в работе с этими приборами и в обработке полученных данных.

## Методика

Для определения предпочитаемой температуры животное помещают в камеру, на полу которой создается постоянный градиент температуры от одного конца к другому. Свободно перемещаясь внутри камеры, животное придерживается определенной ее части, температура которой, воспринимаемая в первую очередь ступнями лап от пола, оказывается для него наиболее благоприятной. Подобная камера носит название термоградиентприбора. Наиболее простая схема его, разработанная Гертером (Herter K., 1934, 1936), представлена на рис. 11.

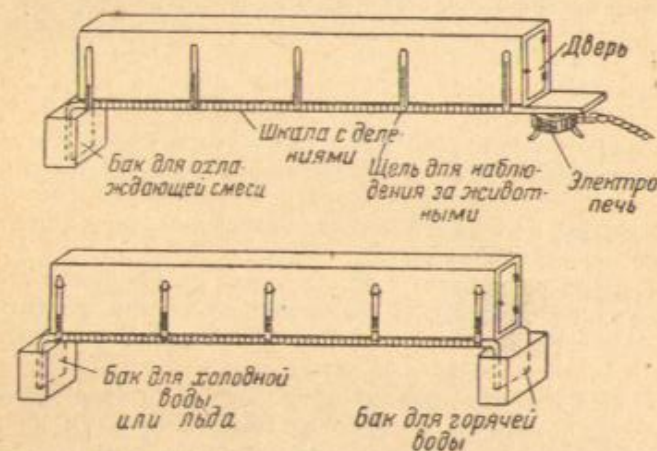


Рис. 11. Термоградиентприбор (по Калабухову, 1951).

Прибор представляет собой длинный (120—150 см) ящик-клетку, передняя и задняя стенки которой сделаны из стекла или затянуты сеткой. На торцевых концах прибора имеются дверцы. Полезно иметь открывающуюся крышку прибора. Передняя стенка прибора по всей длине прикрыта картонной или фанерной полосой с таким расчетом, чтобы внизу, вдоль пола, оставалась лишь узкая (1—1,5 см) щель для наблюдения за находящимися в приборе животными.

Дно прибора сделано из толстой металлической пластины (медь или алюминий). Длина этой пластины боль-

ше длины прибора на 30—40 см. Концы ее свободно выступают с обеих торцевых сторон прибора.

Прибор устанавливается на подставке. Под один из свободных концов металлического пола ставят электроплитку. Электроплитку удобнее включать в сеть через реостат — это дает возможность регулировать величину нагрева пластины. Другой конец пластины пола изгибают вниз и опускают в бак со льдом или охлаждающей смесью (см. приложение 3). Таким образом, один конец пола нагревается до 40—50°, а другой — охлаждается до +5—10° С.

Благодаря хорошей теплопроводности металлического пола, в приборе создается необходимый градиент температуры. Для контроля за изменением температуры в приборе по всей его длине устанавливают термометры. Они размещаются на передней стенке прибора на равном расстоянии друг от друга. Баллончики термометров укрепляют в пластине пола, для чего в ней высверливаются специальные углубления. Здесь же, на передней стенке, по всей длине прибора располагают сантиметровую шкалу, по которой можно регистрировать положение животного в приборе.

Прибор располагают на столе или специальном стеллаже таким образом, чтобы экспериментатору, помещающемуся у передней стенки, было удобно вести наблюдения и записывать данные опыта.

Описанная конструкция обладает одним недостатком, особенно заметным при работе с грызунами. Этим животным свойственна отчетливая тяга к убежищам. Попадая в прибор, они все время стараются проникнуть в один из его углов, нарушая таким образом возможность точной фиксации их отношения к температурному градиенту в камере.

Для устранения этого недочета Н. И. Калабуховым (1950) сконструирован кольцеобразный термоградиент-прибор, не имеющий углов. Отличие этого прибора от только что описанного заключается лишь в том, что ему придается форма кольца — таким образом, чтобы нагреваемый и охлаждаемый концы пола были сближены. При такой конструкции прибор не имеет замкнутых тупиков, так привлекающих мелких животных, и их размещение в приборе определяется только темпера-

турными условиями. Термометры и смотровая щель в этом приборе располагаются по внутренней его стенке. Экспериментатор, сидя внутри кольца на вращающемся табурете, имеет возможность вести наблюдения по всей длине прибора.

Порядок работы с прямым и кольцеобразным термоградиент-приборами принципиально не отличается, поэтому в дальнейшем дается общее описание работы без ссылок на конструкцию приборов.

Запись наблюдений можно вести по следующему образцу:

Наблюдатели: \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_

Вес \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Время от начала опыта (мин)								
	0	3	6	9	12	15	18	...
Наблюдения								
Показания термометров (°С):								
№ 1 (0 см) . . . . .								
№ 2 (. . см) . . . . .								
№ 3 (. . см) . . . . .								
. . . . .								
. . . . .								
. . . . .								
. . . . .								
Местонахождение животного в момент наблюдения (расстояние от „холодного“ конца прибора в см) . . . . .								
Температура в месте нахождения животного								

### Литература

Бескровный М. А., 1953, стр. 111—113;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 26—30; 63—68;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 60—64;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 317—323;  
 Слоин А. Д., 1952, стр. 20—32;  
 Башенина Н. В., 1953;

Калабухов Н. И., 1939-а;  
Калабухов Н. И., 1939-в;  
Калабухов Н. И., 1943;  
Наумов Н. П., 1948;  
Пономарев Л. Л., 1944;  
Черномордиков В. В., 1943;  
Чугунов Ю. Д., Кудряшова Н. И., Чугунов Н. Д., 1956;  
Herter K., 1934;  
Herter K., 1936;

### Технические указания

Для работы необходимо иметь:

1. Подопытных животных: различные виды мышей и полевок — по 2—3 зверька на бригаду.
2. Термоградиентприборы.
3. Запас льда в холодильнике.
4. Электроплитки.
5. Реостаты.
6. Маленькие клеточки для взвешивания животных (по числу животных).
7. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду.
8. Корнцанги — 1 на бригаду.
9. Часы: песочные трехминутные, секундомер или обычные часы — 1 на бригаду студентов.

Опыты по определению термотактического оптимума часто дают сбивчивые результаты. Для получения отчетливых данных нужно чтобы в опыте было использовано как можно больше животных при условии по крайней мере двукратного испытания каждой особи.

Подбор подопытных животных полезен произвести таким образом, чтобы в опытах использовались близкие виды, отличающиеся характерными станциями обитания (например, рыжая лесная полевка — обыкновенная полевка — полевка-экономка) или географическим распространением (например, лесной лемминг — обыкновенная полевка — степная пеструшка). Хорошо также подобрать серию животных одного вида, заметно отличающихся размерами тела.

### Порядок работы

1. Осмотреть прибор; проверить исправность термометров и электроплитки.
2. Создать в приборе градиент температуры:

- а) включить электроплитку, нагревающую один выступающий конец металлического пола;
- б) поместить другой выступающий конец пола в сосуд со льдом или охлаждающей смесью;
- в) следить за показаниями термометров. Регулируя через реостат нагрев плитки, добиться стойкого градиента температуры в приборе. «Холодный» его конец должен иметь температуру  $+5-10^{\circ}\text{C}$ , «теплый» — около  $+40-50^{\circ}\text{C}$ .

3. Взвесить подопытное животное.

4. Открыть крышку прибора и поместить подопытное животное примерно посредине камеры (можно также запускать животное в одну из боковых дверок).

5. В первое время после переноса в камеру у зверька обычно возникает ярко выраженная ориентировочная реакция. Поэтому, прежде чем начать отсчеты, нужно выждать, пока животное освоится с новой обстановкой и успокоится. Обычно на это уходит 15—20 минут.

6. После угасания ориентировочной реакции начать отсчеты положения зверька в приборе по сантиметровой шкале. Отсчеты производить через каждые 3 минуты, отмечая, какое положение по шкале занимает середина тела животного. Через каждые 15 минут кроме положения животного отмечают также и показания всех термометров.

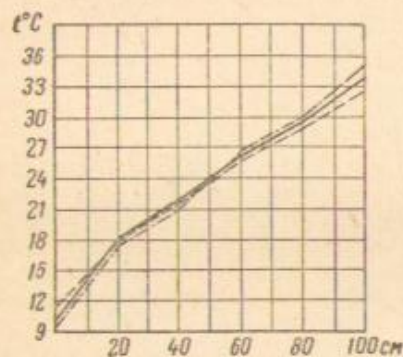
7. По истечении 75 минут (25 отсчетов) сделать последние отсчеты и вынуть зверька из прибора. Опыт с каждым зверьком нужно провести 2—3 раза (в разные дни, но примерно в одни и те же часы).

Данные опытов записывать в протокол рекомендованного образца. Последняя графа его («температура в месте нахождения животного») не может быть заполнена во время опыта, так как мы отмечаем лишь положение его в сантиметрах шкалы.

Для того, чтобы узнать, какой температуре соответствует данное место шкалы, удобнее всего составить график градиента температуры по длине пола прибора.

Для построения такого графика в системе координат по оси абсцисс откладывают расстояние от «холодного» конца прибора в сантиметрах, а по оси ординат — температуру. Из точек оси абсцисс, соответствующих положению термометров, восстанавливают перпендикуляры, и на них откладывают в принятом масшта-

бе температуру, показанную данным термометром. Полученные точки соединяют между собой, строя, таким образом, кривую, изображающую изменение температуры по длине пола прибора (рис. 12). Далее для каждого отсчета находят на оси абсцисс точку, соответствующую положению животного в приборе. Из этой точки восстанавливают перпендикуляр до пересечения его с кривой градиента температуры. Проецируя точку пересечения на ось ординат, находят температуру в месте положения животного и заносят полученную величину в протокол опыта.



Расстояние от холодного конца прибора  
 --- 1    ——— 2    - - - 3

Рис. 12. Вспомогательный график градиента температуры в приборе Гертера:

1 — температура в начале опыта; 2 — то же в середине опыта; 3 — то же в конце опыта.

ным животным температурная зона. Для этой цели нужно составить табличку следующего образца:

Температура (°C)	6,1—8,0	8,1—10,0	10,1—12,0	12,1—14,0	14,1—16,0
Число случаев . . .					
% от общего числа случаев . . .					

В верхней строке располагаются графы, соответствующие температуре пола в приборе (каждая графа в данном случае охватывает изменение температуры в 2°C;

можно дать и несколько более грубую разбивку). В средней строке записывается число случаев, когда животное было отмечено в пределах данных величин температуры. В нижней строке — те же данные, выраженные в процентах к общему числу отсчетов в опытах.

Анализ данных такой таблички уже дает ясное представление о предпочитаемых данными животными температурах.

Более наглядное изображение получается, если по данным таблички построить вариационную кривую, отложив по оси абсцисс классы температуры (верхняя строка таблицы), а по оси ординат — число случаев (вторая строка), или процент от общего числа отсчетов (нижняя строка).

Построение вариационной кривой особенно полезно при необходимости сравнения предпочитаемых температур у разных видов или в разных весовых группах животных (см. рис. 13).

#### Обсуждение результатов

Рассматривая полученные в опытах данные, нужно четко представлять себе, что на величину температуры, выбираемой животным в приборе, влияет очень много различных факторов. Большое влияние на предпочитаемую температуру оказывают условия теплоотдачи данного животного, в частности — размеры его тела.

Дело в том, что величина теплоотдачи зависит от поверхности тела, тогда как величина теплопродукции изменяется пропорционально изменению его массы (объема). При увеличении размеров животного поверхность тела увеличивается пропорционально квадрату длины тела, а объем — пропорционально ее третьей степени.

Поэтому у более крупного животного отношение поверхности тела к объему (а соответственно — и отношение теплоотдачи к теплопродукции) будет меньше, чем у более мелкого. Иными словами, интенсивность теплоотдачи у более крупных животных относительно меньше, чем у мелких. Соответственно этому мелкие животные более чувствительны к низкой температуре.

В опытах обычно удается установить достаточно четкую зависимость между размерами тела и предпочитаемой температурой. Более крупные животные, у которых

отношение поверхности тела к его объему сравнительно невелико, предпочитают, как правило, более низкие температуры среды и наоборот. Так, например, мышь-малютка избирает в опытах заметно более высокую температуру, чем крупные виды мышей — лесная и желтогорлая; соня-полчок предпочитает более низкую температуру, чем меньшая по размерам садовая соня; одна из

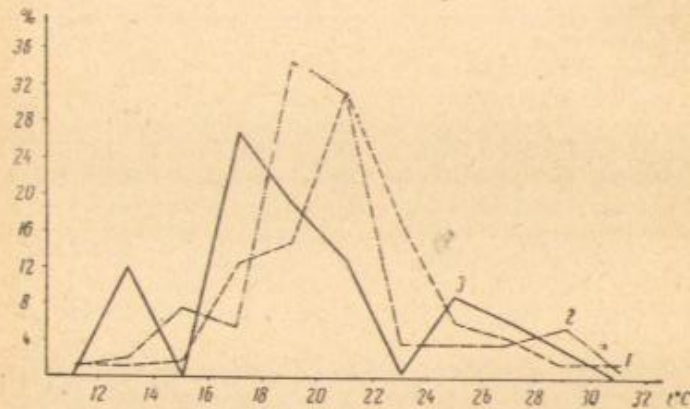


Рис. 13. Термотактический оптимум у обыкновенной полевки:  
1—зверьки весом менее 20 г; 2—зверьки весом 20—25 г; 3—зверьки весом более 25 г

наиболее крупных полевок — водяная крыса — выбирает температуру намного более низкую, чем обыкновенная полевка и т. д. (Н. И. Калабухов, 1951). Подобное же явление можно наблюдать и среди животных, относящихся к одному виду, но отличающихся размерами тела (рис. 13).

Но выбор предпочитаемой температуры зависит не только от этих, приближающихся к чисто физическим, причин. В процессе приспособления различных видов к температурным условиям природных мест обитания весь характер их обмена веществ оказывался как бы «настроенным» на те температуры, которые наиболее свойственны этим местам обитания. Поэтому и в экспериментальных условиях животные выбирают сходные

температуры. Так, например, водяная крыса, обитающая во влажных, относительно прохладных биотопах, предпочитает более низкие температуры, чем обитающие в степях суслики, хотя, исходя из размеров, такой разницы нельзя было бы ожидать. Подобное же различие наблюдается у узкочерепной и обыкновенной полевок (см. рис. 15). Песец выбирает более низкие температуры, чем лисица (Н. И. Калабухов, 1951). Из трех видов полевок наиболее низкую температуру предпочитают обыкновенные полевки из-под Москвы +20,7°; степные пеструшки, обитающие южнее (Джаныбек), избирают температуру +24,8°, еще более южные общественные полевки (из-под Баку) предпочитают температуру +26,0° (Н. В. Башенна, 1958). В последних случаях мы имеем дело с видовым приспособлением к географическим отличиям климатических условий. Аналогичное явление отмечено и для географических популяций одного и того же вида.

Таким образом, на выбор животными предпочитаемой температуры оказывают влияние как особенности теплового баланса, в частности теплоотдачи самого организма, так и внешние условия, к которым вид длительно адаптировался.

Предпочитаемая температура служит хорошим показателем, как бы подводящим итог всем способам регуляции теплообмена, свойственным данному виду. Как уже сказано выше, механизмы приспособления животных к температурным условиям среды осуществляются при участии центральной нервной системы. Способность к активному выбору наиболее благоприятных условий теплообмена может рассматриваться как высшая форма регулирования этих процессов нервной системой — особый вид приспособительного поведения, направленный на осуществление сбалансированного теплообмена при наиболее экономном использовании энергетических ресурсов организма.

Такая способность имеет большое биологическое значение, позволяя животным с максимальной полнотой использовать территорию, приспосабливаться к многообразию условий, постоянно имеющему место в природе. Это полезное свойство видов расширяет круг стаций, доступных для заселения, и открывает возможности для более широкого географического распространения вида.

#### Задача № 4

### ЗНАЧЕНИЕ МЕХОВОГО ПОКРОВА В ТЕПЛОМ БАЛАНСЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

#### Общие замечания

Помимо наличия регуляции теплопродукции и приспособительного поведения, выражающегося в активном выборе наиболее благоприятных температурных условий, немалое значение в тепловом обмене гомойотермных животных имеет регуляция теплоотдачи — так называемая физическая теплорегуляция.

Для всех гомойотермных животных характерно наличие особых покровных образований (перо, волосы), которые способствуют сохранению тепла, создавая вокруг тела животного теплоизолирующую прослойку воздуха. Чем более развит теплоизолирующий покров, тем более низкие температуры среды способно переносить животное.

Степень развития мехового или перьевого покрова сильно отличается у животных, которые обитают в различных географических районах, отличающихся климатическими (в частности, температурными) условиями. Как приспособление к сезонным изменениям температуры у многих животных выработалась способность к сезонной смене густоты, длины, структуры теплоизолирующих покровов. Так, например, у взрослой большой синицы под Москвой вес перьев летом составляет 7,5% от веса тела; зимой же эта величина возрастает до 11,3%. Более густой перьевого покров ведет к уменьшению потери организмом тепла. У большой синицы теплоотдача в малых калориях на 1 см<sup>2</sup> поверхности тела в 1 секунду составляет зимой 1,21, а летом — 2,16. Аналогичные явления наблюдаются и у млекопитающих (см. ниже).

Экологические условия в местах обитания вида также накладывают отпечаток на качество теплоизолирующих покровов. Поэтому густота, длина и структура мехового или перьевого покровов являются в числе прочих факторов одной из причин, определяющих величину предпочитаемых видов температур.

*Цель задачи* (по существу она представляет собой продолжение предыдущей) — убедиться в значении

свойств мехового покрова (как одного из факторов интенсивности теплоотдачи) в определении разницы предпочитаемых температур у разных грызунов (или других мелких млекопитающих). Выполнение задачи дает возможность ознакомиться и с сезонными различиями теплоизолирующих свойств меха у одного и того же вида. В процессе работы над задачей необходимо закрепить навык в работе с термоградиентприбором и ознакомиться с методикой определения теплопроводности шкурок при помощи кататермометров.

#### Методика

Для выяснения зависимости термотактического оптимума от теплопроводности меха подопытных животных сначала помещают в термоградиентприбор и по знакомой уже методике определяют предпочитаемую ими температуру. После того как эта часть задачи выполнена, животных умерщвляют, снимают с них шкурки и определяют теплопроводность меха.

Определение теплопроводности производится при помощи кататермометра. Этот термометр (рис. 14) имеет крупный резервуар, заполненный подкрашенным спиртом. От резервуара идет обычный тип капилляр, расположенный на шкале с делениями от 35 до 38°С. Верхний конец капилляра расширен в виде второго резервуара, меньших размеров.

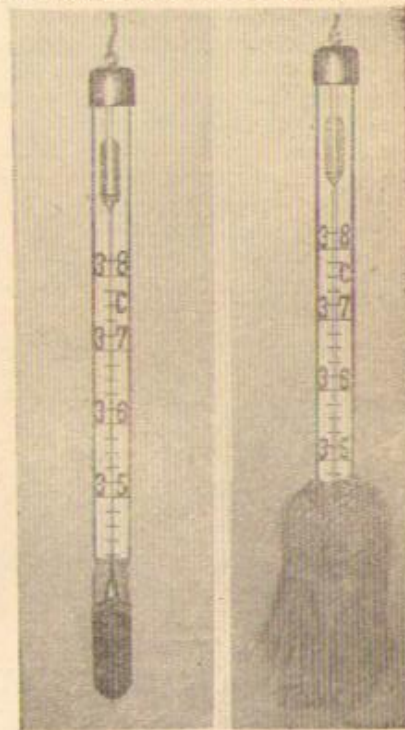


Рис. 14. Кататермометры



Если нагреть резервуар кататермометра так, чтобы часть спирта вышла из капилляра в его расширенную часть, то при остывании жидкость снова будет опускаться в основной резервуар. Теплоотдача с поверхности основного резервуара, выраженная количеством малых калорий, теряемых с  $1 \text{ см}^2$  его поверхности при охлаждении от  $38$  до  $35^\circ\text{C}$ , для каждого кататермометра определяется на заводе. Эта величина называется фактором кататермометра, значение ее (F) наносится на обратной стороне его шкалы.

Если на основной резервуар надеть мешочек из какого-нибудь материала (например, шкурку), то скорость охлаждения термометра на те же  $3^\circ$  будет уменьшаться пропорционально уменьшению теплопроводности исследуемого материала. Для получения более точных данных теплопроводность каждой шкурки определяют несколько раз (не менее трех) и затем высчитывают среднее ее значение. Для расчета теплоотдачи по скорости охлаждения кататермометра пользуются специальной формулой (см. ниже).

Запись данных опытов по определению термотактического оптимума ведется по образцу, приведенному в предыдущей задаче (см. стр. 53).

Результаты опытов по определению теплопроводности шкурок удобнее всего записывать по следующему образцу:

Наблюдатели _____	Вид животного _____	* _____	Пол _____		
_____		Вес _____	Дата <sup>1</sup> _____		
Номер отсчета	Температура в лаборатории	T	H	h	Примечание
1					
2					
3					
...					
...					
...					
Среднее					

<sup>1</sup> При определении теплопроводности шкурок животных, добытых в разные сезоны, обозначается дата добычи зверька.

В этой табличке «Т» обозначает время охлаждения кататермометра от  $38$  до  $35^\circ\text{C}$  в секундах; «Н» — теплоотдача в малых калориях с  $1 \text{ см}^2$  поверхности в 1 сек.; «h» — та же величина, рассчитанная на  $1^\circ\text{C}$  разницы средней температуры кататермометра и температуры среды.

Сравнение данных по термотактическому оптимуму и теплопроводности шкурок у разных зверьков показывает зависимость величины предпочитаемой температуры от теплоизолирующих свойств мехового покрова.

Для выяснения сезонных отличий в теплоизолирующих свойствах меха проводят при помощи кататермометров определение теплопроводности шкурок зверьков одного и того же вида, но пойманных в разные сезоны года.

### Литература

- Бескровный М. А., 1953, стр. 93—100;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 16—18; 30—32;  
 Бабеншиев В. П., 1938;  
 Кожанчиков И. В., 1937;  
 Кожанчиков И. В., 1961;  
 Сергеев А. М., 1929.  
 Кроме того — основная литература к предыдущей задаче.

### Технические указания

Для выполнения этой задачи необходимо иметь:

1. Подопытных животных (мелких грызунов) — по 2—3 зверька разных видов на бригаду студентов.
2. Шкурки зверьков, добытых в разные сезоны года — на каждую бригаду 2—3 шкурки одного вида.
3. Кататермометры — 1—2 на бригаду.
4. Термоградиентприборы и все необходимое к ним — 1 комплект на бригаду.
5. Секундомеры — 1 на бригаду.
6. Электроплитки или сосуды с горячей водой для нагревания кататермометров — по 1—2 на бригаду.
7. Штативы — по 1 на бригаду.
8. Сосуды с плотными крышками — по 1 на бригаду.
9. Наборы препаровальных инструментов — 1 комплект на бригаду.
10. Эфир или хлороформ.
11. Крахмал.

Подопытных животных удобнее подбирать таким образом, чтобы это были виды близкие, но отличающиеся географическим распространением или экологическими особенностями распределения по станциям.

Серия шкурок для определения сезонных изменений теплопроводности заготавливается заранее. Нужно проверить, чтобы каждая шкурка была этикетирована с указанием названия вида, времени и места добычи данного экземпляра. Видовой состав зверьков для этой части задачи подбирается из числа животных, характеризующихся четкой сезонной сменой покровов.

### Порядок работы

1. Произвести определение предпочитаемой температуры у подопытных животных при помощи термоградиприбора (подробное описание порядка работы см. в предыдущей задаче)<sup>1</sup>.

2. Умертвить подопытных животных, для чего посадить их в плотно закрывающийся сосуд, на дно которого брошен кусочек ваты, обильно смоченный эфиром или хлороформом.

3. Подготовить шкурки для определения их теплопроводности:

- а) сделав поперечный разрез между задними конечностями, снять шкурку «чулком»;
- б) очистить мездру, основательно просушить ее крахмалом;
- в) вывернуть шкурку мездрой внутрь, отрезать конечности, сшить шкурку мешочком по размеру резервуара кататермометра.

4. Нагреть кататермометр в струе горячего воздуха над электроплиткой или в горячей воде с таким расчетом, чтобы покрашенный спирт вышел из капилляра в верхний резервуар, заполнив его примерно на  $\frac{1}{4}$ .

5. Прекратить нагревание; надеть мешочек из шкурки на резервуар кататермометра; подвесить кататермометр на штативе.

6. Следить за мениском спирта в верхнем резервуаре, а затем в капилляре кататермометра.

<sup>1</sup> Если есть возможность работать с теми же зверьками, которые были в предыдущей задаче, можно использовать уже имеющиеся данные, не повторяя наблюдений.

7. В момент прохождения мениском спирта деления «38» пустить секундомер.

8. В момент прохождения мениска спирта через деление «35» остановить секундомер.

9. Записать в протокол опыта время охлаждения термометра от 38 до 35°C в секундах.

10. Повторить опыт еще 2—3 раза.

Таков порядок работы с каждым подопытным зверьком. Таким же образом (пункты 4—10) определяют теплопроводность шкурок зверьков, добытых в разные сезоны года.

Обработка данных по определению теплопроводности шкурок<sup>1</sup> заключается в следующем. Зная величину фактора данного кататермометра ( $F$ ) и скорость охлаждения резервуара, покрытого шкуркой, от 38 до 35°C ( $T$ ), легко рассчитать теплоотдачу в малых калориях с 1 см<sup>2</sup> поверхности шкурки в 1 сек. Эта величина ( $H$ ), характеризующая теплопроводность шкурки (чем больше теплопроводность, тем быстрее охлаждается термометр), определяется по формуле:

$$H = \frac{F}{T}$$

Поскольку величина теплоотдачи сильно зависит от температуры среды (точнее — от разности температур отдающего тепло предмета и среды), то для получения более сравнимых данных часто используют величину теплоотдачи, рассчитанную на 1° разницы средней температуры кататермометра ( $\frac{38+35}{2} = 36,5^\circ\text{C}$ ) и среды. Эта величина ( $h$ ) определяется по формуле:

$$h = \frac{F}{T(36,5 - t^s)}$$

где  $t^s$  — температура среды.

Обработанные данные полезно свести в общую таблицу или оформить в виде диаграммы.

<sup>1</sup> Обработка данных по определению термотактического оптимума описана в предыдущей задаче.

### Обсуждение результатов

Рассмотрение полученных в опытах данных показывает, что свойства теплоизолирующего покрова (в данном случае меха) находятся в строгом соответствии с условиями жизни животных.

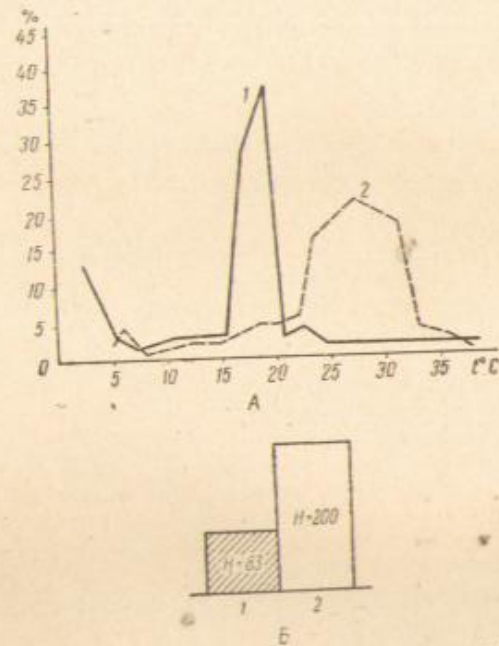


Рис. 15. Предпочитаемые температуры (А) и теплопроводность меха (Б) у двух видов полевок:

1—узкочерепная полевка; 2—обыкновенная полевка

Так, в приведенном примере (рис. 15) узкочерепная полевка, обитающая в относительно сырых и прохладных местах, имеет более густой мех, медленнее проводящий тепло, чем мех обыкновенной полевки. Соответственно этому узкочерепная полевка предпочитает более низкие температуры. Таким образом, приспособление организма к наиболее характерным условиям (в данном случае,

температурным) типичных мест обитания может идти не только путем соответствующей «настройки» уровня обмена веществ, но и более «экономным» путем изменения условий теплоотдачи, что экологически более выгодно.

Аналогичную картину мы находим в приспособлении к сезонным изменениям температуры (рис. 16). Более густой и длинный мех, уменьшая теплоотдачу, позволяет животным переживать длительное действие низких температур воздуха без излишних энергетических затрат. Такой путь приспособления тем более важен, что зима — время больших энергетических затрат и в то же время наиболее трудный период в отношении добывания корма для большинства животных.

Географические, экологические, сезонные и иные особенности теплоизолирующих покровов — приспособление к длительным и закономерно повторяющимся изменениям температуры среды. Особенности строения мехового и перьевого покровов имеют значение и для более лабильной регуляции теплоотдачи. Под воздействием сигналов, идущих от терморесепторов, рефлекторным путем может изменяться угол наклона волос или перьев по отношению к туловищу. Таким образом изменяется толщина теплоизолирующей прослойки воздуха, а соответственно — и величина теплоотдачи с поверхности тела. Имеются и другие способы лабильной регуляции теплоотдачи (физической терморегуляции), позволяющие гомойотермным животным приспосабливаться к быстрым, не всегда закономерным колебаниям температуры среды. С некоторыми из них мы познакомимся в задаче № 6.

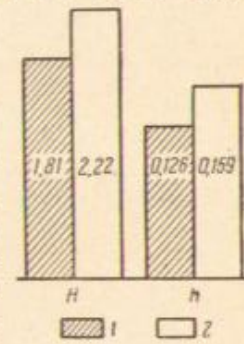


Рис. 16. Сезонные изменения теплопроводности меха у белки:

1—зима; 2—лето

## Тема II

# ВОДНЫЙ ОБМЕН У ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

### Задача № 5

## ВЛИЯНИЕ НЕДОСТАТКА ВЛАГИ НА ВЕС ТЕЛА, ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИЮ МОЧИ У РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГРЫЗУНОВ

### Общие замечания

Вода в организме животных имеет чрезвычайно большое значение. Питательные вещества циркулируют в организме, главным образом, в виде водных растворов, в таком же виде транспортируются, а в значительной мере и выносятся из организма продукты диссимиляции. Вода является необходимой составной частью протоплазмы. От количества воды и растворенных в ней солей в клетках и тканях в значительной мере зависит внутриклеточный и межклеточный обмен. Газообмен возможен только при наличии влажных поверхностей. Кроме того, вода используется и для поддержания температурных условий жизненных процессов — испарение воды играет большую роль в охлаждении организма при высокой температуре среды.

Указанные причины служат основой большой требовательности организма к количеству содержащейся в нем воды. Недостаток воды большинство животных переносит значительно тяжелее, чем недостаток корма.

Водный обмен организма с внешней средой включает два противоположных процесса — поступление воды

в организм и отдачу организмом влаги во внешнюю среду.

Животные получают влагу не только в виде питьевой воды, хотя этот путь для многих животных является необходимым. Некоторые животные, например амфибии, способны воспринимать воду всей поверхностью покровов. Вода поступает в организм также и с кормом. Для ряда животных этот путь даже важнее, чем прием питьевой воды.

Значение корма в водном балансе организма заключается не только в том, что он содержит воду, входящую в состав тканей кормовых растений и животных. Усиленное питание ведет к накоплению в организме животного жира. Впоследствии в процессе окисления жира образуется вода (так называемая метаболическая вода). Таким образом, жир в организме животных служит внутренним источником поступления воды в клетки и ткани.

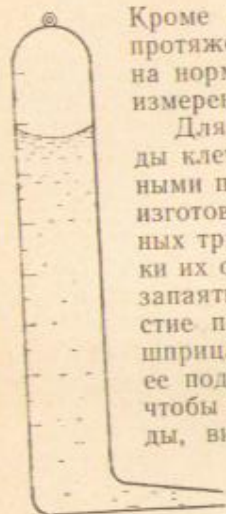
Условия обеспеченности животных водой подвержены в природе значительным изменениям. Естественно, что эти условия не остаются безразличными для животных и вызывают появление ряда эколого-физиологических и биологических адаптаций.

*Цель задачи* — ознакомление с характером реакции различных видов грызунов на ухудшение условий снабжения организма водой и выяснение как общего характера ответа организма на недостаток влаги, так и адаптивных черт такой реакции у животных, места обитания которых отличаются по условиям обеспеченности водой.

В процессе работы над задачей важно приобрести ряд навыков: определения потребления питьевой воды, определения влажности корма, определения концентрации мочи.

### Методика

Для решения поставленной задачи подопытным животным создают на протяжении эксперимента различные режимы обеспеченности водой: нормальный (даются без ограничения питьевая вода, сухой и влажный корм), «сухой» (даются питьевая вода и сухой корм) и «безводный» (только сухой корм). На протяжении всего опыта, длящегося несколько суток, ежедневно определяют изменения веса подопытных животных, количество потребленной ими питьевой воды и концентрацию мочи.



Кроме того, часть зверьков (контроль) на протяжении всех опытов следует содержать на нормальном режиме, производя все те же измерения.

Для определения количества выпитой воды клетки с животными оборудуют специальными поилками (рис. 17). Такие поилки легко изготовить из пробирок или широких стеклянных трубок, оттянув в пламени газовой горелки их открытый конец (у трубок второй конец запаять). Через оставшееся маленькое отверстие поилку заполняют водой при помощи шприца. Перевернув поилку отверстием вниз, ее подвешивают в клетку с таким расчетом, чтобы зверьки легко могли достать каплю воды, висящую на нижнем конце поилки. При такой конструкции поилок на место капли, которую слизывают зверьки, тотчас натекает новая, но пролива-

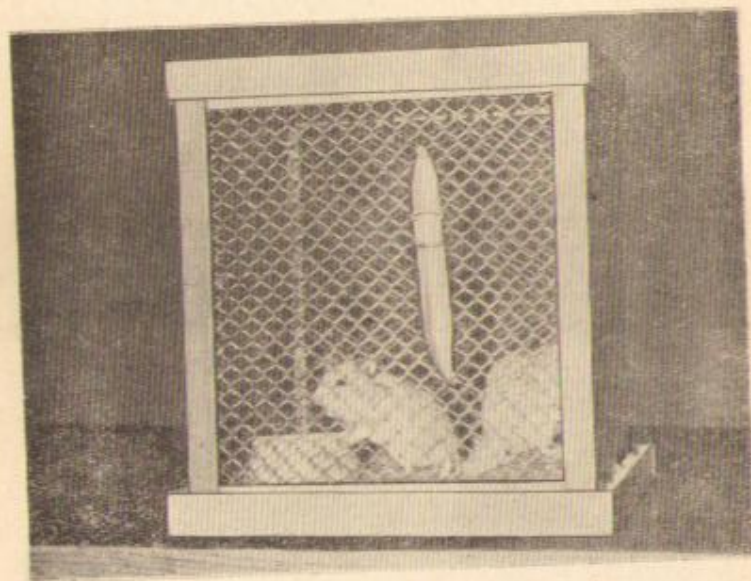


Рис. 17. Градуированная непроливающаяся поилка для грызунов

ния воды никогда не происходит. Испарение с поверхности капли ничтожно. Им можно пренебречь (можно и учесть его, поставив рядом с клетками контрольную поилку и следя за изменением количества воды в ней). Поилки следует проградуировать или в  $см^3$ , или в условных единицах (расположив метки на равных расстояниях друг от друга на цилиндрической части поилки). С этой точки зрения наиболее удобно применять для изготовления поилок градуированные бюретки, используя экземпляры, не пригодные для работы (разбитые, с неисправными кранами и т. п.).

Набор кормов для подопытных животных зависит от их видового состава. Так, полевок, которых удобно использовать в этих опытах, можно кормить хлебом и морковью или свеклой. При нормальном режиме морковь и свекла даются в обычном виде; при «сухом» режиме их, нарезав на кусочки, предварительно выдерживают в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния.

Для определения концентрации мочи у мелких грызунов, от которых трудно получить сколько-нибудь значительные количества ее, используется метод сравнения давления насыщающих паров воды над мочой с таковым над растворами поваренной соли известной концентрации. Если в замкнутом капилляре находятся два раствора различной концентрации, разделенные пузырьком воздуха, то каждый из этих растворов будет удерживать в воздушном пузырьке давление водяных паров, соответствующее его концентрации. При этом давление, создаваемое менее концентрированным раствором будет больше, вследствие чего на поверхности более концентрированного раствора будет конденсироваться вода из воздуха.

Этот процесс перехода воды из менее концентрированного раствора в более концентрированный продолжается до тех пор, пока концентрации растворов не выравниваются (время окончания выравнивания концентраций довольно велико и зависит от длины столбиков растворов и от температуры; результаты опыта принято отмечать через сутки).

Для определения концентрации мочи берут несколько капилляров длиной около 10 см. Их легко приготовить, растягивая в пламени газовой горелки стеклянную трубку.

Для точной регистрации направления и степени сдвига менисков мочи и солевого раствора все капилляры в порядке возрастания концентрации раствора соли укладывают на стеклянную пластинку. На ней проводят прямую линейную царапину (царапину лучше сделать алмазом и затем заполнить тушью), так, чтобы уровни мочи во всех капиллярах располагались по этой линии (рис. 18). Кончики капилляров закрепляют на стеклянной пластинке пластилином. Через сутки отмечают уровни

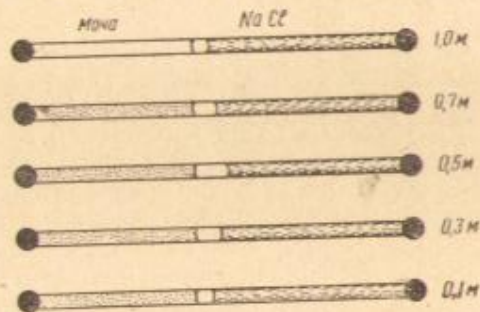


Рис. 18. Прибор для определения концентрации мочи

мочи в капиллярах. Концентрация того раствора соли, при котором уровень мочи изменился меньше всего, наиболее близка к концентрации мочи (или равна ей, если уровень не изменился).

Можно использовать и другой способ. На предварительно выдержанный в сушильном шкафу и взвешенный на аналитических весах кусочек фильтровальной бумаги наносят каплю мочи и вновь производят взвешивание. Затем бумажку помещают в сушильный шкаф и выдерживают там до постоянного веса. Сравнение полученных весов дает представление о концентрации мочи.

Регистрацию наблюдений нужно вести в протоколе определенного образца (см. стр. 73).

При проведении опытов с достаточно крупными животными лучше применять более точные методики, например, определять удельный вес мочи при помощи урмометра или определять точку замерзания (криоскопия) и т. п. (А. Б. Коган и С. И. Щитов, 1954, стр. 147).

Наблюдатели \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_

Дата начала опыта \_\_\_\_\_

Дата окончания опыта \_\_\_\_\_

Дата	Режим <sup>1</sup>	Вес	Уровень воды в поилке	Количество вылитой воды	Концентрация мочи	Примечания

### Литература

Бескровный М. А., 1953, стр. 156—157;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 107—108; 118—119;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 68;  
 Коган А. Б. и Щитов С. И., 1954, стр. 150;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 329—330; 335—337;  
 Калабухов Н. И., 1929;  
 Наумов Н. П., 1948;  
 Филатова Л. Г., 1949-в.

### Технические указания

Для выполнения этой задачи необходимо иметь:

1. Подопытных животных (мелких грызунов) — по 4—6 зверьков на бригаду студентов.
2. Клетки для содержания подопытных животных (по числу животных).
3. Клеточки для взвешивания животных (по числу животных).
4. Градуированные понки образца, описанного в предыдущем разделе (по числу животных).
5. Корма (хлеб, морковь, свекла) — исходя из обычных рационов.
6. Сушильный шкаф.
7. Приборы для определения концентрации мочи — по 1 на бригаду.
8. Набор стандартных растворов NaCl: 1,0; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1 М.

<sup>1</sup> Отметить, на каком режиме содержалось животное к моменту снятия показаний — нормальном, «сухом» или «безводном».

9. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду.
10. Вату.
11. Корнцанги.
12. Часовые стекла.
13. Аналитические весы<sup>1</sup>.
14. Фильтровальную бумагу<sup>1</sup>.
15. Шприц — 1—2 на группу.

В качестве подопытных животных удобно подобрать представителей близких видов, места обитания которых отличаются условиями обеспеченности водой и влажным кормом (например, полевка-экономка — обыкновенная полевка — степная пеструшка).

Поскольку опыт длится несколько дней, следует установить дежурство членов каждой бригады. На обязанности дежурного лежит кормление животных, уборка клеток и проведение очередных наблюдений и измерений по задаче.

#### Порядок работы

1. Подготовить клетки для подопытных животных:
  - а) проверить их исправность;
  - б) положить подстилку (опилки, мелкую стружку) и гнездовой материал (вату)<sup>2</sup>.
2. Подготовить поилки:
  - а) при помощи шприца заполнить их водой;
  - б) перевернуть открытым концом вниз и повесить в клетке;
  - в) отметить положение мениска воды.
3. Положить в клетки корм.
4. Взвесить подопытных животных.
5. Определить концентрацию их мочи (см. ниже).
6. Посадить животных в клетки. Содержать их на нормальном режиме (см. раздел «Методика»).
7. Через 3 дня у половины зверьков влажный корм заменить сухим (высушенным в сушильном шкафу).
8. Через 5 дней после перехода на сухой корм убрать из клеток поилки; корм давать только сухой.

<sup>1</sup> В том случае, если определение концентрации мочи производится весовым способом.

<sup>2</sup> Нельзя в качестве подстилки и гнездового материала использовать сено, солому и т. п., так как поедание этих материалов может внести искажения в результаты опыта.

9. Через 3 дня после лишения животных воды опыт прекратить и перевести животных на нормальные условия содержания.

В течение опыта ежедневно проделывать следующие измерения:

1. Взвешивать подопытных и контрольных животных.
2. Отмечать уровень воды в поилках; подсчитывать количество выпитой воды.
3. Определять концентрацию мочи, для чего можно употребить одну из двух методик:

#### Вариант I

- а) Взять зверька в руки.
- б) Если при этом не выделилась моча, слегка помассировать нижнюю часть живота зверька.
- в) Собрать выделившуюся мочу в часовое стекло.
- г) В 5 капилляров набрать растворы поваренной соли, для чего опустить капилляр в наклонном положении в соответствующий раствор. В каждый капилляр, примерно на  $\frac{2}{3}$  его длины, набрать раствор определенной концентрации: 1,0; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1 М.
- д) Держа капилляр наклонно, опустить его сухим концом в каплю мочи и, отсасывая ваткой раствор соли, набрать на  $\frac{1}{3}$  длины капилляра мочу. Середина капилляра остается занятой пузырьком воздуха. Взять пробы мочи во все 5 капилляров.
- е) Уложить капилляры на стеклянной пластинке таким образом, чтобы мениски мочи были на одной линии (см. рис. 18); кончики капилляров приклеить к пластинке пластилином.
- ж) Если моча еще осталась, заполнить таким же образом еще 5—10 капилляров.
- з) Через сутки отметить результаты определения: концентрация мочи соответствует концентрации раствора соли, находившегося в том капилляре, где уровень мочи не изменился. Если уровень сместился во всех капиллярах, то концентрацию мочи следует принять равной среднему значению концентраций соли в двух капиллярах, в которых оказались наименьшие противоположные изменения уровня мочи.

Все данные заносить в протокол приведенного выше образца (см. стр. 73).

### Вариант II

1. а) } как в варианте I
- б) }
- в) }
- г) Кусочек фильтровальной бумаги, предварительно выдержанный в сушильном шкафу, взвесить на аналитических весах.
- д) Поместить каплю мочи на взвешенный кусочек фильтровальной бумаги и снова взвесить на аналитических весах.
- е) Положить бумажку (с каплей мочи) в сушильный шкаф.
- ж) После полного высыхания мочи (через сутки после взятия пробы) еще раз взвесить фильтровальную бумажку.
- з) Вычислить концентрацию мочи по формуле:

$$C = \frac{(b_2 - a)}{(b_1 - a)} \cdot 100\%$$

где  $a$ —вес сухой бумажки,  $b_1$ —вес бумажки с каплей мочи,  $b_2$ —вес бумажки с сухим остатком мочи. Задачу можно усложнить, регистрируя не только потребление питьевой воды, но и количество влаги, потребленное с кормом. Для этого надо взвешивать даваемый животным корм и его остатки. Определив влажность корма взвешиванием его в натуральном виде и после высушивания в сушильном шкафу до постоянного веса, легко рассчитать количество воды, попавшее в организм животного с кормом (обязательно поставить при этом контрольный опыт на естественное усыхание корма в помещении, в котором содержатся подопытные зверьки).

Обработка полученных данных заключается в построении таблиц и графиков, выражающих изменение веса, потребления воды и концентрации мочи при различных режимах содержания. На графиках условными обозначениями отмечаются сроки смены режима опыта. На каждом графике нужно дать две кривые — для подопыт-

ных и для контрольных животных (см. рис. 19). Для сравнения реакции разных видов можно построить общие графики, в которых используются данные только по подопытным животным (см. рис. 20).

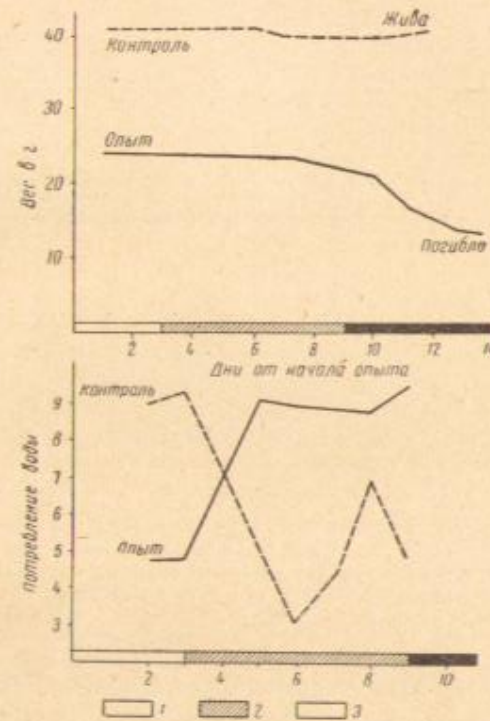


Рис. 19. Влияние недостатка влаги в корме на обыкновенную полевку:  
1—нормальный режим; 2—сухой корм и вода;  
3—сухой корм без воды

### Обсуждение результатов

Как видно из примеров, изображенных на рис. 19 и 20, недостаток влаги в корме при наличии питьевой воды переносится животными относительно легко — по крайней мере при кратковременном воздействии.



Приспосабливаться к такому недостатку влаги животные могут двумя путями: либо компенсируя его увеличением потребления питьевой воды, либо уменьшая выведение воды из организма с мочой за счет увеличения ее концентрации. Приспособление к уменьшению поступления

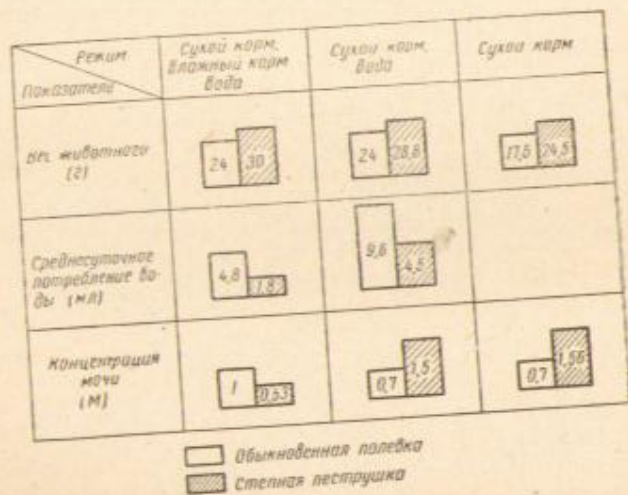


Рис. 20. Влияние недостатка влаги в корме на обыкновенную полевку и степную пеструшку

воды с кормом может осуществляться и двумя этими путями одновременно. Во всех случаях внешний эффект одинаковый — животные чувствуют себя нормально, закономерного снижения веса тела не отмечается.

Однако биологическое значение этих двух путей различно. Компенсация недостатка влаги в корме усилением потребления питьевой воды возможна в природе лишь для тех животных, которые обитают во влажных биотопах и не подвержены в нормальных условиях водному голоданию. Обитатели засушливых районов практически лишены такой возможности. Именно у этих животных (в нашем опыте — степная пеструшка) большое значение имеет способность к повышению концентрации мочи, связанная с усилением обратного всасывания воды в поч-

ках в процессе мочеобразования. Это приводит к более «экономному» расходованию воды. Животные, обитающие в условиях достаточного обеспечения водой, лишены такой способности или же она выражена у них лишь в незначительной степени.

При полном лишении воды животное в течение некоторого времени существует за счет использования метаболической воды, расходуя свои жировые запасы. В наших примерах это отчетливо видно по заметному падению веса подопытных зверьков в последней части опыта. Однако вскоре наступают серьезные нарушения водного баланса организма, приводящие к патологическим изменениям обмена веществ, и в конечном итоге — к гибели животного.

Стойкость к водному голоданию различна у разных видов животных, причем это различие формируется в связи со степенью обеспеченности вида водой в природных условиях. Обитатели влажных биотопов очень чувствительны к недостатку воды. На таких животных, как речной бобр, водяная крыса, ондатра и ряд других лишение их влаги (например, во время засух) действует губительно. У обитателей пустынь и отчасти степей, для которых засуха и связанное с ней водное голодание — регулярно повторяющееся сезонное явление, — выработался ряд приспособлений к перенесению этого неблагоприятного времени. Одним из таких приспособлений является летняя спячка. В период, предшествующий засушливому, такие животные (например, желтый суслик) интенсивно питаются, накапливают жир. Этих запасов жира оказывается достаточно для обеспечения метаболической водой впавшего в спячку животного на весь засушливый период. Более того, нередко летняя спячка непосредственно переходит в зимнюю; в этом случае большую часть года животное существует за счет метаболической воды. Конечно, это возможно лишь при очень низком уровне обмена веществ, характерном для впавшего в спячку животного.

Накопление больших жировых запасов приводит к тому, что некоторые животные (верблюды, дрофы, некоторые тушканчики) переносят засушливый период при самых ограниченных возможностях получения питьевой воды, используя в промежутках между водопоями исключительно метаболическую воду.

## Задача № 6

### ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ КОЖНО-ЛЕГОЧНОЙ ОТДАЧИ ВОДЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА У РАЗНЫХ ВИДОВ ГРЫЗУНОВ

#### Общие замечания

Сбалансированный водный обмен животных предусматривает не только поступление воды в организм, но и регулируемую отдачу воды во внешнюю среду. Отдача воды происходит следующими главными путями: выделение с мочой и экскрементами, испарение с поверхности кожи (амфибии) и с поверхности дыхательных путей, выделение потовыми и другими железами.

Потеря воды организмом животных — не просто физический процесс (даже и в том случае, когда речь идет об отдаче воды испарением); этот процесс подвержен физиологической регуляции, осуществляющейся в соответствии с конкретными экологическими условиями. Биологический смысл регуляции водоотдачи заключается в том, чтобы создать оптимальные условия обеспеченности организма водой.

В предыдущей задаче мы уже познакомились с тем, что в условиях недостаточного поступления воды в организм животного отдача влаги с мочой может уменьшаться (повышение концентрации мочи), «огановиться» более «экономной»<sup>1</sup>.

Таким же приспособительным изменениям подвержены и процессы отдачи воды путем испарения и деятельности кожных желез. Главными экологическими факторами, влияющими на изменение кожно-легочной отдачи воды, служат температура и влажность окружающего воздуха. Немалое значение имеет также степень подвижности воздуха в местах обитания животных (ветер, входящие потоки).

*Цель задачи* — выяснение характера и степени влияния температуры среды на интенсивность кожно-легочной отдачи воды у грызунов, отличающихся географическим распространением и экологическими условиями в их

<sup>1</sup> Примерно та же картина наблюдается и в процессе отдачи воды с экскрементами.

местах обитания. Иными словами, данные этой задачи должны, с одной стороны, показать общий характер влияния температуры среды на величину кожно-легочной водоотдачи, а с другой — дать представление об адаптивных изменениях на этом общем фоне.

В процессе работы по этой задаче нужно познакомиться с конструкцией прибора для определения кожно-легочных потерь воды, получить представление о возможных вариантах этой конструкции и приобрести навык в работе с прибором.

#### Методика

Методическое решение этой задачи заключается в том, чтобы, поместив животное в закрытую камеру, создать в этой камере необходимые температурные условия и учесть изменение влажности воздуха в течение пребывания животного в камере. Последний вопрос можно решить различными путями.

Наиболее удобным способом определения водоотдачи является использование прибора, в котором через камеру с подопытным животным пропускается воздух, попадающий затем в осушитель, где из него извлекаются пары воды. По изменению веса осушителей можно судить о количестве воды, отданной организмом животного во внешнюю среду в течение опыта.

Действие прибора основано на поглощении паров воды, выделяемых животным с поверхности кожи и верхних дыхательных путей, концентрированной серной кислотой.

Прибор (см. рис. 21) состоит из камеры [эксикатор (9) с герметически притирающейся крышкой], снабженной термометром. Через камеру пропускается воздух, предварительно осушенный в сернокислотном осушителе (1) и в последовательно соединенной с ним U-образной трубке (2), заполненной кристаллической щелочью (NaOH или KOH)<sup>1</sup>. Воздух либо подается в прибор насосом, либо просасывается через прибор при помощи вытекающей из герметического сосуда воды.

<sup>1</sup> Щелочь не только «страхует» полноту осушения воздуха, но и нейтрализует брызги серной кислоты, попадающие в него в осушителе.

Пропущенный через входной осушитель воздух разделяется на два потока, один из которых, контрольный, направляется в серникоислотный осушитель (5), а затем — через контрольную трубку (7) в сосуд (10) с водой. Второй поток воздуха проходит через камеру-эксикатор (9) с животным и также направляется в серникоислотный осушитель (6), после чего через вторую контрольную трубку (8) выходит в сосуд (10) с водой. Обе контрольные трубки имеют одинаковый диаметр и опущены в воду на одну и ту же глубину.

Регулировка прибора производится следующим образом. Действуя зажимами (3) и (4), устанавливают одинаковую скорость движения воздуха в обоих потоках, о чем свидетельствует равномерное и одновременное выделение пузырьков воздуха из обеих контрольных трубок. Ритм выделения пузырьков воздуха устанавливают по метроному.

Скорость подачи сигналов метронома подбирают, исходя из необходимой скорости прохождения воздуха через камеру. Делается это до опытов, при первой сборке прибора. Прежде всего узнают средний объем одного пузырька, для чего некоторое количество пузырьков собирают в перевернутую мензурку, наполненную водой. При этом необходимо, чтобы контрольный сосуд был наполнен до краев и выходящая из мензурки вода не изменяла уровня воды в нем. Собрав 100—200 пузырьков, прекращают подачу воздуха, помещают мензурку в такое положение, чтобы уровень воды в ней совпадал с уровнем воды в сосуде, и отмечают объем воздуха в мензурке. Делением полученного объема на число пузырьков получают средний объем одного пузырька. Зная объем пузырьков воздуха, нетрудно подсчитать частоту прохождения пузырьков, при которой обеспечивается достаточная скорость движения воздуха в приборе (для мелких мышевидных грызунов — 3—5 литров в час). На эту частоту и регулируется метроном. Глубина опускания контрольных трубок в воду во всех опытах должна оставаться той же, при которой были сделаны все описанные измерения.

Такой порядок регулировки относится к приборам, в которых воздух нагнетается при помощи насоса. При использовании второго варианта — просасывания воздуха

через прибор<sup>1</sup>, скорость движения воздуха регулируется скоростью вытекания воды из герметического сосуда и устанавливается с расчетом вытекания 3—5 литров воды в час.

На дно камеры-эксикатора нужно налить немного вазелинового масла и над ним укрепить стеклянную (или сделанную из оргстекла) сеточку. При таком приспособлении выделяемая животным моча будет собираться под слоем вазелинового масла, что избавит данные опыта от искажения за счет испарения мочи.

Данные опытов следует записывать в протоколе следующего образца:

Наблюдатели \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_

Вес \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Температура в камере		Время		Продолжительность опыта (в мин.)	Вес осушителей				Количество отдаленной воды	То же на 100 г в час	
начальная	конечная	начала опыта (час. мин.)	конца опыта (час. мин.)		Опытный		Контрольный				
				начальный	конечный	начальный	конечный				
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11

Можно учесть изменение интенсивности потери влаги и другим способом. Животное помещают в герметически закрытую камеру и, вмонтировав в нее гигрометр или психрометр, устанавливают увеличение влажности воздуха в камере, происходящее за счет выделения воды животным. Устройство приборов для определения влажности воздуха описано в задаче № 7.

<sup>1</sup> В этом случае сосуд (10) должен быть герметически закрыт и соединен с бутылкой, из которой вытекает вода.

## Литература

- Калабухов Н. И., 1951, стр. 24—25;  
Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 68;  
Наумов Н. П., 1955, стр. 329—330;  
Моисеева Т. М., 1952;  
Филатова Л. Г., 1949-а;  
Филатова Л. Г., 1949-б;  
Филатова Л. Г., 1949-в;  
Щеглова А. И., 1949;  
Щербатова О. П., 1953.

## Технические указания

Для работы необходимо иметь:

1. Подопытных животных (мелких грызунов, птиц) по 2—3 экземпляра разных видов на каждую бригаду студентов.
  2. Приборы для определения кожно-легочной отдачи воды — по 1 на каждую бригаду.
  3. Термостаты (могут быть заменены баками с водой, приспособленными для укрепления в них камер) — по 1 на бригаду.
  4. Метроном — один.
  5. Аналитические весы с разновесами.
  6. Весы технические с разновесами для взвешивания животных — 1 комплект на бригаду.
  7. Часы.
  8. Клеточки для подопытных животных (по числу животных).
  9. Щелочь.
  10. Серную кислоту.
  11. Бутыль с содовым раствором<sup>1</sup>.
  12. Вазелиновое масло.
  13. Электроплитки, кипятильники или иные нагревательные приборы, позволяющие иметь запас горячей воды (в том случае, когда для создания заданных температурных условий используются баки с водой).
- Виды подопытных животных удобно подбирать таким образом, чтобы это были близкие формы, отличающиеся географическим распространением (например, обитатели

<sup>1</sup> Для нейтрализации кислоты в случае ее вырызгивания.

лесной зоны — обитатели степей или пустынь) или экологическими условиями в свойственных им станциях (например, пойменные грызуны — лесные грызуны — грызуны полей и сухих лугов).

## Порядок работы

1. Проверить правильность монтажа прибора (рис. 21).
2. Отрегулировать скорость прохождения воздуха через камеру<sup>1</sup>:
  - а) притереть крышку эксикатора до полной герметичности;
  - б) закрыть зажим (12), открыть зажимы (3, 4, 11);
  - в) поворотом крана, расположенного у насоса, начать пропускание воздуха через прибор;
  - г) включить метроном, установив его на нужное число ударов в минуту (см. выше);
  - д) зажимами (3 и 4) отрегулировать прохождение воздуха через систему таким образом, чтобы пузырьки воздуха срывались с концов контрольных трубок одновременно и притом синхронно с ударами метронома;
  - е) выключив насос, прекратить подачу воздуха в прибор.
3. Взвесить подопытных животных;
4. Снять крышку эксикатора, посадить животное в эксикатор, вновь герметически закрыть эксикатор крышкой, включить подачу воздуха.
5. Взвесить опытный и контрольный осушители:
  - а) отделить осушители от прибора;
  - б) произвести взвешивание каждого осушителя на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Во время взвешивания осушителей пропускать через камеру сухой воздух, чтобы освободить ее от влаги, появившейся при открывании крышки. Для этого трубочки,

<sup>1</sup> Описывается порядок работы с прибором, изображенным на рис. 21-А, в котором воздух проталкивается через прибор при помощи насоса. При работе с прибором второй конструкции (рис. 21-Б) общий порядок остается тот же; ряд же специфических действий отпадает — в частности, и описанные в пункте 2.

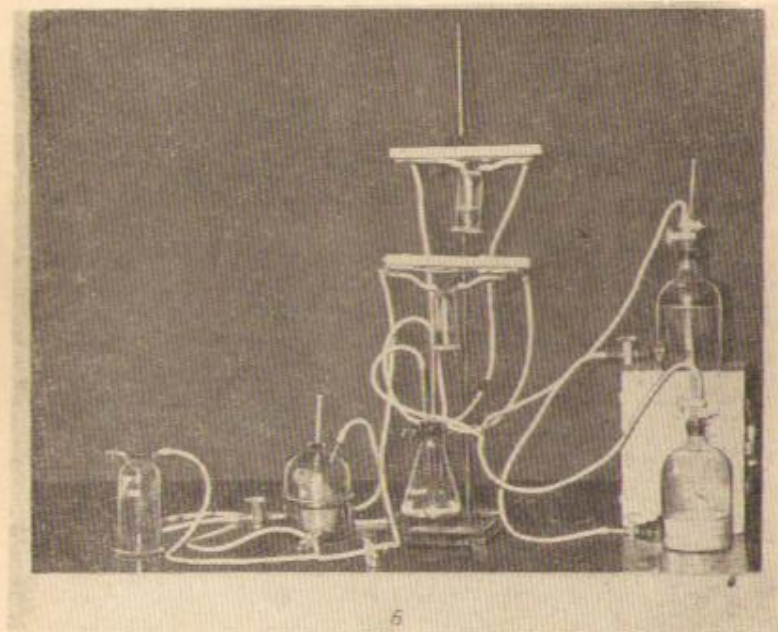
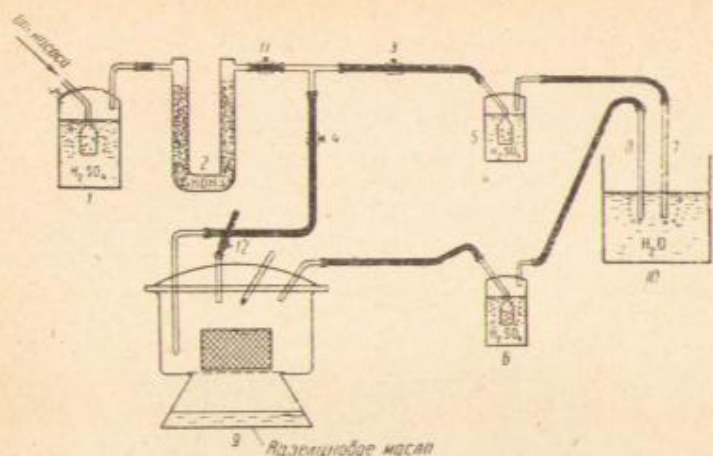


Рис. 21. Прибор для определения величины кожно-легочной отдачи воды. А — схема; Б — общий вид. Объяснения в тексте

присоединяющиеся к входному и выходному патрубкам осушителей, соединить «на прямую» кусочком стеклянной трубки.

в) Опять присоединить осушители к прибору. Одновременно отметить время и пустить метроном.

Следить за правильностью присоединения! Воздух должен входить в осушитель через трубку, опущенную в кислоту, и выходить через трубку, не соприкасающуюся с кислотой.

6. В течение опыта (30 минут) постоянно следить за равномерностью подачи воздуха, наблюдая за пузырьками, срывающимися с концов контрольных трубок. По мере необходимости производить дополнительную регулировку зажимами (3, 4).

7. Через 30 минут, выключив насос, прекратить подачу воздуха.

8. Отделить опытный и контрольный осушители и взвесить их на аналитических весах.

9. Вынуть подопытное животное из камеры.

Опыт нужно провести: 1) при комнатной температуре (около  $+20^{\circ}\text{C}$ ) и 2) при более высокой температуре — около  $+28-29^{\circ}\text{C}$ . В последнем случае эксикатор помещают в термостат (или в бак с теплой водой) и добиваются установления в камере заданной температуры.

Обработка полученных данных заключается в следующем. Вычитая из веса опытного осушителя после опыта (графа 7 в протоколе опыта) его вес до опыта (графа 6), получаем количество влаги, выделенное организмом животного в течение опыта. Полученная величина обязательно должна быть прокорректирована сравнением с изменением веса контрольного осушителя. В идеальном случае вес контрольного осушителя должен остаться неизменным (графы 8 и 9). Чаще всего он все же несколько увеличивается за счет неполного обезвоживания воздуха во входном осушителе. В этом случае увеличение веса контрольного осушителя следует вычесть из увеличения веса опытного осушителя. Разность будет соответствовать количеству влаги, выделенной подопытным животным в течение опыта, то есть, за 30 минут. Полученную величину для большей сравнимости данных следует пересчитать так, чтобы показать количество

влаги, выделенной на 100 г веса животного в 1 час (графа 11)<sup>1</sup>.

Достоверность полученных результатов может быть дополнительно проконтролирована сравнением влажности воздуха в камере после опыта с количеством водяных паров, насыщающих воздух при данной температуре. Для этого количество выделенной в течение опыта влаги делят на объем прошедшего через камеру воздуха (последнюю величину легко определить, зная объем одного

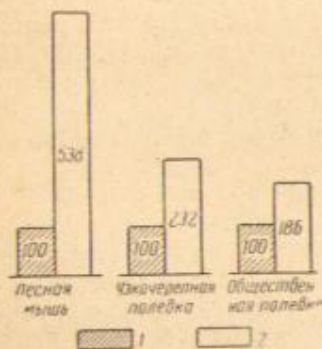


Рис. 22. Влияние температуры на величину кожно-легочной отдачи воды у лесной мыши, узкочерепной полевки и общественной полевки:

1—23°, 2—28°; (отдача воды при 23° принята за 100).

пузырька воздуха и число пузырьков, прошедших в течение опыта). Частное — плотность водяных паров — сравнивают с плотностью насыщающего пара (приложение 7). Плотность водяных паров в опыте не может быть выше насыщающих.

Для более наглядного изображения полученных в опыте данных полезно представить их в виде простой диаграммы, выражающей увеличение потери влаги при переходе от комнатной температуры \* к высокой. Для более удобного сравнения кожно-легочную отдачу воды при высокой температуре лучше выражать в процентах к водоотдаче при комнатной температуре (рис. 22).

### Обсуждение результатов

Рассмотрение полученных в опыте данных приводит нас к выводу, что увеличение температуры воздуха вызы-

<sup>1</sup> На величину кожно-легочной отдачи воды влияет также и скорость движения воздуха. Но поскольку в опыте она остается постоянной, ее влияние на результаты опыта как бы снимается.

вает усиление отдачи организмом воды испарением (рис. 22). Это вполне соответствует физическим законам испарения. Более внимательное знакомство с результатами опыта сразу же убеждает нас, что степень увеличения кожно-легочной отдачи воды различна у разных видов, причем можно подметить определенную экологическую закономерность между увеличением кожно-легочной отдачи воды при росте температуры и экологическими условиями существования вида.

В примере, изображенном на рис. 22, наибольшее увеличение водоотдачи при росте температуры от 23 до 28°C наблюдается у лесной мыши — обитателя влажных лесов, не испытывающего в природных условиях существенного недостатка влаги. Напротив, у общественной полевки, связанной в своем распространении с сухими, опустыненными степями, наблюдается наименьшее увеличение потерь влаги организмом в тех же условиях опыта. Узкочерепная полевка, также широко распространенная в степях, но приуроченная в своем распределении по станциям к более увлажненным местам, занимает промежуточное положение.

Таким образом, распространение в местах, характеризующихся ограниченным содержанием влаги, приводит к выработке у животных способности к более экономному расходованию воды организмом.

Однако ни у кого из гомойотермных животных мы не встречаем приспособлений к полному или почти полному ограничению потери воды при высоких температурах — ни физиологических, ни морфологических (подобно тому, как это имеет место, например, у рептилий). Объясняется это тем, что испарение воды с поверхности ротовой полости и верхних дыхательных путей так же, как и усиленное потоотделение, имеет и полезную для организма сторону. При испарении воды усиливается теплоотдача, что ведет к снижению температуры тела и предохраняет животное от перегревания при высоких температурах среды. Рефлекторное учащение дыхания (полипноэ) и связанное с этим увеличение испарения влаги — один из основных путей физической терморегуляции (регуляции теплоотдачи) для многих гомойотермных животных.

## Задача № 7

# ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ КОЖНО-ЛЕГОЧНОЙ ПОТЕРИ ВОДЫ У ГРЫЗУНОВ ОТ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

### Общие замечания

Величина кожно-легочных потерь воды, как уже сказано выше, зависит, кроме температуры, и от других экологических факторов. Одним из них является влажность воздуха. Интенсивность испарения тем выше, чем ниже влажность воздуха, точнее — чем выше дефицит его насыщения (то есть, разница между количеством водяных паров, насыщающих воздух при данной температуре, и фактическим содержанием в нем паров воды).

Особенно заметно влияние влажности воздуха на водный обмен сказывается у земноводных, кожа которых всегда находится во влажном состоянии и активно участвует в обмене влаги. В связи с этим, характерной особенностью этих животных является их распределение по более влажным биотопам, а также характер их суточной активности, приуроченной к наиболее благоприятным соотношениям температуры и влажности воздуха. У этих животных можно проследить географические и экологические отличия в проницаемости кожи для воды. Она выше у обитателей более влажных биотопов и географических районов и ниже у обитателей более сухих мест (Л. Г. Динесман, 1948).

Эта физическая закономерность имеет большое биологическое значение, так как условия испарения связаны с возможностью нормального осуществления физической терморегуляции. С другой стороны, влажность воздуха изменяет его теплопроводность (более влажный воздух быстрее проводит тепло). Тем самым изменение влажности воздуха изменяет условия теплоотдачи, то есть воздействует на теплообмен животных.

*Цель задачи* — выяснение общего характера зависимости между влажностью воздуха и величиной экстра-ренальных (не связанных с мочеотделением) потерь воды у мелких млекопитающих.

В процессе работы над задачей необходимо закрепить навык в работе с прибором для определения кожно-ле-

гочных потерь воды, познакомиться с устройством приборов для определения влажности воздуха и с некоторыми способами создания заданной влажности воздуха в эксперименте.

### Методика

Определение величины кожно-легочной потери воды производится по методике, описанной в предыдущей задаче. Различие методик заключается в общем плане построения опыта. Для решения поставленного в этой задаче вопроса необходимо изменять влажность воздуха, проходящего через камеру. В простейшем виде можно получить три градации влажности:

1. Перед камерой с животным (до разделения потока воздуха на два — контрольный и идущий через камеру) ставят сосуд-осушитель, в который налито вещество, интенсивно поглощающее водяные пары — концентрированная серная кислота или раствор едкой щелочи. Подводимый к камере воздух мелкими пузырьками пропускается через этот раствор и поступает в камеру в состоянии, близком к абсолютной сухости.

2. Вместо сосуда-осушителя ставят такой же сосуд, но с водой. В этом случае влажность воздуха, поступающего в камеру, будет близка к 100%.

В обоих случаях в качестве сосуда, через который пропускается воздух для осушения или увлажнения его, удобно использовать осушители такого же типа, который использован в этом приборе для поглощения водяных паров по выходе воздуха из камеры с животным.

3. Через камеру пропускается окружающий воздух без предварительного осушения или увлажнения. Влажность воздуха в этом случае будет иметь какое-то промежуточное значение.

Опыты ведут при одинаковой (удобнее всего комнатной) температуре.

Можно регулировать влажность воздуха и более детально, медленно пропуская поступающий в камеру воздух через различные растворы, обеспечивающие определенную величину влажности (приложения 5 и 6) или включив одновременно сосуды с серной кислотой и с водой и регулируя зажимами количество воздуха, поступающего в камеру через каждый из этих сосудов.

Разумеется, через контрольный осушитель должен идти воздух такой же влажности, как и через камеру с животным. Лучше поставить перед контрольным осушителем такую же камеру, но без животного. В этом случае возможность оседания влаги на стенках камеры будет одинакова в обоих потоках воздуха.

Необходимо вести точную регистрацию влажности воздуха во время опыта. Для этой цели в камеру больших размеров можно поместить волосяной гигрометр.

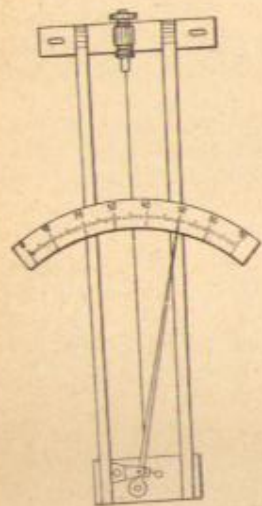


Рис. 23. Волосяной гигрометр (по Гайворонскому и Аверкиеву, 1949; из Калабухова, 1951)

Для камер меньших размеров удобнее использовать самодельные психрометры из двух термометров Ассмана (малая модель).

Устройство волосяного гигрометра (рис. 23) основано на свойстве обезжиренного волоса изменять свою длину в зависимости от влажности воздуха. Такой волос в приборе перекинут через блок и одним концом прикреплен к подвижной стрелке. Другой конец волоса закреплен неподвижно. При увеличении влажности воздуха волос удлиняется, и стрелка гигрометра сдвигается вправо; уменьшение влажности вызывает сокращение волоса и перемещение стрелки прибора влево. На штативе, на котором смонтированы волос, стрелка и система передачи, размещается и шкала, градуированная в процентах относительной влажности воздуха.

Действие психрометров (в частности, психрометра Августа, рис. 24) основано на том принципе, что испарение воды с поверхности какого-либо тела ведет к понижению его температуры. Поскольку интенсивность испарения изменяется обратно пропорционально влажности воздуха (точнее, прямо пропорционально дефициту насыщения его водяными парами), то и степень понижения температуры испаряющего влагу тела закономерно уменьшается при увеличении влажности.

Прибор состоит из двух термометров. Резервуар одного из них (так называемый влажный термометр) обернут батистовой тряпочкой, свободный конец которой опущен в чашечку с дистиллированной водой. Благодаря этому с поверхности резервуара влажного термометра все время испаряется вода. Зная температуру воздуха (от нее зависит предельное насыщение воздуха водяными парами) и разность температур сухого и влажного термометров, по специальным таблицам (приложение 4) определяют относительную влажность воздуха, то есть количество водяных паров в воздухе, выраженное в процентах к количеству их, насыщающему воздух при данной температуре.

Как уже сказано, при применении камер небольшого размера удобнее сделать психрометр такого типа из двух маленьких термометров (например, малая модель термометров Ассмана). Термометры вставляют в пробку, находящуюся в крышке камеры, так, чтобы резервуары их были в камере, а шкала — снаружи. Резервуар одного из термометров нужно обернуть батистовой тряпочкой,

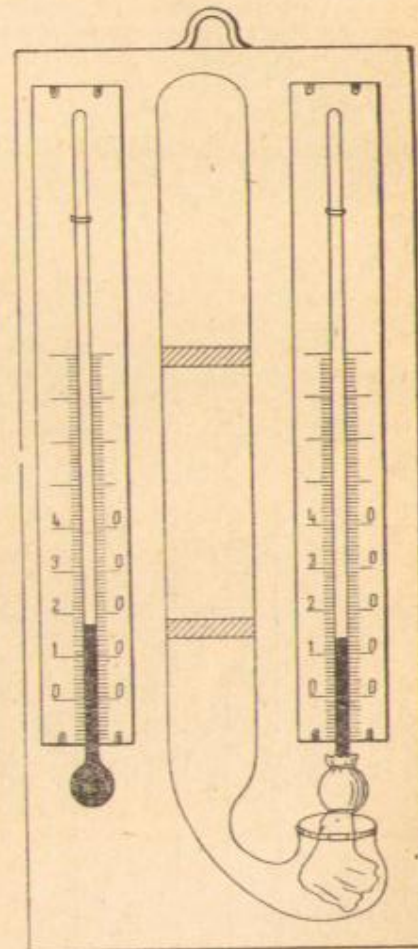


Рис. 24. Психрометр Августа (по Калабухову, 1951)



другой конец которой опустить в маленький сосуд с дистиллированной водой, подвешенный изнутри к крышке камеры.

Влажность воздуха в камере можно определить и путем расчета. Для этого необходимо знать:

1. Увеличение веса «опытного» осушителя (А).
2. Объем воздуха, прошедшего через камеру в течение опыта (V), определяется подсчетом пузырьков воздуха и умножением этого числа на объем одного пузырька.

3. Плотность водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре (P), определяется по таблице (приложение 7).

Относительная влажность воздуха (С), выраженная в процентах, определяется в этом случае по формуле:

$$C = \frac{A}{V \cdot P} \cdot 100\%.$$

Запись полученных в опыте данных следует вести в протоколе следующего образца:

Наблюдатели \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Вес \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Температура в камере		Показания термометров		Влажность (Фв %)	Время опыта			Вес осушителей		Количество выделенной влаги	То же на 100 г в 1 час
Начальная	Конечная	Сухого	Влажного		Начала (чис., мин.)	Конец (чис., мин.)	Продолжительность опыта (мин.)	Опытного	Контрольного		

## Литература

- Бескровный М. А., 1953, стр. 147—153;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 101—106, 110—117;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 69—74;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 330—335, 337—339;  
 Динесман Л. Г., 1948-а;  
 Динесман Л. Г., 1948-б;  
 Формозов А. Н., 1946.  
 См. также литературу к предыдущей задаче.

## Технические указания

Для работы необходимо иметь:

1. Подопытных животных (мелких грызунов) по 1—3 на бригаду студентов.
2. Приборы для определения кожно-легочной потери воды — по 1 на бригаду.
3. Метроном.
4. Аналитические весы с разновесами.
5. Весы технические с разновесами для взвешивания животных — 1 комплект на бригаду.
6. Часы.
7. Клеточки для подопытных животных — по числу животных.
8. Щелочь.
9. Серную кислоту.
10. Дистиллированную воду.
11. Вазелиновое масло.
12. Бутыль с содовым раствором.
13. Растворы для поддержания заданной влажности воздуха (см. приложения 5 и 6).

Прибор, описанный в предыдущей задаче, нужно дооборудовать, поместив после входного осушителя с хлористым кальцием два сосуда типа сернокислотных поглотителей — один с серной кислотой (или раствором щелочи), другой — с водой. Подсоединение этих сосудов сделать через тройники с таким расчетом, чтобы поток воздуха с помощью зажимов можно было пропускать через оба эти сосуда; через один из них или минуя их оба.

В крышку камеры вмонтировать психрометр типа, описанного в предыдущем разделе.

## Порядок работы

1. Проверить правильность монтажа прибора.
2. Произвести регулировку прибора, выключив сосуд с водой и кислотой (порядок регулировки см. в предыдущей задаче).
3. Подключить к системе подачи воздуха сосуд с водой. Еще раз отрегулировать прибор.
4. Взвесить подопытное животное.
5. Произвести определение кожно-легочной потери воды в условиях высокой влажности (порядок работы см. в предыдущей задаче).

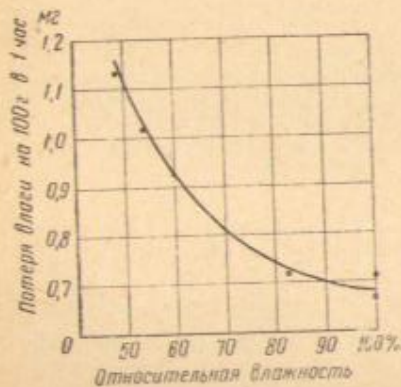


Рис. 25. Зависимость интенсивности кожно-легочной потери воды от влажности воздуха у обыкновенной полевки

6. Отключить из системы подачи воздуха сосуд в водой. Проветрить камеру. Вновь отрегулировать прибор.

7. Произвести определение кожно-легочной потери воды при влажности лабораторного воздуха.

8. Проветрить камеру. Вновь отрегулировать прибор.

9. Подключить к системе подачи воздуха сосуд с концентрированной серной кислотой. Произвести определение кожно-легочной потери воды при низкой влажности воздуха.

Способ определения кожно-легочных потерь воды подробно описан в предыдущей задаче. При выполнении данной работы сохраняется тот же порядок. Нужно только постоянно следить за показаниями психрометров, записывая их в протокол, и перед каждым переходом на новый режим влажности некоторое время пропускать воздух через камеры, не делая отсчетов — до тех пор, пока показания психрометров меняются. После того как они станут постоянными, произвести взвешивание осушителей и начать очередной опыт.

Все данные заносить в протокол.

Обработка полученных материалов заключается в составлении таблицы или графика, показывающих зависимость между интенсивностью экстраренальных потерь влаги и влажностью воздуха. При построении графика по оси абсцисс откладывается влажность воздуха, а по оси ординат — величина отдачи влаги в миллиграммах на 100 г веса животного в 1 час (рис. 25).

## Обсуждение результатов

Результаты опыта показывают отчетливую зависимость интенсивности потери воды испарением от влажности воздуха. Зависимость эта обратная — по мере увеличения влажности воздуха интенсивность кожно-легочной потери воды падает.

Если учесть значение потери воды организмом путем испарения для терморегуляции, станет очевидным большое экологическое значение совместного действия температуры и влажности среды на животных. При высокой температуре усиление кожно-легочной потери воды хотя и ведет к некоторому обезвоживанию организма, но зато предохраняет его от перегрева, сохраняя таким образом возможность нормальной жизнедеятельности. Большая влажность при высокой температуре, препятствуя испарению и, таким образом, осуществлению терморегуляции, ведет к быстрому перегреванию организма. Такое сочетание температуры и влажности особенно тяжело переносится животными. Известно, что в эксперименте воробьи, содержащиеся без корма при температуре 40—40,6° и влажности 20,5%, выживали в среднем 6—8 часов, тогда как при той же температуре и влажности 77,1% птицы погибали уже через 3,3 часа (Н. И. Калабухов, 1951).

Животные — обитатели пустынь, как известно, в состоянии переносить длительное воздействие весьма высоких температур. Это возможно только благодаря тому, что климат этой зоны характеризуется низкой влажностью воздуха, не препятствующей интенсивному испарению влаги. У этих животных, как уже отмечено, основные адаптации водного обмена направлены как раз на возможно более экономное расходование водных запасов. Отсюда — свойственная многим пустынным

животным ночная активность, уход на жаркое время в норы и ряд других биологических адаптаций.

При низких температурах среды высокая влажность также неблагоприятна для организма животных, но уже по другой причине. Благодаря высокой влажности резко возрастает теплопроводность воздуха, что способствует быстрой потере организмом тепла в условиях, когда биологически необходимо наиболее экономное его расходование. В результате высокая влажность при низкой температуре воздуха вызывает усиленную теплоотдачу даже у животных с совершенной теплорегуляцией. У зверьков же с недостаточно выраженными механизмами теплорегуляции (например, полевки и некоторые другие мелкие млекопитающие) такие условия вызывают заметное снижение температуры тела, а при длительном воздействии — и гибель. Так, холодная, дождливая осень с высокой влажностью воздуха и ветрами нередко бывает причиной снижения численности мышевидных грызунов даже после благоприятного лета, характеризовавшегося обилием этих зверьков.

Все сказанное весьма важно учитывать при оценке условий существования животных в природе. Совместное действие на животных температуры и влажности постоянно учитывается в экологических исследованиях и нашло специальное выражение в виде особого ряда клинограмм (см. рекомендованную литературу).

### Тема III

## СУТОЧНАЯ РИТМИКА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И РОЛЬ СВЕТОВОГО РЕЖИМА В ЕЕ РЕГУЛИРОВАНИИ

### Задача № 8

## ВЛИЯНИЕ СВЕТОВОГО РЕЖИМА НА СУТОЧНЫЙ РИТМ АКТИВНОСТИ ПТИЦ И МЛЕКОПИТАЮЩИХ

### Общие замечания

Свет так же, как температура и влажность, является одним из постоянно действующих природных факторов, оказывающих весьма серьезное и разнообразное влияние на животных. Можно различать прямое и косвенное воздействие света. Говоря о прямом воздействии света, подразумевают физиологическое влияние на организм разных частей солнечного спектра, отличающихся длиной волны (например, химическое влияние ультрафиолетового излучения или тепловое воздействие инфракрасной части спектра).

Косвенное влияние света может выражаться в разных формах. Для животных с преобладающим значением в добывании пищи зрительной рецепции различный режим освещения может определять большую или

меньшую доступность корма. Так, именно световой режим определяет для многих птиц северную границу их зимнего распространения, так как в течение короткого зимнего дня животные не в состоянии добыть необходимое количество корма.

Чрезвычайно велика роль света в формировании сезонных экологических и физиологических ритмов в жизни животных. Экспериментально доказано влияние света на такие периодические явления, как размножение, линька, миграции. Во всех этих случаях свет (точнее, изменение режима освещения) выступает в качестве сигнального фактора, рефлекторным путем «включающего» сложную систему взаимосвязанных физиологических реакций, приводящих к соответствующим изменениям функционирования организма.

Легко понять, почему именно свет в процессе формирования сезонных циклов жизнедеятельности животных получил это сигнальное значение. Среди всех природных факторов сезонные изменения светового режима наиболее постоянны. Удлинение светового дня веками предшествовало появлению всего комплекса условий, благоприятных для размножения животных; вслед за уменьшением длины дня всегда следует наступление зимы с ее низкими температурами, снежным покровом, изменением доступности и количества кормов и т. п. Неудивительно, что эти изменения светового режима стали как бы сигналами, вызывающими изменения физиологии и поведения животных, соответствующие меняющимся условиям среды.

Аналогично этому регулярные изменения условий освещения в течение суток определяют и суточную ритмику животных, в частности характер их суточной активности. Хорошо известно, что многие животные активны только днем, другие — ночью, у третьих наблюдается сумеречная активность и т. д. У всех этих животных изменение освещения вызывает соответствующие изменения в их поведении, хотя характер и механизм этого влияния не во всех случаях одинаковы.

*Цель задачи* — проследить, как влияет изменение светового режима на характер суточной активности различных животных, а также подойти к решению вопроса о механизме такого влияния.

В процессе работы важно приобрести ряд необходимых в экологических исследованиях навыков — познакомиться с принципами различных конструкций актографов, с правилами записи активности животных и обработки полученных материалов.

## Методика

Для решения поставленной задачи необходимо изучить характер суточной активности разных животных при различных режимах освещения. Клетки с подопытными животными помещают в отдельной комнате с плотно занавешенными окнами или в каком-либо ином обособленном затемненном помещении. В этом помещении при помощи электрических ламп сначала создают равномерное чередование «дня» и «ночи» (по 12 часов). Через несколько дней включают круглосуточное освещение, а еще через несколько дней, выключая освещение, создают искусственную «ночь», длящуюся несколько суток.

Изучение реакции животных на изменение режима освещения проводят путем записи их активности, для чего клетки с животными оборудуются специальными приспособлениями.

Приборы для регистрации и записи активности животных — актографы — могут иметь различное устройство. Имеется много систем таких приборов. Мы приведем здесь описание трех из них, наиболее пригодных для выполнения данной задачи и отличающихся способом передачи движений животного к записывающему аппарату.

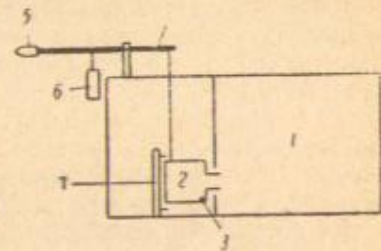


Рис. 26. Актограф с механической передачей для записи активности грызунов (схема):

1—клетка; 2—домик с гнездом; 3—ось, на которой подвешен домик; 4—рычаг для передачи качаний домика на записывающий аппарат; 5—писчик; 6—противовес; 7—стойка с ограничителями качаний домика

Актографы с механической передачей. Для записи активности мелких грызунов, все неактивное время проводящих в норе, удобнее всего использовать клетки с подвижным домиком, в котором находится гнездо (рис. 26).

Клетка-актограф разделена перегородкой на две половины — собственно клетку (1), где находятся кормушка и поилка, и помещение, в котором расположен домик. В перегородке вырезано круглое отверстие диаметром, несколько превышающим диаметр входной трубы домика. Сам домик (2) с гнездом располагается во второй половине клетки, где укреплен подвижно на оси (3), проходящей на уровне передней его стенки и закрепленной в боковых стенках клетки-актографа.

От верхнего края задней стенки домика идет вверх тонкая проволока, которая проходит сквозь ячейки верхней сетчатой стенки клетки и прикрепляется к короткому плечу рычага (4). Рычаг вместе с прорезной стойкой, в которой крепится его ось, монтируется на крыше клетки. К длинному его плечу на расстоянии, примерно равном расстоянию от оси рычага до места прикрепления проволоки, подвешивающей домик<sup>1</sup>, прикреплен противовес (6). В качестве противовеса удобно использовать металлический стаканчик, в который насыпают песок или дробь. Это намного облегчает регулировку прибора. На конце длинного плеча рычага укрепляется писчик (5), который можно сделать из толстого целлулоида или очень тонкой латуни.

Во второй половине клетки укрепляется стойка с выступами, ограничивающими размах колебаний домика. Это приспособление дает возможность получить аккуратную, четкую запись.

По такому же принципу можно сконструировать и систему записи от подвижного пола, что удобно, например, для записи активности пресмыкающихся и других животных, не пользующихся убежищами.

Для записи активности птиц удобнее всего воспользоваться качающейся жердочкой, один конец которой закрепляют на оси, а другой, подвешенный на пружинке, соединяют с рычагом записывающей системы подобно

<sup>1</sup> Это условие не обязательно.

тому, как это описано для качающегося домика. Можно построить и другие вариации актографов с механической передачей; принцип во всех случаях один и тот же.

Актографы с пневматической передачей. В этой системе актографов принцип передачи движений животного на записывающий аппарат заключается в изменении давления воздуха в замкнутой системе. Воспринимающая часть прибора представляет собой резиновый мешочек, капсулу Маррея, или гофрированную трубку, наглухо закрытую с одного конца<sup>1</sup>. Через систему трубок изменение давления воздуха в воспринимающем приборе, вызванное действием движений животного на подвижную часть клетки-актографа, передается на капсулу Маррея, с которой соединено одно плечо рычага самописца; на другом его плече укрепляется писчик. Как и в предыдущем случае, воспринимающий прибор соединяется с качающимся домиком, полом, жердочкой и т. п. Схема такого типа актографа приведена на рис. 27.

При устройстве актографов с пневматической передачей очень полезно оставить соединение воздушной системы с атмосферным воздухом при помощи трубки с очень маленьким отверстием.

При такой конструкции прибора резкие изменения давления, вызванные воздействием на воспринимающую систему движений животного, без заметного ослабления передаются на капсулу Маррея и писчик. В то же время постепенные изменения давления в системе, происходящие за счет меняющейся температуры или перемены атмосферного давления, погашаются. Запись при этом имеет значительно более

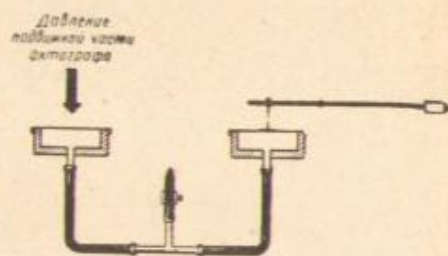


Рис. 27. Актограф с пневматической передачей (схема)

<sup>1</sup> Используется гофрированная трубка от старых противогазов. Эта очень удобная система была введена на кафедре зоологии позвоночных МГУ В. В. Черномордиковым.

аккуратный вид, «нейтральная» линия всегда идет строго горизонтально. Изготовить трубку с маленьким отверстием нетрудно. Для этого нужно оттянуть в пламени газовой горелки часть стеклянной трубки, кончик обломить и оплавить в пламени, уменьшая диаметр отверстия до требуемой величины, которая определяется опытным путем. Можно заменить эту трубку отрезком резинового шланга, величина просвета которого регулируется винтовым зажимом.

Актографы с электромагнитной передачей. В этом типе актографов запись также ведется от подвижных частей клетки (домика, пола, жердочки и т. п.), которые при движениях замыкают контакт электрической цепи (рис. 28). Замыкание цепи вызывает прохождение тока через обмотку электромагнита и срабатывание реле, соединенного с писчиком.

В качестве источника тока годен аккумулятор. Можно пользоваться и током городской сети, включив в цепь выпрямитель и понижающий трансформатор.

Подобная система очень удобна тем, что записывающую ее часть можно вынести в другое помещение и вести

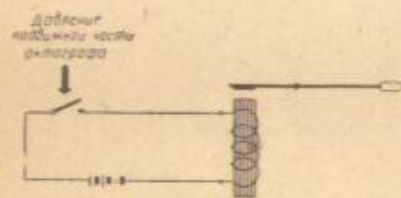


Рис. 28. Схема цепи актографа с электромагнитной передачей

наблюдение за активностью животных, не тревожа их частыми посещениями. Эта система записи активности в различных вариантах получила широкое распространение и при полевых исследованиях. Запись активности при всех типах конструкции актографов удобнее всего вести на бумажной ленте, надетой на вращающийся барабан. Чаще всего используют для этой цели самопишущие метеорологические приборы с суточным оборотом барабана. Запись можно вести специальными чернилами. В лабораторных условиях проще пользоваться закомоченной бумажной лентой, на которой писчик процарапывает засечки, соответствующие движениям животного. После снятия с барабана ленту сей-

час же фиксируют в специальном растворе (см. ниже).

Для работы по данной задаче может быть использован любой из описанных типов актографов.

## Литература

- Бескровный М. А., 1953, стр. 113—118, 135—136;  
 Калабухов Н. И., 1951, стр. 81—85, 129—135, 139—145;  
 Кашкаров Д. Н., 1944, стр. 74—81;  
 Наумов Н. П., 1955, стр. 260—262, 264—269;  
 Новиков Г. А., 1953, стр. 357—370;  
 Слоним А. Д., 1952, стр. 190—200, 277—278;  
 Герасименко Г. Т., 1950;  
 Груздев В. В., 1952;  
 Калабухов Н. И., 1938;  
 Калабухов Н. И., 1939-6;  
 Калабухов Н. И., 1940-а;  
 Ларионов В. Ф., 1945;  
 Лобашов М. Е., Савватеев В. Б., 1959;  
 Макарова А. Р., 1953;  
 Наумов Н. П., 1948;  
 Промптов А. Н., 1940;  
 Светозаров Е. и Штрайх Г., 1940;  
 Слоним А. Д., 1945;  
 Слоним А. Д., Ольбянская Р. П., Руттенбург С. О., 1949;  
 Флинт В. Е., 1954;  
 Щербакова О. П., 1937;  
 Щербакова О. П., 1938;  
 Щербакова О. П., 1949;  
 Bissonnette T. H., 1936;  
 Palmgren P., 1935.

## Технические указания

Для работы по этой задаче необходимо иметь:

1. Подопытных животных — мелких птиц и грызунов.
2. Клетки-актографы — по одной на каждое подопытное животное.
3. Самописцы от термографов, барографов или гигрографов с суточным оборотом барабана. Количество их зависит от типа актографов и регулировки амплитуды качаний рычажка самописца.
4. Плотную гладкую бумагу, нарезанную лентами.

ширина которых равна высоте барабана, а длина на 0,8—1 см превышает длину его окружности<sup>1</sup>.

5. Коптилки — 2—3 на группу.

6. Клеточки для взвешивания животных.

7. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду студентов.

8. Фиксирующий раствор.

Фиксирующий раствор готовят заранее, растворяя канифоль в спирте (20% канифоли, 80% спирта), и держат в закрытой бутылке. Перед фиксацией лент с записями раствор выливают в плоскую ванночку, а по окончании работы вновь сливают в бутылку и закрывают ее пробкой.

Как уже говорилось, для опытов нужно оборудовать отдельное затемненное помещение с достаточно сильным искусственным освещением. Если нет возможности использовать для этой цели отдельную небольшую комнату или бокс, то такое помещение легко оборудовать, завесив со всех сторон шторами крупный стеллаж для клеток. При этом нет необходимости оборудовать его специальным освещением — режим освещения можно легко регулировать, поднимая и опуская шторы.

Каждая бригада студентов должна получить по 1 экземпляру трех видов животных, отличающихся типом суточной активности (например: синица — дневная активность, лесная мышь — преимущественно ночная активность, обыкновенная полевка — более или менее равномерная круглосуточная активность). Подбирая животных для опыта, нужно обязательно проконсультироваться у преподавателя.

### Порядок работы

1. Взвесить подопытных животных.

2. Смонтировать и отрегулировать актографы.

Схема сборки актографов не требует дополнительных

<sup>1</sup> Удобно пользоваться стандартными бумажными лентами для метеорологических самопишущих приборов, используя их оборотную сторону.

пояснений. Регулировку прибора следует производить таким образом, чтобы он давал четкую запись при воздействии на домик (подвижную жердочку) гирьки весом примерно в 1,5—2 раза меньше, чем вес подопытного животного. Ширина записи должна быть достаточной для удобной ее обработки, но не слишком большой. Удобнее всего отрегулировать амплитуду качаний рычажка самописца таким образом, чтобы на одном барабане свободно разместились 2—3 записи.

3. Поставить в клетку поилку с водой и кормушку с кормом.

При работе с грызунами корм следует давать крупными кусками, не пролезающими в отверстие домика (хлеб, морковь, свекла и т. п.). Зерна и других сыпучих кормов давать не следует. В противном случае зверьки часто затаскивают в гнездо большой запас корма и впоследствии почти не выходят из домика, что, естественно, затрудняет обработку данных опыта.

4. Посадить подопытное животное в клетку.

5. Снять барабан самописца, завести часовой механизм и надеть ленту. При надевании ленты нужно следить, чтобы нижний ее край плотно прилегал к выступающей кромке барабана. Правый конец ленты вкладывается под левый<sup>1</sup>, ленту прижимают к барабану пружинной защелкой.

6. (Работать под тягой!). Зажечь коптилку. Держа барабан за плоские стороны, внести его в струю копоти над пламенем (не в пламя!) и, медленно вращая барабан, покрыть ленту ровным слоем копоти.

7. Поставить барабан на его место в самописце, приведя в сцепление шестерню на панели самописца с шестеренкой, расположенной в нижней части барабана.

8. Вращая барабан рукой (не трогать закопченную ленту!), установить его таким образом, чтобы конец писчика приходился на несколько миллиметров позади защелки, прикрепляющей ленту (рычажок отведен от барабана, и писчик не касается ленты!).

<sup>1</sup> Работающий держит барабан вертикально; место соединения концов ленты обращено к нему.

9. Привести писчик в соприкосновение с лентой, сделать контрольную засечку. Над засечкой препаровальной иглой или остро отточенной палочкой написать («процарапать») дату, часы и минуты начала опыта, вид подопытного животного и его номер.

10. Через сутки снять ленту и заменить ее новой:

- а) сделать контрольную засечку и отвести рычажок самописца, выведя писчик из соприкосновения с лентой;
- б) написать на ленте над контрольной засечкой дату, часы и минуты окончания опыта;
- в) снять барабан;
- г) снять с барабана ленту, осторожно взять ее за кончики (незакопченные полоски, которые были прикрыты защелкой) и погрузить тыльной стороной в плоскую ванночку с фиксирующим раствором так, чтобы раствор покрыл закопченную сторону ленты;
- д) покрыв всю запись ровным слоем раствора, вынуть ленту из ванночки и повесить для просушки;
- е) надеть новую ленту, закоптить ее, поставить барабан на место и включить очередную запись.

Шторы в помещении все время держать опущенными, регулируя световой режим только искусственным освещением.

Первые трое суток записывать активность при чередующейся через каждые 12 часов смене «дня» и «ночи», для чего в 9 часов утра зажигать в помещении свет, а в 9 часов вечера гасить его<sup>1</sup>.

Следующие трое суток свет оставлять включенным все время (круглосуточный «день»).

На следующие три дня вновь создать равномерное чередование «дня» и «ночи».

На последние трое суток выключить свет в помещении (круглосуточная «ночь»). Птиц в этот последний опыт пускать не следует во избежание их гибели.

<sup>1</sup> Поддержание заданного режима освещения, смена лент на актографах и кормление животных лежат на обязанности дежурных, которые осуществляют их в течение всего времени работы по задаче.

Корм и вода у подопытных животных должны быть все время в избытке. Пополнение корма и воды производят при смене лент.

По окончании каждой серии опытов (при смене режимов освещения) подопытных животных взвешивать.

Обработка полученных данных заключается в следующем. Каждую актограмму (запись активности животного за сутки) делят на отрезки, соответствующие промежутку времени в 1 час, то есть на столько равных частей, сколько часов продолжался опыт (в идеальном случае на 24). Для этой цели очень удобно подклеить под запись узкую полоску миллиметровой бумаги и на ней штрихами нанести границы этих отрезков (рис. 29). После этого подсчитывают число минут активности за каждый час и заносят эти данные в протокол опыта, который ведется по определенному образцу (см. стр. 110—111).

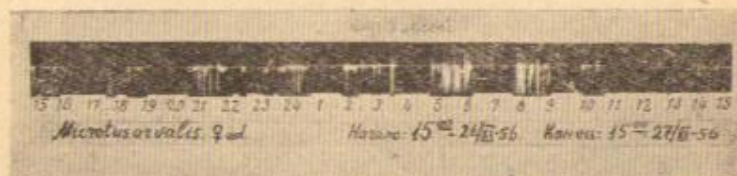


Рис. 29. Образец актограммы



Наблюдатели				Вид животного					
Дата начала опыта	Время начала опыта		Дата окончания опыта	Время окончания опыта		Вес (в г)	Условия ос-пешения	9—10	10—11
	час.	мин.		час.	мин.				

По полученным данным полезно составить график, изображающий суточный ритм активности. Для этого в системе координат по оси абсцисс откладывают время суток, а по оси ординат — активность в минутах за час (рис. 30, 31).

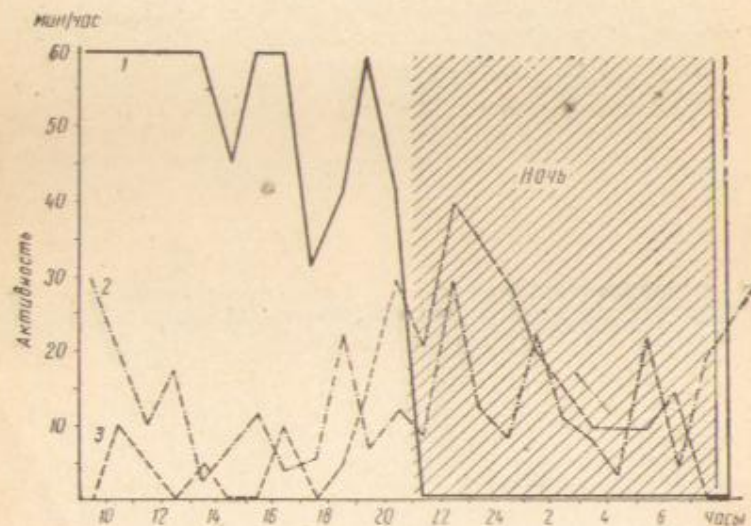


Рис. 30. Суточная активность зеленушки (1), обыкновенной полевки (2) и лесной мыши (3) при равной продолжительности дня и ночи

Пол								
Активность в минутах за час						Сумма активности в течение дня*	Сумма активности в течение ночи*	Общая активность за сутки
11—12	12—13	13—14	14—15	...	8—9			

### Обсуждение результатов

Анализ полученных в опыте результатов лучше начать с изучения характера активности подопытных животных при равной продолжительности дня и ночи. Полученные кривые (рис. 30) показывают, что взятые в опыт животные имеют разный тип активности. В случае, изображенном на рисунке, зеленушка характеризуется хорошо выраженной дневной активностью, лесная мышь наиболее активна в ночное время, а время активности обыкновенной полевки распределяется более или менее равномерно в течение суток.

Как влияет изменение светового режима на эти типы активности, которые могут быть приняты за нормальные?

У птиц — животных с дневной активностью — увеличение светового дня вызывает заметное удлинение периода активности (рис. 31). У животных, активных главным образом ночью (лесная мышь), напротив, период активности в этих условиях несколько сокращается. В отдельных случаях в первые сутки опыта активность лесной мыши может быть совсем подавлена. Через 2—3 суток величина активности обычно восстанавливается, но ритмика ее (приуроченность к «ночному» периоду) чаще всего нарушается. В условиях круглосуточного затенения величина активности этих

животных, напротив, оказывается несколько повышенной. При этом опять-таки нередко наблюдаются случаи нарушения ритмики активности. У обыкновенной полевки — животного с равномерным круглосуточным типом

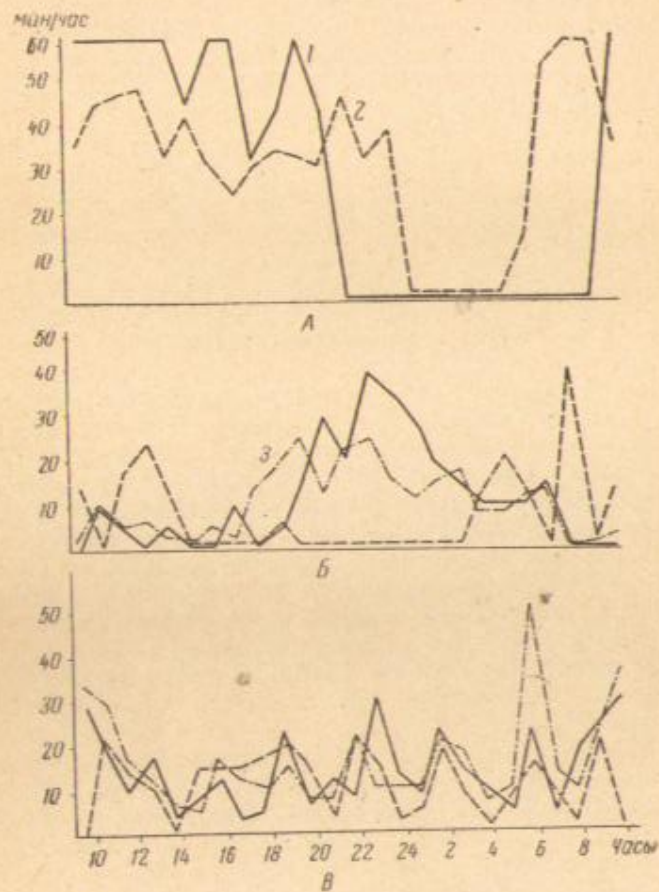


Рис. 31. Влияние изменений режима освещения на суточную активность зеленушки (А), лесной мыши (Б) и обыкновенной полевки (В):

1—12 часов «день» и 12 часов «ночь»; 2—24 часа «день»; 3—24 часа «ночь»

активности — не наблюдается существенной разницы в характере ее деятельности при изменении режима освещения.

Таким образом, один и тот же природный фактор — свет — по-разному влияет на характер суточной активности различных животных. Это обстоятельство уже указывает на то, что влияние света на активность не является непосредственным, а связано с какими-то иными особенностями взаимоотношений животных с условиями их жизни. Наиболее четкую прямую связь между режимом освещения и характером суточной активности обнаруживают в наших опытах птицы. Это понятно, если принять во внимание, что птицы отыскивают свою пищу только при помощи зрения.

Для большинства других животных свет имеет лишь косвенное, сигнальное значение в определении их суточной активности. Так, например, характер активности лесной мыши зависит от того, что это животное питается преимущественно семенами растений. Для того, чтобы отыскать и собрать необходимое количество корма, животному приходится надолго покидать свое убежище. Но зато высокая питательность корма приводит к тому, что после длительного выхода на кормежку зверек долгое время находится в норе, не испытывая потребности в пище. Приуроченность активности зверька к ночи объясняется в первую очередь тем, что это время наиболее благоприятно для спасения от хищников. Свет же в определении активности служит лишь «сигналом», знаменующим наступление ночного времени, благоприятного для кормления или, напротив, близость его окончания. При искусственном изменении режима освещения этот фактор вызывает соответствующие сдвиги активности, но не столь четкие и устойчивые, как у птиц, у которых, как показано выше, свет воздействует на активность более прямым путем.

Обыкновенная полевка имеет другой характер питания. Ее основная пища — зеленые части растений — всегда в изобилии находится вблизи норы. Поэтому зверьку нет необходимости в поисках пищи далеко уходить от своего убежища; выходы на кормежку у него коротки. Значительно меньшая питательность зеленой массы по сравнению с семенами приводит к необходимости частых выходов на кормежку. Активность обык-

новенной полевки характеризуется частыми, но короткими периодами, более или менее равномерно распределяющимися в течение суток. Возможность спасения от хищников заключается в этом случае в том, что зверек во время кормежки всегда находится вблизи норы и в случае опасности может быстро спрятаться в ней. Ясно, что при таком типе активности режим освещения не получает значения сигнального фактора. Это и подтверждается данными проведенных опытов.

Взятые нами в качестве примера животные характеризуются четкими отличиями в типе их суточной активности. Но многие животные по своей активности занимают промежуточное положение. В этом случае и роль светового режима как сигнального фактора в изменении суточной активности этих животных выражена соответственно в более или менее измененной форме.

### Задача № 9

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ЖИВОТНЫМИ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ СУТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ

### Общие замечания

Суточная ритмика в жизни животных не исчерпывается характером их активности. Таким же закономерным изменениям в течение суток подвержены и физиологические процессы в организме. Хорошо известно, например, что в различные часы суток меняется температура тела животных, в том числе и гомойотермных. Подвержены изменениям и процессы обмена веществ, определяющие интенсивность теплообразования и иных форм жизнедеятельности организма. Эти изменения имеют, в общем, такой же характер, как и изменения активности. Это и понятно — обмен веществ деятельного организма всегда выше, чем организма, находящегося в покое.

Можно предположить, что суточный ритм интенсивности освещения стал в природных условиях таким же сигнальным фактором, регулирующим уровень обмена

веществ в организме, каким он является в формировании суточной активности животных.

*Цель задачи* — выяснить, как изменяется интенсивность обмена веществ (определяемая, как и в задаче № 2, по интенсивности потребления кислорода) при различных условиях освещения у животных, отличающихся друг от друга типом суточной активности, а соответственно и характером влияния на нее режима освещения.

### Методика

Методика изучения интенсивности потребления животными кислорода нам уже известна (см. стр. 36—46). Задача заключается в том, чтобы определить разницу в потреблении кислорода одним и тем же животным на свету и в темноте. Для этого удобнее использовать в качестве респирационной камеры стеклянный эксикатор, так как металлическая камера, даже при наличии в ней застекленного окошечка, все же создает известное затенение.

Опыты ведутся при одинаковой температуре внешней среды — удобнее всего при комнатной. Сначала учитывают потребление кислорода в темноте, для чего камеру с животным накрывают колпаком из черной материи или бумаги. Затем этот колпак снимают и учитывают потребление кислорода при полном освещении.

Регистрацию наблюдений вести в протоколе следующего образца:

Наблюдатели \_\_\_\_\_ Вид животного \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_

Вес \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Условия освещения	Температура в лаборатории	Давление в лаборатории	Температура в камере		Уровень воды в бюретке		Потребление $O_2$ за мин.	То же на 100 г в 1 час при 0° и 760 мм рт. ст.
			Начальная	Конечная	Начальная	Конечная		

## Литература

Та же, что и к задаче № 8.

### Технические указания

Для проведения этого занятия необходимо иметь:

1. Подопытных животных — мелких птиц и грызунов. На каждую бригаду студентов получить по 1 экземпляру трех видов животных, отличающихся типом суточной активности (так же, как и в задаче № 8). Полезно использовать в опыте тех же самых животных, с которыми данная бригада работала в предыдущей задаче.

2. Респирационные приборы, любой системы — по 3 камеры на каждую бригаду студентов.

3. Колпаки из черной материи или бумаги, изготовленные исходя из размеров камер — по одному на каждую бригаду.

4. Часы.

5. Клеточки для подопытных животных (по числу животных).

6. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду.

7. Щелочь.

8. Вазелин.

9. Хлористый кальций.

### Порядок работы

1. Смонтировать респирационные приборы (если они даны в готовом виде — проверить правильность монтажа)<sup>1</sup>.

2. Зарядить кислородом кислородные резервуары или бюретки.

3. Проверить герметичность.

4. Взвесить подопытных животных.

5. Поместить животных в респирационные камеры.

6. Накрыть камеры темными колпаками. В течение 15—20 минут выдержать подопытных животных в темноте.

<sup>1</sup> Подробный порядок работы с респирационными приборами см. в задаче № 2 (стр. 36—46).

7. Начать опыт<sup>1</sup>.

8. Через 30 минут, не прерывая опыта, отметив уровень воды в бюретке и температуру в камере, снять темные колпаки.

9. Через 15 минут вновь отметить положение мениска воды в бюретке и температуру в камере (исходные данные для второй части опыта).

10. Через 45 минут после освещения камер (через 30 минут после начала второй части опыта) сделать последний отсчет и закончить опыт.

Обработка полученных данных заключается в следующем. Прежде всего необходимо произвести расчеты количества кислорода, потребленного на 100 г веса животного в 1 час, приведя объем газа к нормальным условиям. Эти расчеты делаются отдельно для первых 30 минут опыта (потребление кислорода в темноте) и для последних 30 минут опыта (потребление кислорода на свету). Промежуточные 15 минут, во время которых животное изменяло свой обмен, приспособляясь к новым условиям освещения, в эти расчеты не включаются.

По полученным данным следует построить простую диаграмму (см. рис. 32).

Можно несколько усложнить эту работу. Для того чтобы уяснить, насколько быстро происходит изменение интенсивности потребления кислорода под воздействием смены условий освещения, можно построить кривую потребления кислорода за каждые 5 минут на всем протяжении опыта. В этом случае в течение всего опыта через каждые 5 минут нужно отмечать положение мениска воды в бюретке.

### Обсуждение результатов

Данные опыта (рис. 32) показывают, что характер влияния света на интенсивность протекания обмена веществ (в частности, в наших опытах — на интенсивность потребления кислорода) сходен с влиянием его на суточную ритмику активности животных. У животных с дневной активностью (в наших опытах птицы) потребление

<sup>1</sup> Подробный порядок работы с респирационными приборами см. в задаче № 2 (стр. 36—46).

кислорода на свету заметно выше, чем в темноте. У животных с ночным типом активности, напротив, яркое освещение тормозит процессы обмена веществ, что видно по уменьшению потребления кислорода на свету (в наших опытах лесная мышь). Животные, характеризующиеся равномерной активностью

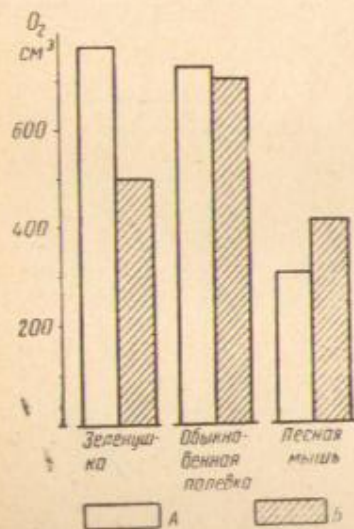


Рис. 32. Влияние света на интенсивность потребления кислорода животными с различным типом суточной активности. А—потребление кислорода на свету; Б—то же в темноте

В течение суток, не проявляют сколько-нибудь отчетливой реакции на изменение условий освещения. У обыкновенной полевки в разных опытах можно получить самые различные результаты. Обычно интенсивность потребления кислорода на свету у нее несколько ниже, чем в темноте, но разница незначительна и очень часто можно получить прямо противоположные данные.

Биологическое значение таких различий ясно—обмен веществ неразрывно связан с интенсивностью жизнедеятельности животных, изменяется параллельно изменениям степени их активности и, естественно, имеет такую же суточную ритмику.

В данных этого опыта гораздо отчетливее выступает сигнальный, рефлекторный характер воздействия изменений светового режима на эти процессы. В самом деле, изменив световые условия, мы «досрочно», среди дня вызвали изменения обмена веществ, соответствующие ночному периоду суточного ритма. Объяснить это можно только тем, что в суточной ритмике интенсивности обмена веществ периодическая смена условий освещения выступает в качестве внешнего раздражителя, вызывающего периодические изменения обмена веществ. В экспе-

риментальных условиях этот условный раздражитель может вызвать соответствующие изменения обмена веществ и в отсутствии безусловных раздражителей, как это было в наших опытах.

Таким образом, на материале этой и предыдущей задач мы убедились в большом значении света, как внешнего фактора, формирующего и регулирующего суточную ритмику жизнедеятельности позвоночных животных. Такую же большую роль играют условия освещения и в формировании сезонных биологических циклов (см. рекомендованную литературу).

#### Тема IV

### РОЛЬ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ЖИВОТНЫХ В СКОПЛЕНИЯХ В ИЗМЕНЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ НА ТЕМПЕРАТУРУ СРЕДЫ

#### Задача № 10

#### ОДИНОЧНАЯ И СТАДНАЯ РЕАКЦИИ РАЗНЫХ ВИДОВ ГРЫЗУНОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ СРЕДЫ

#### Общие замечания

В предыдущих задачах мы познакомились с характером воздействия на организм животных некоторых абиотических факторов внешней среды. Мы видели, что у животных имеется ряд приспособительных особенностей, позволяющих им переносить неблагоприятные условия среды, не теряя активной жизнедеятельности. Однако адаптивные особенности эколого-физиологического характера, свойственные каждой отдельной особи, не исчерпывают возможностей приспособления вида к условиям существования и максимальному использованию территории.

Большое значение в системе взаимосвязи животных с условиями жизни имеют особые формы внутривидовых отношений, определенная организация видового населения. Вид существует в природе не в форме отдельных особей, не связанных друг с другом. Конкретные формы существования вида представлены различными группировками особей (семья, стадо, популяция и т. д.). Внутри

таких группировок развиваются особые взаимоотношения особей, особые формы поведения, которые способствуют процветанию вида, усиливают его возможности в борьбе за существование.

Такие формы внутривидовой организации биологически полезны не только в отношениях вида с другими видами животных, они нередко увеличивают и устойчивость вида к воздействию климатических факторов, способствуют более экономному энергетическому балансу каждой отдельной особи, что в итоге оказывается полезным и для вида в целом.

*Цель задачи* — познакомиться с характером реакции животных на температуру среды в том случае, когда несколько особей находятся вместе, образуя группу, то есть в условиях, когда индивидуальная реакция на этот фактор каждого животного дополняется наличием взаимных отношений особей в группе. Необходимо также убедиться в том, что такого типа реакция у животных, ведущих общественный образ жизни, проявляется и при наличии только зрительного восприятия соседней особи своего вида.

#### Методика

Реакция животных на температуру среды изучается уже знакомым нам методом регистрации потребления кислорода, характеризующего уровень химической теплорегуляции. Методика такого рода исследований описана в задаче № 2.

Пользуясь этой методикой, определяют потребление кислорода при разных температурах у отдельных зверьков и у животных, помещенных в камеры группами по 3—4 зверька вместе.

Чтобы выявить рефлекторный характер групповой реакции, ставят еще один вариант опыта — зверьков сажают в общую камеру, но так, чтобы они были отделены друг от друга прозрачными (стеклянными или плексигласовыми) перегородками. В этом случае на характере реакции будет сказываться зрительное восприятие особи своего вида.

Опыт во всех вариантах проводят при одинаковых температурах в камерах, полученные данные сравни-

Наблюдатели _____			Вид животного _____			
			Вес _____			
№ животного	Вес	Вариант опыта <sup>1</sup>	Температура в лаборатории	Давление в лаборатории	Температура в камере	
					начальная	конечная

вают между собой и убеждаются в различной реакции на одну и ту же температуру воздуха у отдельных зверьков и у животных, помещенных в камеры группами, а также в наличии влияния зрительного восприятия соседних зверьков на эти реакции.

Аналогичные опыты проводятся с несколькими видами. Сравнение полученных материалов дает возможность установить зависимость степени выражения стадной реакции на температуру среды от особенностей взаимоотношения особей вида, свойственных ему в природной обстановке.

Запись наблюдений вести в протоколе определенного образца (см. выше на этой стр.).

### Литература

- Наумов Н. П., 1955, стр. 82—94;  
 Понугаева А. Г., 1953, стр. 81—93;  
 Слоим А. Д., 1952, стр. 286—296;  
 Наумов Н. П., 1948;  
 Понугаева А. Г., 1949;  
 Понугаева А. Г., Трубицына Г. А., 1955;  
 Черкович Г. М., 1953;  
 Allee W. G., 1931.

<sup>1</sup> Указать: животные сидят в камере поодиночке, группой, или «разделенной группой».

Пол _____					
Дата _____					
Уровень воды в бюретке	Потребление O <sub>2</sub> за мин.	То же с поправкой	Потребление O <sub>2</sub> на 100 г в 1 час.	То же при 0° и 760 мм рт. ст.	Примечание

### Технические указания

Для проведения работы по задаче необходимо иметь:

1. Подопытных животных (мелких грызунов) — по 3—4 зверька на каждую бригаду студентов.
2. Клеточки для животных (по числу зверьков).
3. Весы с разновесами — 1 комплект на бригаду.
4. Респирационный прибор — 1 на бригаду.
5. Баки для воды — 1 на бригаду<sup>1</sup>.
6. Термометры для измерения температуры воды в баках<sup>1</sup>.
7. Запас льда в холодильнике<sup>1</sup>.
8. Корнцанги — 1 на бригаду.
9. Часы — 1 на бригаду.
10. Едкую щелочь.
11. Вазелин.
12. Хлористый кальций.

Каждой бригаде нужно получить по 3—4 зверька одного вида. По указанию преподавателя разные бригады получают разные виды с таким расчетом, чтобы в общем группа студентов работала с представителями

<sup>1</sup> Как и в предыдущих аналогичных задачах, для создания необходимой в опыте температуры, удобно воспользоваться термостатами и холодильниками.

не менее двух видов, отличающихся характером взаимоотношений особей в природных условиях (например, виды колониальные, виды, образующие временные скопления, и виды, ведущие одиночный образ жизни).

Респирационный прибор каждой бригады должен иметь 3—4 (по числу животных) маленьких камеры и 1 большую (удобнее всего — крупный стеклянный эксикатор). Большая камера оборудуется съемными перегородками из стекла или плексигласа.

### Порядок работы

1. Проверить правильность монтажа прибора, устранить замеченные дефекты.
2. Взвесить подопытных животных.
3. Поместить животных поодиночке в маленькие камеры.
4. Учесть интенсивность потребления кислорода при комнатной и при более низкой температуре (около  $+10^{\circ}\text{C}$ )<sup>1</sup>. В целях экономии времени опыт можно вести в течение 15 минут.
5. Поместить подопытных животных в общую большую камеру.
6. Учесть интенсивность потребления кислорода при тех же температурах.
7. Оставив животных в большой камере, разделить их прозрачными перегородками.
8. Вновь произвести измерение потребления кислорода при тех же температурах<sup>2</sup>.

Очень важно, чтобы во всех вариантах размещения животных в камере температура в ней была одинаковая. Совместное нахождение животных в камере обычно приводит к некоторому повышению температуры. В этом случае, прежде чем начать отсчеты, нужно снизить температуру, добавляя лед в воду, окружающую камеру (или произведя соответствующую регулировку работы холодильника).

<sup>1</sup> Порядок работы по определению потребления кислорода см. в задаче № 2.

<sup>2</sup> Если позволяет время, очень полезно произвести отсчеты потребления кислорода не при двух, а при трех температурах (20, 15 и  $10^{\circ}\text{C}$ ).

Все данные заносить в протокол. Первичные расчеты производятся так же, как это описано в задаче № 2. Произведя эти расчеты, следует построить графики химической терморегуляции у подопытных животных. Для этого по оси абсцисс откладывают температуру в ка-

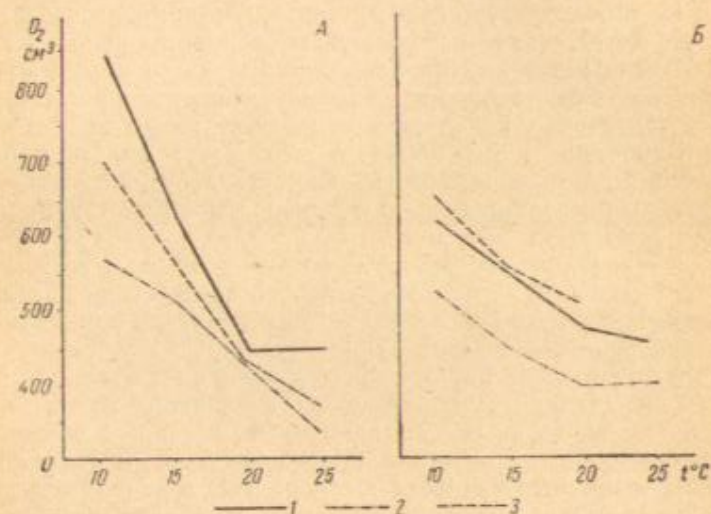


Рис. 33. Химическая терморегуляция у обыкновенной (А) и рыжей (Б) полевок:

1—одиночные зверьки; 2—зверьки в группе; 3—зверьки в разделенной группе

мере, а по оси ординат — потребление кислорода в  $\text{cm}^3$  на 100 г в 1 час. На каждом графике разместить три кривых, выражающих величину потребления кислорода 1) одиночными животными, 2) животными, находящимися в группе, и 3) в разделенной группе (рис. 33).

### Обсуждение результатов

Рассматривая полученные графики (см. рис. 33), можно сделать вывод, что интенсивность обмена веществ у зверьков, находящихся вместе, заметно ниже, чем у отдельных особей при той же температуре. Это явление можно объяснить тем, что у сбившихся в кучу животных



общая поверхность их теплоотдачи относительно меньше, чем у каждого зверька в отдельности. Уменьшение теплоотдачи приводит к возможности переживания низкой температуры при относительно небольших энергетических затратах. Ясно, что это представляет большие биологические преимущества.

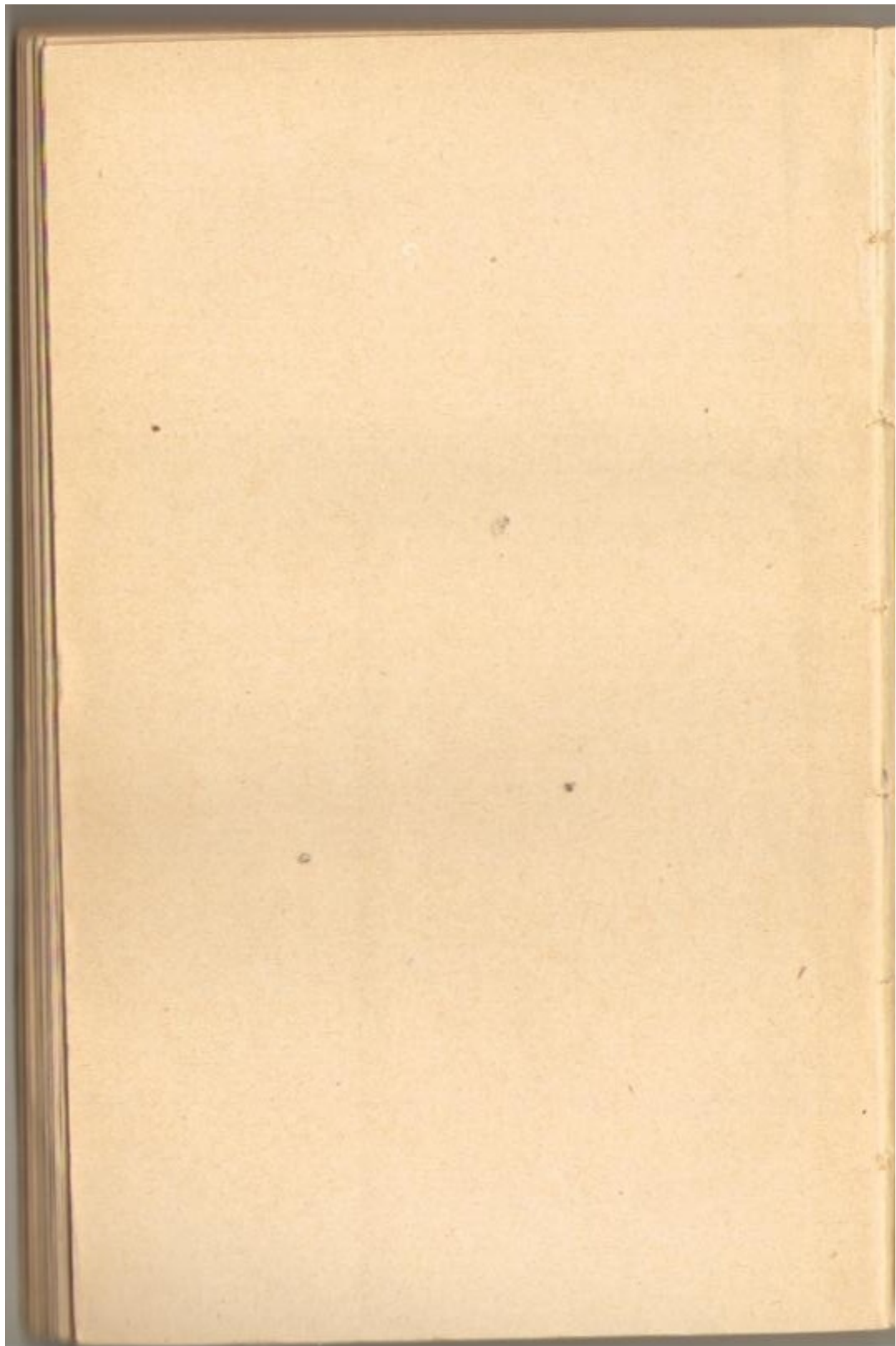
Но объяснять механизм снижения обмена веществ в группе только ограничением теплоотдачи нельзя. У многих животных (в нашем примере — у обыкновенной полевки) снижение обмена веществ происходит и в том случае, когда зверьки не объединены вместе, но помещаются таким образом, что могут видеть друг друга. В этом случае уменьшение теплоотдачи отсутствует, однако изменение интенсивности обмена налицо. Чем же можно объяснить это явление?

Образование скоплений животных открывает возможность перенесения неблагоприятного воздействия низких температур путем более экономным, нежели при индивидуальной химической терморегуляции. Такая «экономия» энергетических ресурсов организма биологически выгодна. Поэтому образование скоплений животных, наличие постоянных или временных, сезонных общественных форм их жизни получило широкое распространение в животном мире. Не говоря уже о колониальных видах, многие животные регулярно образуют зимовочные группы, или скопления. Они широко известны среди представителей самых различных отрядов амфибий, рептилий и млекопитающих. Известны такие скопления и на ночевках зимой у некоторых видов птиц. У гомойотермных животных образование таких скоплений не всегда связано только с приспособлением к более выгодному пути теплообмена, но определяется и другими факторами (например, условиями кормления). Однако при группировке особей всегда наблюдается понижение интенсивности обмена веществ. Поэтому различные формы общения животных, в том числе и зрительное восприятие, играют роль сигнального фактора в рефлекторном снижении обмена.

Таким образом, можно с достаточной уверенностью говорить о наличии рефлекторного механизма проявления стадной (групповой) реакции животных на температуру среды. Эта реакция особенно свойственна животным, постоянно или временно (сезонно) ведущим об-

щественный образ жизни. В опытах с разделенной группой эффект снижения обмена веществ наиболее ярко выражен у видов, ведущих общественный образ жизни (например, у общественной полевки — А. Г. Понугаева, 1953). У обыкновенной полевки, которая не может быть названа общественным видом, но постоянно образует массовые зимние скопления в стогах, скирдах и т. п., эта реакция выражена менее четко. У животных, которым в природе не свойственны ни колониальные формы жизни, ни образование сезонных скоплений, рефлекторное снижение обмена отсутствует (в нашем опыте — рыжая полевка). Более того, обмен веществ у таких зверьков в разделенной группе иногда даже возрастает, что можно объяснить возникновением оборонительных реакций при виде соседей. Понижение же обмена в неразделенной группе часто имеет место и здесь — за счет прямого влияния уменьшения теплоотдачи.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Номограмма для приведения объема газа к 0° и 760 мм рт. ст.  
 (По А. Б. Когану и С. И. Щитову, 1954)

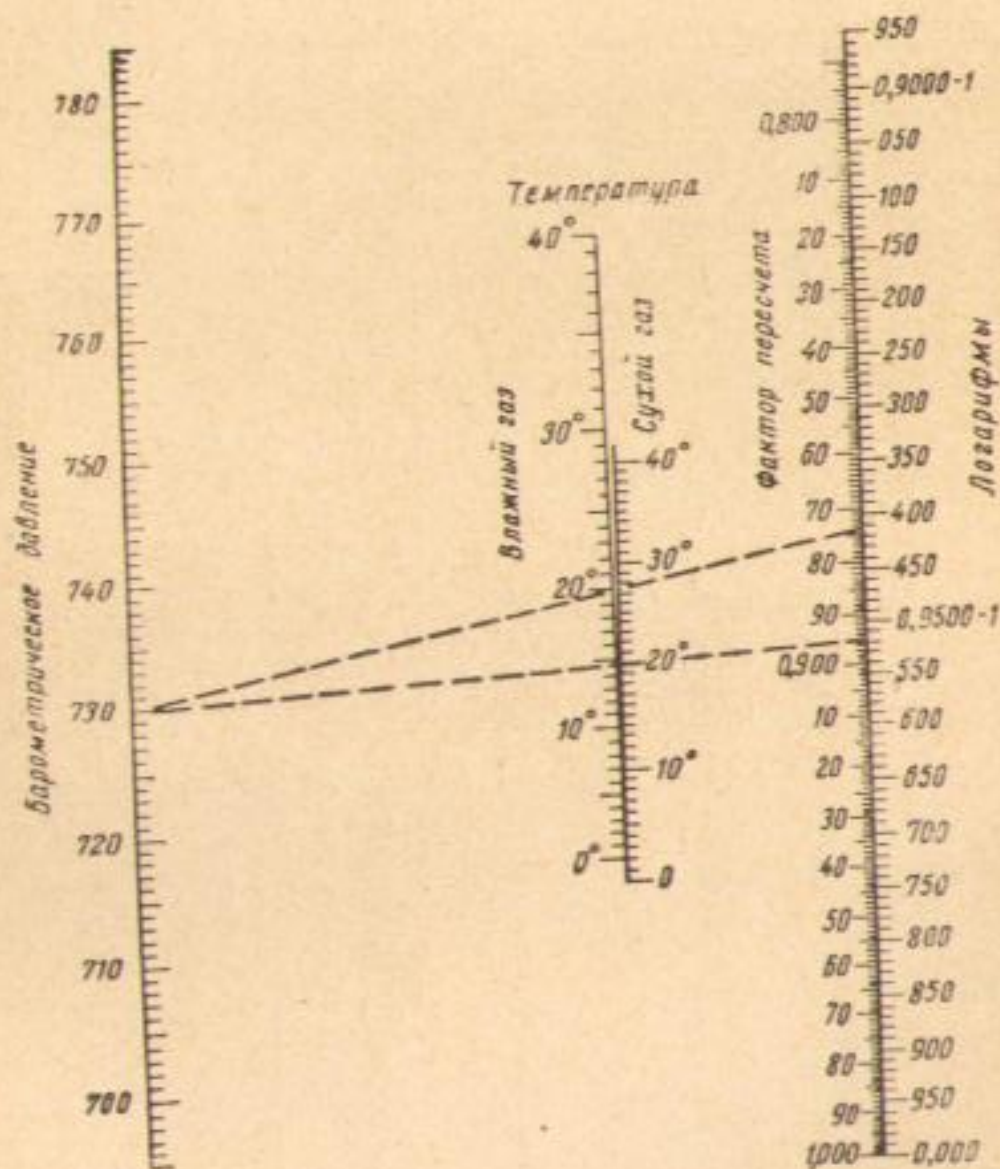


Рис. 34

Приложение 3

а) Состав охлаждающих смесей  
(По М. А. Бескровному, 1953)

Название соли	Концентрация соли в процентах по весу	Основной компонент	Минимальная температура смеси (в °С)
Двуххромокислый калий ( $K_2Cr_2O_7$ ) . . .	5,3	Снег	-1,55
Серникоислый калий ( $K_2SO_4$ ) . . . . .	7,0	.	-1,55
Азотнокислый калий ( $KNO_3$ ) . . . . .	12,2	.	-2,9
Серникоислый магний ( $MgSO_4$ ) . . . . .	23,5	.	-3,9
Азотнокислый натрий ( $NaNO_3$ ) . . . . .	42,8	Вода	-5,3
Азотнокислый стронций [ $Sr(NO_3)_2$ ] . . . . .	32,4	Снег	-5,75
Хлористый барий ( $BaCl_2$ ) . . . . .	29,0	.	-7,8
Хлористый кальций ( $CaCl_2$ ) . . . . .	16,7	Вода	-10,5
Хлористый калий ( $KCl$ ) . . . . .	24,6	Снег	-11,1
Хлористый кальций ( $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ ) . . . . .	52,1	Вода	-12,4
Азотнокислый аммоний ( $NH_4NO_2$ ) . . . . .	37,5	.	-13,6
Хлористый аммоний ( $NH_4Cl$ ) . . . . .	20,0	Снег	-15,8
Азотнокислый аммоний ( $NH_4NO_2$ ) . . . . .	50,0	Вода	-16,0
.	70,0	Снег	-17,35
Хлористый натрий ( $NaCl$ ) . . . . .	20,9	.	-21,2
Азотнокислая медь [ $Cu(NO_2)_2$ ] . . . . .	36,0	.	-24,0
Бромистый натрий ( $NaBr$ ) . . . . .	40,3	.	-23,0
Хлористый магний ( $MgCl_2$ ) . . . . .	21,6	.	-33,6
Углекислый калий ( $K_2CO_3$ ) . . . . .	39,5	.	-36,5
Хлористая медь ( $CuCl_2$ ) . . . . .	36,0	.	-40,0
Хлористый кальций ( $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ ) . . . . .	33,3	.	-42,0
.	60,0	.	-45,0
Хлористый кальций ( $CaCl_2$ ) . . . . .	29,8	.	-55,0

б) Минимальная температура смесей из льда и поваренной соли  
(По М. А. Бескровному, 1953)

Количество соли в граммах на 1 кг льда	Минимальная температура смеси (в °С)	Количество соли в граммах на 1 кг льда	Минимальная температура смеси (в °С)
40	-2,2	180	-12,1
60	-3,5	200	-13,7
80	-4,9	220	-15,2
100	-6,1	240	-16,9
120	-7,5	260	-18,6
140	-9,0	280	-19,3
160	-10,5	290	-21,2

Психрометрическая  
для температур от 0 до +25°

Показ. влажн. термометра в °С	Разность показаний сухого								
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52
8	100	92	86	80	74	68	63	58	54
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59
13	100	94	88	83	78	73	69	64	61
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70

Насыщенность воздуха водными парами в процентах

таблица  
по влажному термометру

и влажного термометров											
4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
31	26	20	16	11	7	3					
33	29	23	19	16	11	7					
35	31	26	23	18	14	10					
39	34	29	26	21	17	13	10				
41	36	32	28	24	20	16	14	11			
43	39	34	30	27	23	19	17	13	10		
45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	
47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	11
49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42

Приложение 5  
Относительная влажность воздуха над растворами  
различной концентрации  
(По И. В. Кожанчикову, 1937)

Относительная влажность воздуха (в %)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (в % по весу)	KOH (в % по весу)	CaCl <sub>2</sub> (в % по весу)	
			гранулированный	кристаллический
100	0,0 (вода)	0,0 (вода)	0,0 (вода)	0,0 (вода)
90	17	15	17	23
80	27	25	25	35
70	34	35	40	46
60	39,9	43	52	60
50	43,5	52	65	70
40	48,1	61	77	100
30	53,1	72	87	—
20	58,7	87	100	—
10	67,7	100	—	—

Приложение 6  
Относительная влажность воздуха над пересыщенными растворами  
(По И. В. Кожанчикову, 1937; из Н. И. Казлбухова, 1951)

Вещество	Влажность воздуха в % при температуре:						
	2°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
Хлористый натрий . . . . .	76,3	77,5	78,3	76,5	75,9	75,0	74,5
Фруктовый сахар или глюкоза . . . . .	60,0	57,0	—	55,0	55,0	—	55,0
Углекислый калий . . . . .	50,0	47,0	—	44,0	43,0	—	44,0
Хлористый магний . . . . .	35,0	33,5	—	34,0	33,0	—	30,5
Хлористый литий . . . . .	16,0	—	15,0	15,0	—	13,0	13,0
Хлористый цинк . . . . .	10,0	—	10,0	10,0	—	10,0	10,0
Едкий натрий . . . . .	5,5	5,5	—	5,5	6,5	4,0	1,5

Приложение 7  
Упругость и плотность насыщающего водяного пара

Температура (в °С)	Упругость (в мм рт. ст.)	Плотность (в г/л)
0	4,57	0,0184
1	4,92	0,00532
2	5,27	0,00560
3	5,67	0,00600
4	6,07	0,00640
5	6,51	0,00684
6	6,97	0,0073
7	7,47	0,0078
8	7,99	0,0083
9	8,55	0,0088
10	9,14	0,0094
11	9,77	0,0100
12	10,43	0,0107
13	11,14	0,0114
14	11,88	0,0121
15	12,68	0,0128
16	13,51	0,0136
17	14,40	0,0145
18	15,33	0,0154
19	16,32	0,0163
20	17,36	0,0173
21	18,47	0,0183
22	19,63	0,0194
23	20,86	0,0206
24	22,15	0,0218
25	23,52	0,0230
26	24,96	0,0244
27	26,47	0,0258
28	28,07	0,0272
29	29,74	0,0287
30	31,51	0,0303
31	33,37	0,0321

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКУМА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ

Осуществление лабораторного экологического практикума требует наличия определенной аппаратуры, достаточного набора подопытных животных, поддержания определенного режима во время опытов, длящихся несколько дней. Поэтому для практикума желательно отвести отдельное помещение, не используемое для других занятий. Размеры его могут быть и небольшими; они определяются, в первую очередь, количеством студентов в группе — каждый студент должен иметь постоянное рабочее место. Лаборатория оборудуется широкими лабораторными столами, покрытыми линолеумом, а также достаточным количеством стульев или табуреток и шкафов для хранения приборов, инвентаря, материалов и книг. В комнате необходимо иметь яркое верхнее освещение и настольные лампы — не менее одной на каждые два рабочих места.

Вдоль стен лаборатории, кроме шкафов, удобно размещаются холодильники, стеллажи с термостатами, столик с аналитическими весами, зеркальный гальванометр, кислородный баллон с редуктором и другое стационарное оборудование. В лаборатории обязательно подводится вода (желательно и горячая) и газ. Нужно позаботиться о хорошей вентиляции. Перед лабораторными столами следует расположить небольшой стол для преподавателя (лучше также лабораторного типа, оклеенный линолеумом). На передней стене помещается классная доска.

Большинство приборов, рекомендуемых для выполнения изложенных в этом пособии задач, легко могут быть изготовлены самими студентами из материалов, имеющихся в каждом учебном заведении. Мы сознательно отказались от рекомендации более сложной аппаратуры, так как самостоятельное изготовление (или хотя бы монтаж) приборов способствует лучшему усвоению принципа их работы студентами. Кроме того, будущим специалистам-экологам полезно получить навык в изготовлении простой аппаратуры, которой они могли бы пользоваться и в полевых условиях. Исключение представляют измерительные приборы; в этом случае в тексте (см. выше) рекомендуются модели, приобретение которых не представляет трудностей.

Необходимость изготовления, монтажа и ремонта оборудования практикума вызывает потребность в организации при лаборатории небольшой мастерской, оборудованной необходимым набором инструментов и самыми простыми механизмами. Удобнее такую мастерскую располагать в отдельной комнатке рядом с лабораторией, но если это невозможно, для нее выделяется угол в лаборатории, отгороженный легкой перегородкой или просто шкафами.

Для проведения практикума требуется значительное количество подопытных животных. Основная масса их постоянно находится в общем виварии для лабораторных животных. Но небольшое количество животных, необходимое для текущей работы или находящееся под опытом, помещается в лаборатории. Для этих животных в лаборатории нужно иметь стеллаж, на котором и размещаются клетки. Стеллаж лучше отделать занавеской, чтобы животных не беспокоило движение людей в лаборатории. С самого начала заня-

тий важно требовать от студентов соблюдения в лаборатории полной тишины.

Экологический практикум обслуживается специальным лаборантом. Роль его в организации и подготовке практикума весьма велика, поэтому к подбору лаборанта следует относиться очень серьезно. Это должен быть биолог (эколог), владеющий также основами физики и химии и определенными практическими навыками. На обязанности лаборанта лежит уход за подопытными животными, подготовка, монтаж и мелкий ремонт оборудования и техническая помощь преподавателю при проведении занятий. Он должен также вести снабжением практикума необходимым оборудованием, материалами, реактивами и животными.

Что касается методики проведения занятий, то вряд ли можно и целесообразно «декретировать» какую-либо определенную схему. Каждый преподаватель, по согласованию с лектором, сам организует занятия, исходя из технических возможностей, бюджета времени и степени подготовленности студентов. В данном пособии приведена система организации занятий экологического практикума, которая в течение ряда лет проводится на кафедре зоологии позвоночных МГУ и признана наиболее удачной и эффективной с точки зрения усвоения материала студентами.

Значительная трудоемкость работ делает более удобным выполнение задач практикума не индивидуально каждым студентом, а небольшими бригадами в 2—3 человека. Это несколько затрудняет работу преподавателя по индивидуальной оценке работы каждого студента, но несомненно полезно с точки зрения экономии времени на выполнение каждой задачи. Кроме того, это позволяет при выполнении работ обойтись меньшим количеством дубликатов одного и того же прибора, что в ряде случаев также имеет немаловажное значение. Бригады должны быть постоянными на все время прохождения практикума.

Занятия подготавливаются заранее. К приходу студентов на рабочем месте каждой бригады должно находиться все необходимое оборудование. Если занятие трудоемкое, приборы монтируются заранее; на менее трудоемких занятиях монтаж прибора студенты производят сами. Подопытные животные в необходимом количестве находятся к началу занятий на стеллаже в лаборатории. Подготовка занятий производится лаборантом, обслуживающим практикум. На него, главным образом, и рассчитан имеющийся в описании каждой задачи раздел «Технические указания».

Первое четырехчасовое занятие начинается вступительной беседой преподавателя. Цель беседы — объяснить студентам цель и задачи практикума, порядок работы и отчетности, а также дать им представление о значении использования экспериментального метода в экологии и месте этого метода в общей системе экологических исследований. Содержанию такой беседы примерно соответствует первый раздел этой книги.

Продолжительность вступительной беседы — один академический час. Оставшиеся 3 часа первого занятия отведены на выполнение задачи № 1. Все остальные задачи рассчитаны на 4 часа каждая.

Каждое занятие начинается с короткого объяснения преподавателя, длящегося 10—15 минут, в котором он формулирует задачу, кратко излагает теоретические основы вопроса, изучению которого



она посвящается, описывает методику решения задачи и знакомит студентов с устройством и принципом действия используемых при работе с животными приборов. Примерно в таком плане построены в этом пособии разделы «Общие замечания» и «Методика».

Ответив на возникшие у студентов вопросы, преподаватель дает указание к началу работы. Студенты получают у лаборанта животных и, пользуясь консультацией преподавателя и лаборанта, начинают работу в соответствии с разделом «Порядок работы». В процессе работы преподаватель находится с группой, помогая студентам при возникновении каких-либо трудностей и отмечая неточности в работе или в условиях опыта, которые могут вызвать погрешность в результатах.

По окончании опытов студенты самостоятельно (но при консультации преподавателя) производят необходимые расчеты и предварительную, черновую обработку полученных данных.

Необходимо иметь в виду следующее. В силу ограниченности времени каждая бригада в состоянии провести опыты только с одним, максимум с двумя животными каждого вида. При полной неопытности студентов в обращении с приборами в отдельных случаях всегда возможны ошибки, приводящие к неточности, а иногда и неправильности результатов. Поэтому очень полезно в конце занятия произвести общую обработку результатов опытов, при которой отдельные погрешности поглощаются правильными данными. С этой целью в конце занятия преподаватель на доске выписывает данные каждой бригады, вычисляет средние значения и по ним цветными мелками строит доходчивые графики или диаграммы.

На базе полученных таким образом данных преподаватель подводит итоги занятия. При этом он обращает внимание студентов на выявленные в опытах экологические закономерности и объясняет их биологическое значение для жизни животных в естественной обстановке. Заключительная часть каждого занятия занимает 15—20 минут. В «Практикуме» этой части занятий соответствуют разделы «Обсуждение результатов». Эти разделы построены на материалах, полученных студентами МГУ при решении аналогичных задач. На этих же материалах построены приведенные в качестве примеров графики и диаграммы. Разумеется, можно было бы подобрать в литературе более эффективное и убедительное подтверждение тех или других закономерностей. Но, с одной стороны, по материалам, приведенным в данном пособии, студенты имеют возможность сравнить свои данные с результатами, полученными в таких же условиях и на том же примерно количестве животных. С другой стороны, и преподавателю на таких материалах легче составить представление о возможной степени четкости получаемых на занятиях данных и вероятности отклонений и ошибок в студенческих работах. Конечно, материал, изложенный в этом разделе, может послужить примером лишь общего направления обсуждения.

В тех случаях, когда для выполнения задачи требуется длительный промежуток времени (задачи № 3, 5, 8), преподаватель на первом занятии проводит вводную беседу и контролирует работу студентов по постановке опыта (1 час). Дальнейшие ежедневные наблюдения и измерения студенты проводят в удобное для них время, пользуясь консультацией лаборанта. По окончании работы по задаче преподаватель проводит заключительную беседу со всей группой. Таким образом, общие занятия группы по этим задачам

оказываются краткими, и общий бюджет времени студентов не нарушается.

На объяснения преподавателя (вводное и заключительное) в каждом занятии уходит в сумме 25—30 минут. Это довольно значительное время, но такие объяснения кажутся нам совершенно необходимыми. Они побуждают студентов не механически выполнять предписанные действия с приборами и животными, а размышлять над своей работой, осмысливать полученные данные. Такие объяснения как бы перекидывают мост между фактами, с которыми студенты имеют дело на практикуме, и теоретическим материалом, который они получают на лекциях. Наконец, эти объяснения помогают им реально ощутить тесную связь между экспериментальными и полевыми экологическими исследованиями, без которой и те и другие значительно обедняются.

Окончательную обработку данных (составление «чистовых» таблиц и графиков, написание отчета) студенты проводят во внеучебное время.

Перед окончанием занятия преподаватель объявляет тему следующей задачи и рекомендует литературу, с которой студенты должны ознакомиться. Такая предварительная подготовка студентов к каждому занятию намного повышает эффективность работы.

После выполнения задач, перечисленных в «Практикуме», каждой бригаде студентов предлагается выполнить контрольную работу. При этом преподаватель называет студентам тему и, если необходимо, дает пояснения, конкретизирующие ее. Задача студентов заключается в том, чтобы самостоятельно, пользуясь необходимой литературой, разработать методику решения поставленного перед ними вопроса, сконструировать (или скопировать описанные в литературе) необходимые приборы, провести опыты, обработать полученные данные и сделать из них определенные выводы. Литературу по теме студенты также подбирают самостоятельно; преподаватель выступает лишь в роли консультанта. К консультациям по техническим вопросам привлекается также обслуживающий практикум лаборант.

В настоящем пособии не дано разработок по контрольным работам — это лишило бы их смысла. Не дается и списка тем контрольных работ, так как каждый год преподаватель должен заново разрабатывать их. Очень полезно, если в контрольные работы включены новые, еще мало известные в литературе вопросы или освоение новых методик. Элемент исследования повышает интерес студентов к выполнению этих работ.

На выполнение контрольных работ отводится 16 учебных часов. На заключительном занятии каждая бригада делает краткий доклад по материалам своей контрольной работы; такая система способствует получению студентами навыка в сжатом и доходчивом изложении полученных ими данных. Кроме того, при такой форме отчетности все студенты знакомятся с работой каждой бригады, что расширяет их кругозор в области подобного типа исследований.

Для студентов вечернего отделения объем практикума равен 36 часам; он проводится по такому же плану, но с исключением контрольных работ и докладов. Кроме того, исключается задача № 5, так как эти студенты не имеют возможности проводить ежедневные наблюдения. По задаче № 8 студенты вечернего отделения

работают сокращенно — определяют только нормальный ритм суточной активности животных.

Задача № 3 проводится только на одном занятии, без повторения измерений в последующие дни.

Специального зачета по практикуму можно не проводить. Отчетность студентов заключается в представлении преподавателю оформленных данных по каждой задаче, включающих: 1) формулировку задачи; 2) краткое описание методики; 3) протоколы опытов по рекомендованной форме; 4) таблицы, графики и диаграммы, отражающие полученные в опытах результаты; 5) выводы. Отчет оформляется общий на каждую бригаду, причем графики и другие формы обработки материалов составляются по данным, полученным этой бригадой, а не по обобщенным данным, которыми в заключительной беседе оперировал преподаватель. Если результаты опытов отклонились от ожидаемых, студенты должны уметь объяснить причины (в этом преподаватель обязан им помочь еще во время занятий), а если позволяет время (или если ответ совершенно неправилен), переделать задачу. Принимая отчет, преподаватель задает студентам несколько вопросов, касающихся темы задачи.

Таким образом, общий зачет по практикуму складывается из серии частных зачетов по учебным задачам, а для студентов дневного отделения — и доклада по результатам контрольной работы, которая, кроме того, также должна быть сдана преподавателю в письменном виде.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Антошкина Е. Д. 1939. Онтогенетическое развитие терморегуляции. Физиол. журн. СССР, т. XXVI, в. 1.
- Бабенышев В. П. 1938. Значение мехового покрова и размеров тела некоторых видов грызунов для теплоотдачи и их стойкость к действию внешних факторов. Зоол. журн., т. XVII, в. 3.
- Башенина Н. В. 1953. К вопросу о реакциях обыкновенной полевки на изменения температуры в термоградиент-приборе. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. биол., т. LVIII, в. 5.
- Башенина Н. В. 1958. О «критической точке» у мелких полевок. Зоол. журн., т. XXXVII, в. 12.
- Бескровный М. А. 1953. Практикум по экологии животных. Харьков.
- Быков К. М., Владимиров Г. Е., Делов В. Е., Конради Г. П., Слоим А. Д. 1954. Учебник физиологии. М.
- Герасименко Г. Т. 1950. Влияние света на некоторые сезонные изменения в организме крапчатого суслика (*Citellus suslica* Gmel.) ДАН СССР, т. XXI, в. 3.
- Груздев В. В. 1952. О значении освещенности для распределения насекомоядных птиц в лесных массивах и лесополосах. Зоол. журн., т. XXXI, в. 4.
- Динесман Л. Г. 1948-а. Адаптация амфибий к различным условиям влажности воздуха. Зоол. журн., т. XXVII, в. 3.
- Динесман Л. Г. 1948-б. К вопросу об экологической дифференциации вида у амфибий. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. LIII, в. 6.
- Дмитриенко А. В. 1948. Особенности реакции близких форм лесных мышей на изменение температуры. ДАН СССР, т. XII, в. 3.
- Иоганзен Б. Г. 1959. Основы экологии. Томск.
- Калабухов Н. И. 1929. Летняя спячка сусликов. Тр. лаб. эксп. биол. Моск. зоопарка, т. V.
- Калабухов Н. И. 1935. Измерение температуры тела термоэлектрическим способом. Бюлл. науч.-иссл. ин-та зоологии МГУ, № 2.
- Калабухов Н. И. 1938. Некоторые экологические особенности близких видов грызунов. 1. Особенности реакции лесных мышей

- и сусликов на интенсивность освещения. Зоол. журн., т. XVII, в. 3.
- Калабухов Н. И. 1939-а. Соотношение термотактического оптимума и критической температуры у млекопитающих. Усп. совр. биологии, т. X, в. 3.
- Калабухов Н. И. 1939-б. Некоторые экологические особенности близких видов грызунов. 2. Суточный цикл активности лесных мышей *Arodemus sylvaticus* L. и *A. flavicollis* Melch. и сусликов *Citellus pygmaeus* Pall. и *C. suslica gueld.* Вopr. экол. и биоценол. № 7.
- Калабухов Н. И. 1939-в. Некоторые экологические особенности близких видов грызунов. 3. Особенности реакции лесных и желтогорлых мышей и малого и крапчатого сусликов на градиент температуры. Зоол. журн., т. XVIII, в. 5.
- Калабухов Н. И. 1940-а. Суточный цикл активности животных. Усп. совр. биологии, т. XII, в. 1.
- Калабухов Н. И. 1940-б. Влияние температуры на потребление кислорода лесными и желтогорлыми мышами. ДАН СССР, т. XXVI, в. 3.
- Калабухов Н. И. 1943. Особенности суточного цикла активности и реакции на градиент температуры обыкновенного и степного хорьков. Зоол. журн., т. XXII, в. 3.
- Калабухов Н. И. 1946. Сохранение энергетического баланса организма как основа процесса адаптации. Журн. общ. биол., т. VII, в. 6.
- Калабухов Н. И. 1950. Эколого-физиологические особенности животных и условия среды. Харьков.
- Калабухов Н. И. 1951. Методика экспериментальных исследований по экологии наземных позвоночных. М.
- Калабухов Н. И. 1956. Спячка животных. Изд. 3. Харьков.
- Кашкаров Д. Н. 1944. Основы экологии животных. Л.
- Коган А. Б., Шатов С. И. 1954. Практикум по сравнительной физиологии. М.
- Кожанчиков И. В. 1937. Экспериментально-экологические методы исследования в энтомологии. М.
- Кожанчиков И. В. 1961. Методы исследования экологии насекомых. М.
- Коштовни Х. С. 1950. Основы сравнительной физиологии, т. 1. М.
- Ларионов В. Ф. 1941. Укорочение периода линьки у птиц применением длительного дневного освещения. ДАН СССР, т. XXVII, № 32.
- Ларионов В. Ф. 1945. Смена покровов и ее связь с размножением у птиц. Уч. зап. МГУ, биология, в. 88.
- Лобашев М. Е., Савватеев В. Б. 1959. Физиология суточного ритма животных. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Майзелис М. Р., Руттенбург С. О. 1949. Суточный ритм активности и температуры тела у крыс. Сб. «Опыт изучения измен. физиол. функций в организме». Под ред. К. М. Быкова.
- Макарова А. Р. 1953. О влиянии освещения на газообмен у некоторых млекопитающих. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций», т. II. Под ред. К. М. Быкова.
- Машковцев А. А. 1949. Значение для биологии учения Ивана

- Петровича Павлова о высшей нервной деятельности. Усп. совр. биологии, т. XXVIII, в. 1 (4).
- Моисеева Т. М. 1952. Кормовая специализация и водный обмен у некоторых видов полевок и песчанок. Тр. Всес. ин-та защиты растений, 4.
- Наумов Н. П. 1948. Очерки сравнительной экологии мышевидных грызунов. М.—Л.
- Наумов Н. П. 1955. Экология животных. М.
- Наумов Н. П., Шилов И. А. 1957. Методические указания по курсу «Экология животных» для студентов-заочников V курса биолого-почвенных факультетов государственных университетов. Изд. МГУ.
- Новиков Г. А. 1953. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. Изд. 2. М.
- Новиков Г. А. 1957. Программа и методика изучения курса экологии животных. Л.
- Ольгинская Р. П., Исаакян Л. А. 1959. Методы исследования газового обмена у человека и животных. Л.
- Пономарев Л. Л. 1944. Реакция некоторых куниц (*Mustelidae*) на градиент температуры. Зоол. журн., т. XXIII, в. 1.
- Понугаева А. Г. 1949. Стадная форма существования и суточная периодика у летучих мышей. Сб. «Опыт изучения периодич. измен. физиол. функций в организме». Под ред. К. М. Быкова.
- Понугаева А. Г. 1953. Стадные реакции обмена веществ у млекопитающих. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций», т. II. Под ред. К. М. Быкова.
- Понугаева А. Г., Трубицына Г. А. 1955. Стадные изменения газообмена у овец. Тр. ин-та физиол. АН СССР, в. 4.
- Промитов А. Н. 1940. Изучение суточной активности птиц в гнездовой период. Зоол. журн., т. XIX, в. 1.
- Светозаров Е., Штрайх Г. 1940. Свет и половая периодичность у животных. Усп. совр. биологии, т. XII, в. 1.
- Сергеев А. М. 1929. Применение кататермометров и эффективных температур. Изд. Гос. микроб. ин-та, в. 7. Ростов-на-Дону.
- Сергеев А. М. 1939. Температура пресмыкающихся в естественных условиях. ДАН СССР, т. XXII, в. 1.
- Скворцов Г. Н. 1957. Усовершенствованная методика определения потребления кислорода у грызунов и других мелких животных. Сб. «Грызуны и борьба с ними», в. 5.
- Слоним А. Д. 1937. К эволюции регуляции тепла в животном организме. Усп. совр. биол., т. VI, в. 1.
- Слоним А. Д. 1945. Суточная и сезонная периодика активности и терморегуляции у летучих мышей. Изв. АН СССР, отд. биол. № 3.
- Слоним А. Д. 1952. Животная теплота и ее регуляция в организме млекопитающих. М.—Л.
- Слоним А. Д. 1953. Полевой камерный метод изучения газообмена и его применение для исследования оскольного обмена и химической терморегуляции. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций», т. II. Под ред. К. М. Быкова.
- Слоним А. Д., Безуевская Р. А. 1940. Сезонные изменения терморегуляции. Физиол. журн. СССР, т. XXVIII, в. 4.

- Слобим А. Д., Ольжикская Р. П., Руттенбург С. О. 1949. Опыты изучения динамики физиологических функций человека в условиях Заполярья. Сб. «Опыт изучения периодич. измен. физиол. функций в организме». Под ред. К. М. Быкова.
- Тупикова Н. В. 1949. Питание и характер суточной активности землероек средней полосы. Зоол. журн., т. XXVIII, в. 6.
- Феоктистов А., Андреев Н. 1903. Измерение температуры тела у мелких млекопитающих и птиц. Отч. о деят. с.-х. бактер. лабор. Гл. упр. деп. землед. за 1902 и 1903 гг.
- Филатова Л. Г. 1949-а. Терморегуляция млекопитающих — обитателей полупустыни. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций». Под ред. К. М. Быкова.
- Филатова Л. Г. 1949-б. Основной обмен у млекопитающих — обитателей полупустыни. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций». Под ред. К. М. Быкова.
- Филатова Л. Г. 1949-в. Водный обмен у животных — обитателей полупустыни Киргизии. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций». Под ред. К. М. Быкова.
- Филатова Л. Г. 1949-г. Суточный ритм у грызунов и насекомых и опыт его экспериментального изучения. Сб. «Опыт изучения периодич. измен. физиол. функций в организме». Под ред. К. М. Быкова.
- Флинт В. Е. 1954. Об экспериментальном изучении активности насыщающей гаги. Зоол. журн., т. XXXIII, в. 1.
- Формозов А. Н. 1946. Особый тип климатограмм для целей экологических исследований. Уч. зап. МГУ, биология, т. II.
- Черкович Г. М. 1953. Слуховой анализатор и роль стадных отношений в суточной периодике физиологических функций у обезьян. Сб. «Опыт изучения регул. физиологич. функций», т. II. Под ред. К. М. Быкова.
- Черномордикова В. В. 1943. О температурных реакциях пресмыкающихся. Термофилия. Зоол. журн., т. XXII, в. 5.
- Чугунов Ю. Д., Кудряшова Н. И., Чугунов Н. Д. 1956. Особенности терморегуляции степных и горных малых сусликов в условиях Северного Кавказа. Тр. науч.-исслед. противочумного Ин-та Кавказа и Закавказья, вып. 1.
- Шилов И. А. 1957. Некоторые вопросы становления терморегуляции в онтогенезе воробьиных птиц. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. LXII, в. 2.
- Щеглова А. И. 1949. Терморегуляция и кожно-легочные потери воды у большой песчанки *Rhombomys opimus* Licht. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций». Под ред. К. М. Быкова.
- Щербакова О. П. 1937. Материалы к изучению суточной периодики физиологических процессов у высших млекопитающих. I. Нормальная суточная периодика физиологических процессов. Бюлл. эксп. биол. и мед., т. IV.
- Щербакова О. П. 1938. Материалы к изучению суточной периодики физиологических процессов у высших млекопитающих. Бюлл. эксп. биол. и мед., т. V, в. 2.
- Щербакова О. П. 1949. Экспериментальное изучение суточного ритма физиологических функций у обезьян. Сб. «Опыт изучения периодич. измен. физиол. функций в организме». Под ред. К. М. Быкова.
- Щербакова О. П. 1953. Сравнительное изучение отдачи (испаре-

- ния) воды кожей у млекопитающих. Сб. «Опыт изучения регул. физиол. функций», т. II. Под ред. К. М. Быкова.
- Allee W. G. 1931. Animal aggregations. Chicago.
- Baldwin S. and Kendeigh Ch. 1932. Physiology of temperature of birds. Sc. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist., III.
- Bissonnette T. H. 1936. The sexual photoperiodicity. Quart. Rev. Biol., VII, № 4.
- Herter K. 1934. Eine verbesserte Temperatur—Orgel und ihre Anwendung auf Insecten und Säugetiere. Biol. Zbl., 59.
- Herter K. 1936. Das thermotaktische Optimum bei Nagetiere. Zeitschr. Vergl. Physiol., B. 23, H. 4.
- Palmgren P. 1935. Ueber den Tagesrhythmus der Vögel im arktischen Sommer. Ornith. Fennica, XII, № 4.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Особенности экспериментального метода и его место в общей системе экологических исследований . . . . .	7
<b>Тема I. Теплообмен организма и влияние температуры среды на позвоночных животных</b>	
Задача № 1. Влияние изменений температуры среды на температуру тела представителей разных классов позвоночных животных . . . . .	14
Задача № 2. Влияние температуры среды на интенсивность потребления кислорода пойкилотермными и гомойотермными животными . . . . .	28
Задача № 3. Определение термотактического оптимума для различных видов грызунов . . . . .	50
Задача № 4. Значение мехового покрова в тепловом балансе мелких млекопитающих . . . . .	60
<b>Тема II. Водный обмен у позвоночных животных и его зависимость от экологических условий</b>	
Задача № 5. Влияние недостатка влаги на вес тела, потребление питьевой воды и концентрацию мочи у различных видов грызунов . . . . .	68
Задача № 6. Зависимость величины кожно-легочной отдачи воды от температуры воздуха у разных видов грызунов . . . . .	80
Задача № 7. Зависимость величины кожно-легочной потери воды у грызунов от влажности воздуха . . . . .	90
<b>Тема III. Суточная ритмика жизнедеятельности позвоночных животных и роль светового режима в ее регулировании</b>	
Задача № 8. Влияние светового режима на суточный ритм активности птиц и млекопитающих . . . . .	99
Задача № 9. Влияние условий освещения на интенсивность потребления кислорода животными с различным типом суточной активности . . . . .	114
<b>Тема IV. Роль взаимоотношений животных в скоплениях в изменении индивидуальной реакции на температуру среды</b>	
Задача № 10. Одиночная и стадная реакции разных видов грызунов на температуру среды . . . . .	120
Приложения . . . . .	129
Рекомендуемая литература . . . . .	143

### Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
26	2 снизу	2—обыкновенная полевка	2—кавказская агама

23 коп.

ВЫСШАЯ ШКОЛА . 1961