

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Тарабрин

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗКОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методические указания

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00EED49E686F52A47CCBB285994C6650C3
Владелец: Герасименко Вадим Владимирович
Действителен: с 01.12.2025 до 24.02.2027

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 577.1(07)
ББК 45.272р
Т19

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Тарабрин, В. В.

Т19 Биологическая и физколлоидная химия : методические указания / В.В. Тарабрин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 60 с.

В методических указаниях изложены основные требования, необходимые для проведения лабораторных занятий по дисциплине биологическая химия, базовый теоретический материал, задания для самостоятельной работы. Учебное издание рекомендовано для обучающихся по специальности 36.03.02 Зоотехния.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Тарабрин В. В., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Главная цель методических указаний – ознакомление с важнейшими принципами и методическими приемами экспериментальной биохимии. Особое внимание обращается на приобретение студентами навыков самостоятельной работы в биохимической лаборатории: умению рассчитать концентрации необходимых растворов, приготовить их и проверить правильность приготовления, а также освоению необходимых методов исследования.

Лабораторные работы являются важным этапом учебного процесса, позволяющим совершенствовать теоретическую практическую подготовку студентов. Практикум проводится параллельно с теоретическим курсом по физколлоидной химии, получаемым на лекциях и в процессе самостоятельного изучения материала. Это дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в химические процессы и овладеть законами химии. Студенты приобретают навыки в проведении химических анализов.

Методические указания предназначены для студентов сельскохозяйственных и биологических вузов, обучающихся по специальности 36.03.02 Зоотехния.

ЗАНЯТИЕ 1. РАСТВОРЫ. ЯВЛЕНИЯ ДИФФУЗИИ И ОСМОСА

Цель занятия: *изучить основные понятия: типы растворов, диффузия, осмос; со свойства полупроницаемых мембран. Изучить понятия изотонический, гипотонический, гипертонический растворы и их влияние на растительную клетку.*

Растворы – это состоящая из двух или более веществ однородная масса или смесь, в которой одно вещество выступает в качестве растворителя, а другое – в качестве растворяемых частиц. Существует две теории трактовки происхождения **растворов**: химическая, основоположником которой является Д. И. Менделеев, и физическая, предложенная немецким и швейцарским физиками В. Д. Освальдом и С. А. Аррениусом Согласно трактовке Д. И. Менделеева, компоненты растворителя и растворяемого вещества становятся участниками химической реакции с образованием неустойчивых соединений этих самых компонентов или частиц. Физическая же теория отрицает химическое взаимодействие между молекулами растворяющего и растворяемого веществ, объясняя процесс образования растворов как равномерное распределение частиц (молекул, ионов) растворителя между частицами растворяемой субстанции вследствие физического явления, именуемого диффузией.

На сегодня нет единой системы классификации растворов, однако условно виды растворов можно сгруппировать по наиболее значимым критериям, а именно: **По агрегатному состоянию выделяют**: твёрдые, газообразные и жидкие растворы. **По размерам частиц растворённого вещества**: коллоидные и истинные. **По степени концентрации частиц растворённого вещества в растворе:** насыщенные, ненасыщенные, концентрированные, разбавленные. **По способности проводить электрический ток:** электролиты и не электролиты. **По назначению и области применения:** химические, медицинские, строительные, специальные растворы и др.

Растворы по размеру растворённых частиц. Виды растворов по размеру растворённых частиц включают **истинные** (обычные) растворы и **коллоидные системы**. В **истинных растворах** растворяемое вещество распадается на мелкие молекулы или атомы, по размерам приближённые к молекулам растворителя.

При этом истинные виды растворов сохраняют первоначальные свойства растворителя, лишь слегка преображая его под действием физико-химических свойств добавленного в него элемента. Например: при растворении поваренной соли или сахара в воде вода остаётся в том же агрегатном состоянии и той же консистенции, практически такого же цвета, меняется только её вкус. **Коллоидные растворы** отличаются от обычных тем, что добавляемый компонент распадается не полностью, сохраняя сложные молекулы и соединения, размеры которых значительно превышают частицы растворителя, превосходя значение 1 нанометра.

Диффузия (от лат. diffusio – распространение, растекание) самопроизвольный процесс распределения молекул, атомов, ионов, коллоидных мицелл в газах, жидкостях и твердых веществах, приводящий к установлению равномерной концентрации по всему объему. В процессе диффузии выравнивание концентрации растворенного вещества в растворителе идет благодаря тепловому движению. Этот процесс зависит от расстояниями между частицами (в газах оно наибольшее, в жидкостях – среднее, в твердых телах – наименьшее) и характера теплового движения частиц в этих средах. Явление диффузии можно наблюдать при погружении в чистый растворитель кристаллов окрашенных веществ. Причиной диффузии является тепловое движение молекул. С повышением температуры раствора скорость диффузии должна возрастать.

Задание 1. Проанализировать явление диффузии кристаллов окрашенных веществ при погружении их в чистый растворитель.

Приборы*:** цилиндры из бесцветного стекла на 250 мл, пинцет. ***Реактивы: крупные кристаллы марганцевокислого калия, двухромовокислого калия, кристаллвиолет или другие окрашенные вещества. Жидкий силикатный клей. ***Ход работы:*** кристаллик окрашенного вещества на несколько секунд погружают в силикатный клей и переносят в цилиндр с водой. По мере растворения клея частички окрашенного вещества постепенно распространяются по всему объему растворителя в цилиндре, окрашивая равномерно раствор в соответствующий цвет. Полученные наблюдения записать в выводе.

Осмос (от греческого osmos – толчок, давление) – односторонняя диффузия растворителя через полупроницаемую перегородку (мембрану), отделяющую раствор от чистого растворителя или

раствора меньшей концентрации. Осмос обусловлен стремлением системы к термодинамическому равновесию и выравниванию концентрации раствора по обе стороны мембраны. Диффузия молекул растворителя во время осмоса происходит в обоих направлениях – из раствора с меньшей концентрацией растворенного вещества (или чистого растворителя) и раствора с большей концентрацией растворенного вещества и возникает при наличии полупроницаемой перегородки. Все полупроницаемые мембраны можно разделить на три группы: 1) к первой группе относятся ткани животных и растений (стенки сосудов, стенки мочевого пузыря, кишечника, оболочки клеток); 2) ко 2-й группе относятся искусственно изготовленные органические мембраны (пленки из коллодия желатина и др.); 3) третью группу представляют пленки, изготовленные из неорганических веществ путем реакции обмена, так называемые осадочные мембраны (пленки из железистосинеродистой меди).

Сила, обусловливающая осмос, отнесенная к единице поверхности полупроницаемой мембраны называется **осмотическим давлением.**

Задание 2. Посмотреть учебные фильмы «Что изучает биохимия», «Облегченная диффузия», «Осмос», «Виды химических связей».

Гипертонические растворы – растворы, осмотическое давление которых выше осмотического давления в растительных или животных клетках и тканях. В зависимости от функциональной, видовой и экологической специфики клеток, осмотическое давление в них различно, и раствор, гипертонический для одних клеток, может оказаться изотоническим или даже гипотоническим для других. При погружении растительных клеток в гипертонический раствор, он отсасывает воду из клеток, которые уменьшаются в объёме, а затем дальнейшее сжатие прекращается и протоплазма отстаёт от клеточных стенок. Эритроциты крови человека и животных в гипертоническом растворе также теряют воду и уменьшаются в объёме. Гипертонический раствор в сочетании с гипотоническими растворами и изотоническими растворами применяют для измерения осмотического давления в живых клетках и тканях.

Гипотонические растворы – в биологии, различные растворы, осмотическое давление которых ниже, чем в клетках растительных или животных тканей. В гипотоническом растворе клетки насасывают воду, увеличиваясь в объёме, и теряют часть осмотически

активных веществ (органических и минеральных). Эритроциты крови животных и человека в гипотоническом растворе разбухают до такой степени, что их оболочки лопаются и они разрушаются. Это явление называют Гемолизом.

Изотонические растворы – растворы с одинаковым осмотическим давлением. В биологии и медицине – природные или искусственно приготовленные растворы с таким же осмотическим давлением, как и в содержимом животных и растительных клеток, в крови и тканевых жидкостях. В нормально функционирующих животных клетках внутриклеточное содержимое обычно изотонично внеклеточной жидкости. При сильном нарушении изотоничности растворов в растительной клетке и окружающей среде вода и растворимые вещества свободно перемещаются в клетку или обратно, что может привести к расстройству нормальных функций клетки. Как правило, по своему составу и концентрации изотонические растворы близки к морской воде. Для теплокровных животных изотоничны 0,9% раствор NaCl и 4,5% раствор глюкозы. Изотонические растворы, близкие по составу, pH, буферности и другим свойствам к сыворотке крови, называются физиологическими растворами (раствор Рингера для холоднокровных животных и растворы Рингера-Локка и Рингера-Тироде для теплокровных животных). В кровезамещающие изотонические растворы для создания коллоидно-осмотического давления вводят высокомолекулярные соединения (декстран, поливинол и др).

Задание 3. Влияние растворов на растительные клетки с разным осмотическим давлением.

Приборы: скальпель, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, микроскоп. ***Реактивы:*** хлористый натрий (0,1-0,8% и 10% растворы), лук. ***Ход работы:*** в три пробирки наливают по 2-3 мл раствора хлористого натрия разной концентрации: в пробирку №1 – 10% раствор, в №2 – 0,8% раствор и №3 – 0,1% раствор. В каждую пробирку помещают по небольшому кусочку пленки лука. Спустя 10 минут после погружения пленок лука в раствор с разным осмотическим давлением их извлекают, помещают на предметное стекло, накрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом при большом увеличении. Наблюдаемые под микроскопом изменения в растительных клетках под влиянием растворов хлористого натрия разных концентраций, а следовательно, и разного осмотического давления.

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит процесс диффузии? 2. Какое значение для живых клеток имеют процессы диффузии и осмоса? Привести примеры. 3. Что такое изотонический, гипотонический, гипертонический растворы? Как они воздействуют на живую клетку? 4. Какими свойствами обладают полупроницаемые мембраны? 5. Что из себя представляют гипер- , гипо- и изотонические растворы. Их влияние на растительную клетку. 6. Что такое тургор, плазмолиз, виды плазмолиза? 7. Объясните явление деплазмолиз.

ЗАНЯТИЕ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ И АКТИВНОЙ КИСЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ. МЕТОД ТИТРОВАНИЯ.

Цель занятия: *изучить явление электролитической диссоциации. Изучить порядок определения общей и активной кислотности растворов.*

Электролитическая диссоциация это самопроизвольный распад электролита на электрически заряженные частички (ионы) в растворе. Особую роль играют водородные и гидроксильные ионы, определяющие активную реакцию растворов.

Задание 1. Определить общую кислотность растворов.

Общая ***кислотность*** раствора выражается количеством 0,1 Н раствора едкого натрия в миллилитрах идущего на нейтрализацию 100 мл исследуемого раствора. Общая кислотность показывает общее количество кисло реагирующих веществ находящихся в растворе. Она не зависит от степени диссоциации кислоты, поэтому эквивалентные растворы любых кислот имеют одинаковую общую кислотность. В различных растворах содержится неодинаковое количество ионов H^+ и OH^-. При нейтрализации кислоты щелочью ионы H^+ и OH^- соединяются в молекулы воды. При титровании кислоты щелочью в конечном итоге участвуют все атомы кислотного водорода. Они и определяют общую кислотность. Общая кислотность нормальных растворов всех кислот одинакова.

Приборы: пипетки на 5 и 10 мл, колба на 50-100 мл, аппарат Макро-Михаэлис. ***Реактивы:*** соляная кислота – 0,1 Н раствор, уксусная кислота – 0,1 Н раствор, едкий натрий – 0,1 Н раствор и фенолфталеин. ***Ход работы*:** в колбу отмеряют 5 мл 0,1 Н раствора соляной кислоты добавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют пипеткой 0,1 Н раствором щелочи (NaOH) до появления

малиновой окраски. Титрование повторяют до 3-х раз и для расчета берут среднеарифметическую величину. Расхождение между результатами титрования не должно составлять больше 0,1 мл.

Таким же образом, определяют общую кислотность 0,1 Н раствора уксусной кислоты.

Расчет производят по формуле:

$$X = y \times 100 / y_1 ;$$

где X – определяемая общая кислотность в миллилитрах 0,1 Н раствора щелочи;

y – количество 0,1 Н раствора щелочи, пошедшее на титрование взятого объема кислоты (среднеарифметическая величина);

y_1– количество кислоты взятое для титрования.

Задание 2. Определить общую и активную кислотность растворов. Метод титрования. Метод использования одноцветных индикаторов (аппарат Михаэлиса). Потенциометрический метод определения pH растворов.

Под *активной кислотностью* понимают кислотность, обусловленную концентрацией свободных ионов водорода в растворе. Активная кислотность зависит от степени диссоциации находящихся в растворе кислот или других кисло реагирующих веществ и характеризуется величиной pH. Для биологических процессов в первую очередь имеет значение активная кислотность среды, в которой протекают те или иные биохимические процессы – кровь, тканевая жидкость, содержимое клеточной протоплазмы, а для простейших организмов окружающая их внешняя среда.

Активная кислотность определяется двумя способами (эти способы могут иметь разновидности) – колориметрическим и электрометрическим.

Колориметрический способ определения pH

Способ основан на использовании ***индикаторов*** – слабо диссоциирующих кислот или оснований, которые в зависимости от концентрации водородных ионов в растворе могут изменять либо характер своей окраски, либо интенсивность окраски. Пользуясь эталонами, можно судить о pH исследуемого раствора.

Область между двумя значениями pH, в пределах которой происходит заметное на глаз изменение окраски индикатора, называют ***зоной перехода окраски индикатора***. Обычно данная зона перехода окраски индикатора лежит в пределах двух единиц pH, т.е. на единицу выше и единицу ниже точки перехода. ***Точкой перехода*** называется то значение pH раствора, при котором половина молекул индикатора находится в диссоциированном состоянии.

Для определения pH раствора колориметрическим способом, прежде всего необходимо подобрать требуемый для этого индикатор, зона перехода окраски которого находится в пределах значения pH исследуемого раствора. Для этого значение pH исследуемого раствора предварительно определяется приближенно с помощью универсального индикатора.

Универсальный индикатор представляет собой смесь нескольких индикаторов, благодаря чему в зависимости от pH раствора он может принимать характерные окраски, по которым приближенно судят о значении pH раствора.

Для приближенного измерения pH к небольшому количеству определяемого раствора (от 0,5 до 1,0 мл) добавляют 2 капли универсального индикатора, перемешивают и по окраске с помощью цветной шкалы определяют pH.

Определить активную кислотность растворов, полученных в работе №1 и сделать вывод.

Задание 3. Определить pH с одноцветным индикатором.

При использовании двухцветных индикаторов при определении pH критерием служит характер окраски. При использовании одноцветных индикаторов за основу берется интенсивность окраски индикатора. Растворы, в которых данный индикатор имеет одинаковую интенсивность окраски, характеризуются одинаковым pH.

Приборы: набор стандартных эталонов с одноцветными индикаторами (прибор Михаэлиса), штатив с пробирками, градуированные пипетки на 1 и 10 мл, фарфоровая чашечка, глазная пипетка. ***Реактивы:*** универсальный индикатор, набор одноцветных индикаторов с разными зонами перехода окраски, исследуемые растворы. ***Ход работы:*** отмеряют точно 3 мл исследуемой жидкости и к ней добавляют 0,5 мл одноцветного индикатора, у которого зона перехода окраски находится в пределах приближенного pH исследуемого раствора. Содержимое пробирки тщательно перемешивают и находят эталон, соответствующий интенсивности окраски ее

содержимого. При этом эталон должен содержать такой же индикатор, как индикатор, добавленный к раствору. Подбор эталона с соответствующей интенсивностью окраски производят с помощью компаратора, помещая пробирку с опытным раствором в среднее гнездо, а эталоны в правом и левом гнездах, рядом с исследуемым раствором. Заменяя последовательно один эталон другим, подбирают такой, у которого интенсивность окраски индикатора одинакова с исследуемой жидкостью. В качестве исследуемых растворов рекомендуется брать водопроводную воду, 0,1 Н раствор соляной кислоты, 0,1 Н раствор уксусной кислоты, 0,1 Н раствор хлористого натрия или другой соли. Объяснить в выводе, почему растворы сильных и слабых кислот при одинаковой их концентрации имеют разные значения pH.

Потенциометрическое определение pH заключается в измерении ЭДС элемента, состоящего из двух электродов: индикаторного, потенциал которого зависит от активности ионов водорода, и электрода сравнения - стандартного электрода с известной величиной потенциала. В качестве индикаторных электродов для измерения pH на практике применяют стеклянный и хингидронный электроды. В отдельных случаях в качестве индикаторного электрода можно использовать водородный электрод. Для измерения pH применяют высокоомные потенциометры различных систем или pH-метры, шкала которых градуирована в милливольтах или непосредственно в единицах pH. Калибровка и проверка pH-метров проводится по стандартным буферным растворам. При измерении pH контролируемых растворов отсчет величины pH по шкале прибора производят после того, как показания прибора примут установившееся значение. Время установления показаний определяется буферными свойствами и температурой раствора (обычно время установления показаний не превышает 2 мин). Определение pH проводят при 25±2°С, в противном случае необходимо сделать соответствующие поправки. При измерении pH сильно кислых и сильно щелочных растворов при температурах близких к 0°С, или при измерении pH растворов с очень малой буферной емкостью (например, дистиллированной воды) время установления показаний может достигать нескольких минут. При измерении pH в неводных и смешанных растворителях, а также в некоторых коллоидных системах следует иметь в виду, что полученные значения pH являются условными.

Контрольные вопросы

1. Написать на доске уравнение диссоциации воды. Объяснить реакцию. 2. Что такое водородный показатель? Его назначение. 3. Какие способы известны для определения кислотности растворов? 4. Методика определения общей кислотности. От чего зависит данный показатель? 5. Дать определение понятию: активная кислотность. Как определяется активная кислотность. Каково её значение для биологических растворов живого организма? 6. В чем сущность определения водородного показателя с помощью одноцветного индикатора?

ЗАНЯТИЕ 3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ. СВОЙСТВА БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ

Цель занятия: *изучить основные свойства буферных растворов; биологические буферные системы.*

Буферными растворами называются растворы, сохраняющие неизменными значения pH при разбавлении или добавлении небольшого количества сильной кислоты или основания. Протолитические буферные растворы представляют смеси электролитов, содержащие одноимённые ионы.

В лабораторной практике пользуются буферными растворами с заранее известными значениями pH. Итак, приготовление буферных растворов осуществляется при использовании растворов слабой кислоты и ее соли с сильным основанием или слабого основания и его соли с сильной кислотой. Затем, изменяя количественные соотношения компонентов, готовят буферные растворы с заданным значением pH.

Свойства буферных растворов

1. Значение pH практически остаётся неизменным при разбавлении. И лишь при очень большом разбавлении (в 104 и более) значение pH может измениться на 0,5-1,0 единиц. Кроме того, при точном измерении pH следует учитывать изменения коэффициентов активности кислоты и основания, а они изменяются по-разному для заряженных и незаряженных электролитов.

2. Буферные растворы мало изменяют pH при добавлении небольшого количества сильной кислоты или сильного основания.

3. При равенстве концентраций буферной кислоты и буферного основания С(буф. к-та) = С(буф. осн.) каждый буферный

раствор характеризуется сопротивляемостью к изменениям. Количественно её выражают **буферной ёмкостью В,** которая определяется числом моль эквивалентов кислоты или основания, которые необходимы для смещения pH 1л буферного раствора на одну единицу.

Обычно определяются буферная емкость по кислоте (Ва) и буферная емкость по щелочи (Bb).

$$Ba = n(H_3O^+)доб. / V\ буф.р\text{-}р \times \Delta pH \quad Bb = n(OH^-)доб. / V буф.\ р\text{-}р \times \Delta pH$$

Буферная ёмкость зависит от **ряда факторов:** чем выше концентрации компонентов буферного раствора, тем больше его буферная ёмкость; буферная ёмкость зависит от соотношения концентраций компонентов, а, следовательно, от pH буфера. При pH = pKa буферная ёмкость максимальна. Достаточное буферное действие наблюдается, если концентрация одного из компонентов превышает концентрацию другого не более, чем в 10 раз. Таким образом, интервал буферного действия pH = pKa ± 1.

Влияние разведения и концентрации на pH буферных растворов и буферную емкость. Концентрация ионов водорода буферного раствора зависит от константы диссоциации слабого электролита и соотношения концентраций кислоты и соли:

$$[H^+] = Ka\frac{[Кислота]}{[Соль]}$$

Если буферный раствор разбавить в 10-20 раз, то заметного изменения pH не наблюдается, так как при разбавлении или концентрировании одновременно изменяется концентрация обоих компонентов, а их соотношение остается таким же, например:

$$[H^+] = Ka\frac{[Кислота]/10}{[Соль]/10};\quad [H^+] = Ka\frac{10[Кислота]}{10[Соль]}$$

Конечно, некоторое изменение pH происходит, поскольку с уменьшением концентрации, увеличивается степень диссоциации слабой кислоты, а уменьшение концентрации слои также изменяет степень гидролиза. Однако это изменение весьма незначительно.

Способность буферных систем поддерживать постоянное значение pH не является беспредельной, она ограничена. Этот предел характеризуется буферной емкостью. **Буферная емкость В** – это количество вещества эквивалента сильной кислоты или сильного основания, которое следует добавить к 1 л буферного раствора, чтобы изменить его pH на единицу.

Задание 1. Приготовить буферный раствор.

Приборы: штатив с пробирками, градуированные пипетки на 10 мл, глазная пипетка. ***Реактивы:*** калий фосфорнокислый однозамещенный 0,15 Н раствор; натрий фосфорнокислый двузамещенный 0,15 Н раствор; уксусная кислота 0,1 Н раствор; уксусный натрий 0,1 Н раствор; универсальный индикатор. ***Ход работы:*** 1) В предварительно пронумерованные шесть пробирок наливают растворы уксусной кислоты и уксуснокислого натрия в следующих соотношениях (табл. 1)

Таблица 1

Ацетатная буферная система

Раствор	Номер пробирки					
	1	2	3	4	5	6
Количество 0,1н раствора CH_3COOH, мл	9	8	5	3	2	1
Количество 0,1н раствора CH_3COONa, мл	1	2	5	7	8	9
Значение pH рассчитанное	3,7	4,0	4,6	5,0	5,2	5,6
Значение pH найденное в опыте						

К приготовленным смесям добавляют по 2 капли универсального индикатора и по характеру окраски определяют значения pH для каждой смеси.

2) Нумеруют восемь пробирок, наливая в них 0,15% растворы KH_2PO_4 и Na_2HPO_4 в следующем соотношении:

Таблица 2

Фосфатная буферная система

Раствор	Номер пробирки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0,15%раствор KH_2PO_4 , мл	9,5	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0
0,15%раствор Na_2HPO_4, мл	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Значение pH рассчитанное	5,59	5,51	6,24	6,47	6,64	6,81	6,98	7,17
Значение pH найденное								

Содержимое каждой пробирки тщательно размешивают. В другие восемь пробирок, заранее пронумерованных, отмеряют по 6 мл приготовленных буферных растворов. Оставшиеся в пробирках 1 и 8 растворы используют для определения приближенного pH с помощью универсального индикатора и на основании этого определения подбирают соответствующий одноцветный индикатор из группы нитрофенолов для точного определения pH приготовленных буферных растворов. По 1 мл индикатора добавляют в каждую из восьми пробирок, в которые были налиты по 6 мл приготовленных буферных смесей. Содержимое пробирок тщательно перемешивают и на основании изменившейся окраски определяют pH каждой буферной смеси, используя для этого стандартные эталоны с тем же индикатором. Результаты определения pH вносят в таблицу 2.

Задание 2. Изучить буферное действие растворов.

В колбочку отмеряют 4 мл уксусной кислоты и 16 мл уксуснокислого натрия. Содержимое колбочки тщательно перемешивают. Нумеруют четыре пробирки. В пробирки №1 и №3 отмеряют по 5 мл приготовленной буферной смеси, а в пробирки №2 и №4 – по 5 мл дистиллированной воды. В пробирки №1 и №2 добавляют по 1-2 капли фенолфталеина и их содержимое титруют из бюретки щелочью, ведя счет по каплям до появления розового окрашивания.

В пробирки №3 и №4 добавляют по 1-2 капли конго красного и титруют соляной кислотой, отсчитывая капли до появления синего окрашивания.

Сделать вывод и объяснить, почему для изменения реакции в пробирку №1 необходимо добавить больше щелочи, чем в пробирку №2, а в пробирку №3 больше кислоты, чем в пробирку №4.

Задание 3. Изучить влияние разведения на pH буферного раствора и буферную емкость.

Берут три колбочки. В каждую из них отмеряют по 5 мл уксусной кислоты и по 5 мл уксуснокислого натрия. Содержимое колбочки №1 оставляют неразбавленным, содержимое колбочки №2 разбавляют в 2 раза, для чего к полученной буферной смеси добавляют равный объем воды (10 мл) и содержимое колбочки №3 разбавляют в 4 раза, для чего в нее добавляют 30 мл воды. Содержимое в каждой колбочке перемешивают и используют для опыта.

Нумеруют три пробирки, соответственно отмеряют по 2 мл буферных растворов: неразбавленный, разбавленный в 2 раза

и разбавленный в 4 раза. Затем добавляют по 3 капли универсального индикатора и по окраске учитывают реакцию (pH) каждого буферного раствора. Объяснить в выводе, изменяется ли pH при разведении буферного раствора и почему

Задание 4. Буферная емкость биологических жидкостей.

Приборы: штатив с пробирками, градуированные пипетки, глазная пипетка, прибор Михаэлиса, чашки фарфоровые. ***Реактивы:*** едкий натрий 0,1 Н раствор; соляная кислота 0,1 Н раствор; универсальный индикатор; фенолфталеин; конго красный; вода, молоко, сыворотка крови, слюна. ***Ход работы:*** При помощи универсального индикатора сначала в фарфоровой чашке приближенно определяют pH исследуемых жидкостей, чтобы убедиться, что все они имеют практически нейтральную реакцию среды.

Отмеряют в отдельные пробирки по 5 мл исследуемых жидкостей, к каждой из них добавляют по 2-3 капли фенолфталеина и титруют из бюретки щелочью, ведя счет каплям, до появления розового окрашивания. После этого еще раз отмеряют по 5 мл исследуемых жидкостей в отдельные пробирки, добавляют к каждой по 2-3 капли конго красного и титруют из бюретки соляной кислотой, ведя счет каплям, до перехода красной окраски в синюю. Результаты записывают в тетрадь.

Определить, какая из исследуемых жидкостей обладает наибольшей буферной емкостью? По отношению к каким веществам (кислоте или щелочи) выражена больше буферная емкость у биологических жидкостей?

Задание 5. Посмотреть учебные фильмы: «Буферные растворы», «Способы получения буферного раствора».

Контрольные вопросы

1. Свойства буферных растворов. Важные биологические буферные системы? 2. Из каких веществ можно приготовить буферные растворы?3. Какими свойствами обладают буферные растворы, их значение? 4. Какие буферные системы содержатся в крови животного?

ЗАНЯТИЕ 4. КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

***Цель занятия**: изучить методы получения коллоидных растворов, ознакомиться с оптическими свойствами коллоидных растворов.*

Коллоидные растворы – ультра микрогетерогенные системы, в которых дисперсная фаза нерастворима в дисперсионной среде. Структурной единицей дисперсной фазы являются мицеллы. Коллоидные растворы физически активны, т.е. способны рассеивать свет, имеют малую скорость диффузии, характеризуются малой и непостоянной величиной осмотического давления. В фармацевтической практике используют две группы коллоидных препаратов: защищенные коллоиды и коллоидные электролиты (полуколлоиды). Защищенные коллоиды состоят из коллоидного компонента (например, серебра в коллоидном раздроблении) и высокомолекулярного вещества (ВМС). Благодаря ВМС поверхность коллоидного компонента гидрофилизируется, обусловливает растворимость. В медицинской практике используют колларгол, протаргол, ихтиол. Растворы защищенных коллоидов готовят в массообъемной концентрации. Технология данных растворов включает общие стадии изготовления растворов: растворение, фильтрование, оценка качества, упаковка, оформление. Защищенные коллоиды способны неограниченно набухать и самопроизвольно превращаться в раствор. Фильтрование водных растворов защищенных коллоидов проводится через рыхлый тампон ваты. Не рекомендуется пользоваться фильтровальной бумагой, т.к. при смачивании водой она приобретает поверхностный отрицательный заряд и коллоиды могут коагулировать, что может привести к потере дисперсной фазы. Протаргол и колларгол представляют собой коллоидные препараты серебра, защищенного продуктами гидролиза белка. Изготовление растворов колларгола и протаргола зависит от содержания в них коллоидного серебра и белка: протаргол содержит 7,8-8,3 % серебра, продукты гидролиза белка 92 %; колларгол содержит не менее 70 % серебра и около 30 % – составляют натриевые соли лизальбиновой и протальбиновой кислот. Растворы протаргола готовят, рассыпая протаргол на поверхности воды очищенной и оставляя до полного растворения (15-20 минут). Раствор фильтруют через небольшой тампон ваты во флакон оранжевого стекла и оформляют к отпуску. Раствор колларгола может

образоваться самопроизвольно при помещении колларгола в воду. Однако с целью ускорения процесса набухания колларгол рекомендуется растереть с небольшим количеством воды и постепенно добавлять остальное количество воды очищенной. Приготовленный раствор фильтруют во флакон оранжевого стекла.

Задание 1. Получение коллоидного раствора канифоли, фенолфталеина, серы.

Канифоль и фенолфталеин сравнительно хорошо растворимы в спирте и очень плохо растворяются в воде. Вода же в свою очередь хорошо смешивается со спиртом. Если смешать спиртовой раствор канифоли или фенолфталеина с водой, то молекулы этих веществ будут конденсироваться между собой, образуя частички, соответствующие размера частичек золя. Аналогичное явление происходит с серой, которая растворима в горячем спирте и нерастворима в воде.

Приборы: штатив с пробирками, спиртовка. ***Реактивы:*** канифоль 1% спиртовой раствор, вода дистиллированная, сера, фенолфталеин 1% спиртовой раствор, спирт этиловый. ***Ход работы:*** 1) В две пробирки наливают по 3-4 мл воды и в одну из них добавляют 2-3 капли канифоли, а во вторую – фенолфталеина. 2) В пробирку наливают 3-4 мл этилового спирта, добавляют щепотку серы и нагревают до полного растворения серы. В другую пробирку наливают 3-4 мл воды и к ней добавляют небольшое количество полученного спиртового раствора серы. У полученных растворов наблюдается опалесценция. Полученные результаты обосновать в выводе.

Задание 2. Получение гидрозоля гидрата окиси железа

Хлористое железо является солью сильной кислоты и слабого основания и как все соли подобного состава гидролизуется в воде с образованием гидроокиси металла и сильной кислоты:

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$$

Из двух веществ, образующихся в результате гидролиза, коллоидный раствор дает то, которое мало растворимо в воде.

$Fe[OH]_3$	$FeCl_3\ Fe^{3+}$	+	Cl^-
ядро	*адсорбционный слой*		*свободные ионы*

Образующаяся в небольшом количестве хлорокись железа диссоциирует на ионы, которые адсорбируются на поверхности коллоидных частиц и обеспечивают их устойчивость.

$$Fe(OH)_3 + HCl \rightarrow FeOCl + 2H_2O$$
$$FeOCl \rightleftarrows FeO^+ + Cl^-$$

Приборы*:** штатив с пробирками, спиртовка. ***Реактивы: хлористое железо, концентрированный раствор, вода дистиллированная. ***Ход работы:*** в две пробирки наливают по 3-4 мл воды. В одной из них воду нагревают до кипения, затем в обе пробирки добавляют по несколько капель хлорного железа и прекращают нагревание. Наблюдения записать в тетрадь, а полученный золь гидроокиси железа оставить для последующих опытов.

Задание 3. Получение гидрозоля берлинской лазури. При взаимодействии желтой кровяной соли (железистосинеродистого калия) с хлористым железом образуется новое вещество-берлинская лазурь (железисто-синеродистое железо). Берлинская лазурь конденсируется в коллоидные частички стабилизирующиеся в растворе адсорбированными на них молекулами железистосинеродистого калия:

1. $3K_4\,Fe(CN)_6 + 4FeCl_3 \rightarrow 12KCl + Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3$
2. $[Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3] + K_4\,Fe(CN)_6 \rightarrow$
   $\rightarrow [Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3]_n \times K_4\,Fe(CN)_6 \times Fe(CN)_6^{4-} + K^+$

Приборы: штатив с пробирками, пипетки. ***Реактивы:*** желтая кровяная соль 0,1 % раствор, хлористое железо 2% раствор. ***Ход работы:*** в пробирку наливают 4-5 мл раствора желтой кровяной соли и добавляют 1-2 капли раствора хлористого железа. Обязуется соль берлинской лазури синего цвета. Полученный результат записать в выводе, а полученный золь оставляют для следующих опытов.

Контрольные вопросы

1. Какие растворы называются коллоидными. Какими методами можно получить коллоидные растворы? 2. Чем отличаются коллоидные растворы от суспензий? 3. Что такое опалесценция? 4. Какими оптическими свойствами обладаю коллоидные растворы? 5. Особенности получения гидрозоля гидрата окиси железа, гидрозоля берлинской лазури.

ЗАНЯТИЕ 5. КОАГУЛЯЦИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ

***Цель занятия**: изучить явление обратимой и необратимой коагуляции минерального и органического коллоида. Разобрать коллоидную защиту белков и минеральных коллоидных растворов. Разобрать коллоидную защиту белков и минеральных коллоидных растворов.*

Коагуляция. Коллоидные системы обладают различной устойчивостью. Все они стремятся к уменьшению свободной поверхностной энергии за счёт сокращения удельной поверхности коллоидных частиц, что происходит при их стремлении к объединению. Удельная поверхность этих частиц очень велика, поэтому они и обладают большим избытком поверхностной энергии, что, в свою очередь, ведёт к термодинамической неустойчивости коллоидных систем.

Процесс объединения коллоидных частиц в более крупные агрегаты называется коагуляцией.

Динамика процесса коагуляции: При коагуляции двух частиц золя (так называемых **частиц первого порядка**) образуется более крупная **частица второго порядка**, которая может объединяться с ещё одной частицей первого порядка, образуя **частицу третьего порядка**, которая вновь присоединяет частицу первого порядка и превращается в **частицу четвёртого порядка** и т.д. Расчёты показали, что присоединение частиц первых порядков происходит легче, чем объединение частиц более высоких порядков. Сумма всех частиц в золе при коагуляции непрерывно уменьшается, причём если число исходных частиц первого порядка n1 всё время убывает, то число частиц второго порядка n2 вначале увеличивается, а затем уменьшается. Чуть отставая по времени от n2 растёт количество частиц третьего порядка n3, которое, пройдя свой максимум, начинает падать. В это время возрастает количество частиц следующего порядка и т.д.

Скорость коагуляции. Самопроизвольная коагуляция многих золей часто протекает **медленно**. Её можно ускорить, повышая скорость движения частиц. Это поможет им преодолеть расклинивающее давление. Ускорение движения частиц можно вызвать, например, **повышением температуры раствора**. **Повышение концентрации золя** также приводит к ускорению его коагуляции,

поскольку с увеличением концентрации растёт число эффективных столкновений между мицеллами. Процесс коагуляции очень чувствителен к добавлению **электролитов**. **Электроли́т** – вещество, которое проводит электрический ток вследствие диссоциации на ионы. Примерами электролитов могут служить водные растворы кислот, солей и оснований и пр. Небольшие количества электролитов могут резко ускорить скорость коагуляции. Следовательно, с одной стороны, электролиты необходимы для стабилизации золей, а с другой – их избыточное добавление ведёт к коагуляции золей. Влияние различных электролитов на этот процесс неодинаково.

Зависимость коагуляции от величины заряда иона электролита. Коагулирующее действие электролитов зависит от величины заряда иона, который противоположен заряду коллоидной частицы. С наибольшей скоростью коагулируют **электронейтральные частицы**. Такое состояние частицы, заряженной до начала коагуляции, например, положительно, станет возможным в том случае, если все противоионы диффузного слоя, заряженные отрицательно, будут перемещены в адсорбционный слой. Чем выше окажется концентрация добавленного электролита, тем сильнее будет сжат диффузионный слой, тем меньше станет ζ-потенциал и быстрее пойдёт коагуляция.

Кинетика коагуляции. Скрытая и явная коагуляция. Если в коллоидный раствор медленно добавлять электролит, то первые его порции не влияют на золь. При увеличении концентрации электролита начинается образование частиц низших порядков (II, III и т.д.), которое протекает незаметно для невооружённого глаза и поэтому называется **скрытой коагуляцией**. Дальнейшее увеличение концентрации электролита ведёт к прогрессивному развитию процесса коагуляции, повышению её скорости и сопровождается появлением частиц более высоких порядков. Золь претерпевает видимые изменения: он мутнеет или изменяется его окраска. При этом величина ζ-потенциала частиц уменьшается. Эта стадия процесса называется **явной коагуляцией**. Переход скрытой коагуляции в явную называется **порогом коагуляции**: ему соответствует пороговая концентрация электролита, т.е. минимальная концентрация электролита, вызывающая явную коагуляцию. (Измеряется эта величина миллимолях на литр золя.

Задание 1. Коагуляция гидрозоля гидроокиси железа.

Приборы: бюретка, колбы на 50 мл, пипетки на 5-10 мл. ***Реактивы:*** свежеприготовленный раствор гидрата окиси железа; хлористый натрий 5% раствор; сернокислый натрий 1% раствор; железистосинеродистый калий 0,01% раствор. ***Ход работы***: в три колбочки наливают по 5 мл свежеприготовленного гидрозоля гидрата окиси железа. Содержимое первой колбочки титруют из бюретки раствором хлористого натрия до помутнения раствора; во второй колбочке коллоидный раствор титруют сернокислым натрием и в третьей колбочке раствор титруют железистосинеродистым калием. Полученные результаты записать в выводе.

Задание 2. Коагуляция минерального и органического коллоида. ***Приборы:*** штатив с пробирками, бюретка, пипетки на 10 мл. ***Реактивы:*** свежеприготовленный гидрозоль гидрата окиси железа, золь белка (разведение желатина), сернокислый аммоний. ***Ход работы:*** В две пробирки наливают по 5 мл гидрозоля гидрата окиси железа и золя белка (раздельно). Содержимое каждой пробирки титруют из бюретки раствором сернокислого аммония. В процессе титрования устанавливают, что для коагуляции органического коллоида требуется значительно больше электролита, чем для коагуляции минерального коллоида. После коагуляции коллоидов в каждую из пробирок добавить по 5-10 мл воды. Полученный результат работы отразить в выводе.

Задание 3. Коллоидная защита. Органические коллоиды помимо электрического заряда имеют еще и гидратационную оболочку, и для того чтобы вызвать коагуляцию таких коллоидов, необходимо лишить их не только заряда, но и гидратационной оболочки, тогда как для коагуляции минеральных коллоидов достаточно подавить их электрический заряд. Органические коллоиды, добавленные к минеральным могут повысить устойчивость и последних. Такое явление получило название коллоидной защиты. Мерой защитного действия высокомолекулярных соединений является так называемое «золотое число» - то минимальное количество миллиграммов сухого высокомолекулярного соединения, которое необходимо добавить к 10 мл стандартного (красного) золя золота для того, чтобы предотвратить его коагуляцию (посинение) при введении в систему 1 мл 10% раствора хлорида натрия.

Биологическое значение коллоидной защиты. Явление коллоидной защиты имеет большое физиологическое значение: многие гидрофобные коллоиды и частички в крови и биологических жидкостях защищены белками от коагуляции. Так, белки крови защищают капельки жира, холестерин и ряд других гидрофобных веществ. Снижение степени этой защиты приводит к отложению, например, холестерина и кальция в стенках сосудов (атеросклероз). Предложена теория, согласно которой гидрофильность белков крови человека и их способность к абсорбции на холестерине с возрастом уменьшается и соответственно понижается их защитное действие на холестерин. Холестерин откладывается в стенках сосудов, обусловливая возрастные изменения сосудов, а в связи с этим и соответствующие изменения в тканях. Вероятно, этот процесс является одним из существенных факторов старения организма.

Понижение защитных свойств белков и других гидрофильных соединений в крови может привести к выпадению солей мочевой кислоты (при подагре), к образованию камней в почках, печени, протоках пищеварительных желез и т.п. Явление коллоидной защиты используется при изготовлении ряда фармакологических препаратов; так, были предложены защищенные белком золи металлов (колларгол и др.).

Приборы: штатив с пробирками, пипетки на 10 мл. ***Реактивы:*** азотнокислое серебро 2% раствор, желатин 2% раствор, подогретый до 30-40°С, поваренная соль 1% раствор, хромовокислый калий 0,5% раствор. ***Ход работы***: В две пробирки наливают по 2-3 мл раствора азотнокислого серебра. В одну из них добавляют 4-5 мл раствора желатина, а во вторую – такое же количество воды. Затем в обе пробирки по каплям добавляют раствор поваренной соли. В две пробирки наливают по 2-3 мл раствора азотнокислого серебра. В одну из них добавляют 3-4 мл раствора желатина, а во вторую – такое же количество воды. Затем в обе пробирки добавляют по 1-2 мл хромовокислого калия. Полученные результаты отобразить в выводе.

Контрольные вопросы

1. Что такое коагуляция? Какие виды коагуляции известны? 2. Объяснить явление обратимой и необратимой коагуляции коллоидов. 3. От чего зависит Коагулирующее действие электролитов? 4. Что такое

коллоидная защита? Почему органические коллоидные растворы обладают более высокой устойчивостью, чем минеральные? 5. Отличительные признаки проявления коагуляции минерального и органического коллоида сернокислым аммонием? 6. Биологическое значение коллоидной защиты.

ЗАНЯТИЕ 6. ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЕЙ И СТУДНЕЙ ЖЕЛАТИНА. ДИФФУЗИЯ В СТУДНЯХ

***Цель занятия**: пронаблюдать явление диффузии в студнях, получить золь из желатина.*

Студни (гели) – структурированные гомогенные системы, заполненные жидкостью, каркас которых образован молекулами высокомолекулярных соединений. В настоящее время термин «Студни» вытесняется более общим понятием «Гели». Студни похожи по свойствам на коллоидные гели, в частности характеризуются отсутствием текучести, способностью сохранять форму, прочностью и упругостью. Эти свойства обусловлены наличием пронизывающей весь объём студня пространственной сетки макромолекул. Однако, в отличие коллоидных гелей, сечение сплошной пространственной сетки имеет молекулярные размеры и она образована не вандерваальсовыми, а химическими или водородными связями. Таким образом, основное отличие студней от коллоидных гелей состоит в том, что это гомогенные, а не дисперсные системы.

Студни получаются благодаря действию молекулярных сил сцепления между макромолекулами органических полимеров, например, каучука, желатина, поливинилацетата и др. Эластичные студни, набухая или теряя растворитель, легко и обратимо изменяют свой объем. Так как поглощение растворителя значительно увеличивает объем студня, то их называют также набухающими гелями. Природа связей между элементами, составляющими структуру, у разных студней различна. Узлы сетки могут быть обусловлены водородными связями, взаимодействием электрических зарядов или диполей, а также химическими связями. Если связи в студне являются водородными или дипольными (электростатическими), то прочность его мала, и он легко плавится или разрушается. Примером таких систем являются студни желатина, агар-агара.

Помимо образования связей между молекулами в известных условиях могут возникать связи и между участками одной и той же макромолекулы, если она имеет несколько групп, способных взаимодействовать друг с другом, и молекулярная цепочка настолько гибка, что отдельные части ее в результате теплового движения могут вступать в контакт. При этом образуются так называемые глобулярные или корпускулярные студни.

Жидкость в гелях и студнях может быть связанной и свободной. Связанная жидкость входит в состав сольватной оболочки. Связанная вода обладает ограниченной подвижностью и сообщает студням повышенную, по сравнению с жидкостью, прочность. Связанная вода замерзает при более низкой температуре, которая может достигать -15°С. Пониженная температура замерзания связанной воды в почве обеспечивает сохранность зимующих семян или растений и благоприятно влияет на урожай.

Основная часть жидкости механически включена в каркас геля. Часть жидкости, которая не входит в сольватную (гидратную) оболочку, называют свободной или иммобилизованной. Механическое включение жидкости в ячейки каркаса подобно удержанию в губке впитавшейся воды. Жидкость входит в ячейки структуры и теряет свою подвижность. В то же время большое количество воды в гелях и студнях сообщает им свойства, которые характерны для жидкостей.

Задание 1. Получение золей и студней желатина

Приборы: кристаллизатор с водой, электроплитка, химический стакан на 250-500 мл, стеклянная палочка, весы роговые с разновесом, мерный цилиндр, штатив с пробирками. ***Реактивы:*** желатин сухой, вода. ***Ход работы***: отвешивают 1 г желатина, высыпают в стакан и заливают 50 мл холодной воды. Выдерживают в течение 20-30 мин для набухания желатина, после чего содержимое стакана нагревают на электроплитке, непрерывно помешивая стеклянной палочкой до полного растворения желатина. Образуется золь, его наливают в пробирку и помещают в кристаллизатор со льдом. По мере охлаждения раствора подвижность молекул растворителя и частичек растворенного вещества уменьшается, постепенно возрастает вязкость раствора; затем он полностью теряет подвижность и золь переходит в студень.

Сетчатая структура разбавленных гелей и студней, в которых содержание воды достигает 95-99%, позволяет растворенным в воде электролитам и другим низкомолекулярным соединениям диффундировать в них приблизительно с такой же скоростью, как и в воде или другой дисперсионной среде. Если диффузия не сопровождается какими-либо побочными явлениями (химическим взаимодействием диффундирующего вещества со студне – и гелеобразователем, адсорбционными и другими процессами), скорость диффузии подчиняется закону Фика. Если диффузия осложняется одновременно протекающими адсорбционными процессами и химическими реакциями между частицами геля или студня с диффундирующим веществом, то закон Фика здесь уже не приложим – вместо постепенного перехода концентраций наблюдается резкий скачок. Так, например, когда диффундирует в студень желатина соляная кислота, образуется соль – хлористый желатин.

Глубину проникновения кислоты в студень легко обнаружить, т. к. резко изменяется светопоглощающая способность полученного соединения. На диффузию в гелях и студнях влияет ряд факторов, из которых наибольшее значение имеют структура и концентрация геля и студня, а также степень дисперсности и природа частиц диффундирующего вещества. Зависимость скорости диффузии от концентрации системы связана с тем, что при увеличении ее концентрации увеличивается и плотность структурной сетки, уменьшаются размеры ячеек, заполненных дисперсионной средой, следовательно, затрудняется проникновение через гель или студень диффундирующих частиц.

Задание 2. Диффузия в студнях. Так как студни являются дисперсными системами, в которых имеется достаточное количество дисперсионной среды, то скорость химических и некоторых физических явлений в них будет такая же, как и в подвижных жидких системах. ***Приборы:*** кристаллизатор со льдом, электроплитка, химический стакан на 250 мл, стеклянная палочка, весы роговые с разновесом, мерный цилиндр на 250 мл, штатив с пробирками, круглодонные колбы на 50 мл с широким горлышком. ***Реактивы*:** желатин сухой, кристаллы марганцовокислого и хромовокислого калия, кристаллвиолета и других окрашенных веществ. ***Ход работы:*** готовят 2% раствор желатина, для чего отвешивают 5 г желатина и заливают в стакане 250 мл холодной воды, выдерживают

20-30 мин для набухания и нагревают на электроплитке, постоянно помешивая стеклянной палочкой до полного растворения. Полученный золь наливают доверху в 3-4 колбочки и охлаждают сначала водой, а затем в кристаллизаторе со льдом до образования студня. Скальпелем делают разрез в студне до середины колбочки, в разрез вставляют стеклянную трубочку и через нее в студень вводят кристаллик окрашенного вещества.

Стеклянную трубочку вынимают из студня. К месту разреза прикладывают горячую стеклянную палочку для расплавления желатина в месте разреза, затем колбочку снова помещают в кристаллизатор со льдом для застывания расплавленного желатина. Когда желатин снова превратится в студень, колбочки вынимают из кристаллизатора и в перевернутом виде оставляют на лабораторном столе. Через 1-2 ч наблюдают достаточно выраженную диффузию (распространение окраски от кристаллика во все стороны студня) в колбочке, где в студень был помещен кристаллик окрашенного вещества. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие растворы называются гелями, золями и студнями. Объясните различия между гелями и золями? 2. Какие растворы могут давать студни? 3. Какими физико-химическими свойствами обладают студни?

ЗАНЯТИЕ 7. УГЛЕВОДЫ. ОБЩИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОВ

Цель занятия: *изучить основные биохимические свойства глюкозы. Пронаблюдать явление восстановления металлов от действия глюкозы.*

Углеводы – органические соединения, в состав которых зачастую входят три химических элемента: Карбон, Гидроген и Оксиген. Много углеводов кроме этих элементов содержат Фосфор, Сульфур и Нитроген. Данные биополимеры широко распространены в природе. Биосинтез углеводов в растениях осуществляется в результате фотосинтеза. Углеводы составляют около 80-90 % сухой массы растений. В организме человека концентрация углеводов в пересчете на сухое вещество составляет около 2 % процентов. Углеводы являются основным источником химической

энергии для организма. Расщепление углеводов имеет особое значение для функционирования некоторых органов. Например, отдельные органы удовлетворяют свои потребности преимущественно за счет расщепления глюкозы: головной мозг – на 80%, сердце – на 70-75%. Углеводы депонируются в тканях организма в виде запасных питательных веществ (гликоген). Некоторые из них выполняют опорные функции (гиалуроновая кислота), участвуют в защитных функциях, задерживают развитие микробов (слизи), является химической основой для построения молекул биополимеров, составными частями макроэргических соединений и т.д.

Классификация углеводов. Все углеводы делятся на две большие группы: моносахариды (простые углеводы или монозы), полисахариды (сложные углеводы или полиозы), которые состоят из нескольких остатков молекул моносахаридов, связанных между собой.

Моносахариды. Моносахариды, содержащие альдегидную группу, называют *альдозами*, а те, которые содержат кетонную группу, – *кетозами*. К простым углеводам относятся *альдегидо* - и *кетоспирты* с числом углеродных атомов не менее трех.

По числу атомов карбона моноза делятся на триозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т.д. *Триозы.* Содержатся в тканях и биологических жидкостях в виде эфиров ортофосфорной кислоты как продукты промежуточного обмена углеводов во время реакций гликолиза и брожения. *Тетрозы.* Наибольшее значение имеет эритроза, которая содержится в тканях в виде эфира ортофосфорной кислоты – продукта пентозного пути окисления углеводов. *Пентозы.* Большинство пентоз образуется в пищеварительном тракте человека в результате гидролиза пентозанов овощей и фруктов. Часть пентоз образуется в процессах промежуточного обмена, в частности в пентозном пути. В тканях пентозы находятся в свободном состоянии в виде эфиров ортофосфатнои кислоты, входящих в состав макроэргических соединений (АТФ), нуклеиновых кислот, коферментов (НАДФ, ФАД) и других важных биосоединений. Особого внимания заслуживают такие пентозы: арабиноза, рибоза, дезоксирибоза, ксилулоза. Гексозы. Встречаются в свободном состоянии, в составе полисахаридов и других соединений. Наиболее важными представителями данного класса углеводов являются глюкоза, фруктоза, галактоза, маноза.

Дисахариды – это углеводы, молекулы которых при гидролизе расщепляются на две молекулы гексоз. К дисахаридам относятся мальтоза, сахароза, трегалоза, лактоза. При наименовании дисахаридов обычно пользуются названиями, которые сложились исторически (лактоза, мальтоза, сахароза), реже - рациональными и по номенклатуре IUPAC. Дисахариды - твердые кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, оптически активные, сладкие на вкус, способные к кислотному или ферментативному гидролизу, могут образовывать эфиры.

Гомополисахариды и гетерополисахариды. В состав *гомополисахаридов* входит значительное количество остатков одного моносахарида: глюкозы, манозы, фруктозы, ксилозы и т.д. Они являются запасными (резервными) питательными веществами для организма (гликоген, инулин, крахмал). Молекулы *гетерополисахаридов* состоят из большого количества разных моносахаридов. Углеводы делят на простые или моносахариды, не способные к гидролизу, и сложные углеводы, гидрализующиеся на ряд простых.

По числу атомов углерода углеводы делят на *тетрозы*, *пентозы, гексозы* и т.д., а по химическому строению – это многоатомные альдегидо- и кетоноспирты – *альдозы* и *кетозы*. Наибольшее значение для питания имеют *гексозы*.

Сложные углеводы по количеству получающихся при гидролизации простых углеводов делят на *дисахариды, трисахариды* и т.д. и *полисахариды*, дающие при гидролизе много атомов простых углеводов. Полисахариды делят на *гомополисахариды*, которые дают при гидролизе один вид простых углеводов и *гетеросахариды*, которые дают при гидролизе смесь простых углеводов и их производных.

Самый важный моносахарид – *глюкоза*. Название произошло от греческого – glykys – сладкий. Химическая формула – $C_6H_{12}O_6$. Молекулы глюкозы выполняют роль биологического топлива в одном из важнейших энергетических процессов в организме – в процессе гликолиза. В пентозном цикле глюкоза окисляется до CO_2 и воды, генерируя энергию для некоторых реакций.

В природе встречается D-глюкоза. Глюкоза очень легко окисляется оксидами и гидроксидами тяжелых металлов. Полное окисление глюкозы идет по уравнению:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6\,H_2O + 686 \text{ ккал}.$$

Значительная часть выделенной энергии аккумулируется в АТФ. Постоянный источник глюкозы в организме - гликоген. В растворах глюкоза существует в виде пяти таутомерных форм – a- и b –глюкопираноз с шестичленным кольцом, a- и b-глюкофураноз с пятичленным кольцом, а также в виде открытой формы со свободной альдегидной группой. А – и b – формы отличаются пространственным расположением полуацетального гидроксида. Недостаток глюкозы вызывает ацидоз и кетоз. Избыток – диабет. Норма содержания в крови – 0,1%.

Задание 1. Доказательство наличия гидроксильных групп.

Приборы: штатив с пробирками. ***Реактивы*:** глюкоза 5 % раствор, едкий натрий 30 % раствор, серная кислота 10 % раствор, сернокислая медь 1 % раствор. ***Ход работы*:** к раствору глюкозы прибавляют 1/3 объема раствора едкого натрия и по каплям 1 % раствор сернокислой меди. Образующийся гидрат окиси меди при наличии сахара растворяется, окрашивая жидкость в синий цвет. Результаты исследований обосновать в выводе.

Задание 2. Принцип метода: реакции восстановления солей окисей металлов основаны на свойстве моносахаридов, благодаря наличию в молекуле углевода свободных альдегидных групп, которые легко окисляются за счет восстановления солей окисей тяжелых металлов.

Задание 3. Проба Троммера.

Приборы: штатив с пробирками. ***Реактивы:*** глюкоза 1 % раствор, едкий натрий 1 % раствор, сернокислая медь 1 % раствор. ***Ход работы:*** к 2-3 мл раствора виноградного сахара (глюкоза) прибавляют одну третью часть объема 10% раствора едкого натрия и по каплям 1 % раствор сернокислой меди. В присутствии виноградного сахара образующийся осадок гидрата окиси меди растворяется, окрашивая жидкость в голубой цвет. Верхний слой жидкости нагревают до кипения. В другой пробирке смешивают 2-3 мл раствора едкого натрия (NaOH) с несколькими каплями сернокислой меди (CuSO4). Раствор глюкозы не добавляют. Получают осадок голубого цвета. При нагревании этого раствора может выпасть черный осадок окиси меди. Поэтому при реакции Троммера необходимо избегать излишка сернокислой меди, так как реакция между сахаром и гидратом окиси меди идет количественно и избыток

последнего при нагревании, теряя воду, переходит в черную окись меди, что затемняет основную реакцию: $Cu(OH)2 \rightarrow CuO+H2O$ Полученную реакцию объяснить в выводе.

Контрольные вопросы

1. Какие вещества называются углеводами. Какими свойствами обладают углеводы, их распространенность в природе? 2. Какими физико-химическими свойствами обладают моносахариды? Каково их значение для животного организма? 3. Глюкоза, ее строение, свойства? 4. Напишите формулы моносахаридов: глюкозы, фруктозы, рибозы, дезоксирибозы, гликогена?

ЗАНЯТИЕ 8. ДИСАХАРИДЫ. РЕАКЦИЯ НА САХАРОЗУ. РЕАКЦИЯ НА МАЛЬТОЗУ И ЛАКТОЗУ

***Цель занятия**: изучить явление гидролиза основных представителей дисахаридов: сахарозы, мальтозы, лактозы. К дисахаридам относится мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар), сахароза, глюкоза (винный сахар).*

Дисахариды – это сахароподобные сложные углеводы, молекулы которых при гидролизе распадаются на две молекулы моносахаридов. Молекулярная формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. Дисахариды содержатся в продуктах природного происхождения: сахароза (свекловичный сахар) в большом количестве, до 28%, – в сахарной свёкле; лактоза (молочный сахар) – в молоке; трегалоза (грибной сахар) – в грибах; мальтоза (солодовый сахар) образуется при частичном гидролизе крахмала и др. По своему строению дисахариды представляют собой гликозиды. В зависимости от того, какой гидроксил второго моносахарида участвует в образовании связи с первым моносахаридом, различают дисахариды двух типов: восстанавливающие (редуцирующие); не восстанавливающие. **Восстанавливающие дисахариды** называют гликозил-гликозами; связь между моносахаридными молекулами у этих дисахаридов образована за счёт полуацетального гидроксила одной молекулы и спиртового гидроксила (чаще всего при четвёртом атоме углерода) второй молекулы. Важнейшие представители: мальтоза, лактоза, целлобиоза. В растворе они находятся в таутомерных формах: циклической (полуацетальной) и гидроксикарбонильной (альдегидной). **Строение.** В состав дисахаридов могут входить два одинаковых

или различных моносахарида в полуацетальной (циклической) форме. Так, молекула мальтозы (солодовый сахар) состоит из двух молекул α-D-глюкозы в пиранозной форме, связанных между собойl-4-α-гликозидной связью.Во втором моносахаридном остатке молекулы мальтозы сохраняется свободный полуацетальный гидроксил. По этой причине в растворе мальтоза может существовать в таутомерных формах: циклической и гидроксикарбонильной, находящихся между собой в динамическом равновесии.

Задание 1. Реакции на сахарозу. **Реакция восстановления металлов.** Данная работа знакомит с отсутствием восстанавливающей способности сахарозы, что объясняется связанным состоянием карбонильных групп гексоз, образующих ее молекулу. Сахароза – не восстанавливающий дисахарид, при гидролизе (кислотном или ферментативном) ее молекула распадается на глюкозу фруктозу.

Приборы: штатив с пробирками. Пипетки. ***Реактивы:*** сахароза 1 % раствор, соляная кислота, лакмус, натрий едкий 10% раствор, сернокислая медь 1 % раствор. ***Ход работы***: в две пробирки наливают по 2-3 мл раствора сахарозы. В одну из них прибавляют несколько капель соляной кислоты, перемешивают и кипятят 3-5 мин на огне. Затем жидкость охлаждают и нейтрализуют по лакмусу путем добавления 10% раствора едкого натрия. С обеими пробами (кипяченой и некипяченой) проводят реакцию Троммера. Сделать вывод по работе.

Задание 2. Цветные реакции на сахарозу. Проба с сернокислым кобальтом. Эта проба основана на появлении фиолетовой окраски жидкости в щелочной среде в присутствии сахарозы.

Приборы: штатив с пробирками. Пипетки. ***Реактивы:*** кобальт сернокислый 2% раствор, раствор Селиванова, сахароза 1% раствор. ***Ход работы:*** к 2-3 мл раствора сахарозы приливают несколько капель 2 % сернокислого кобальта. При приливании избытка щелочи жидкость окрашивается в фиолетовый цвет. Объяснить полученную реакцию.

Контрольные вопросы

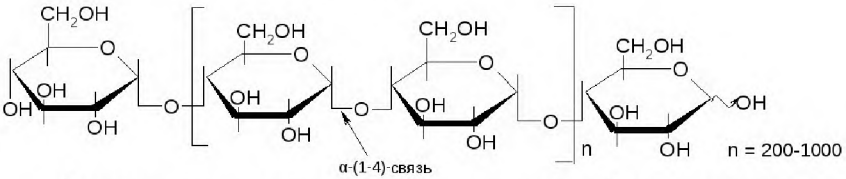
1. Какие химические вещества называются дисахаридами. 2. Способы образования дисахаридов из молекул моносахаридов? 3. Какие вещества называются полисахаридами и как они классифицируются?

ЗАНЯТИЕ 9. ЦВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ НА КРАХМАЛ. ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА КИСЛОТОЙ

Цель занятия: *Провести цветные реакции на дисахариды. Провести качественную реакцию на обнаружение крахмала.*

Крахмал представляет собой бесцветные аморфные зерна. Частично растворим в воде. Крахмал – основной запасной полисахарид растений, где он образуется из глюкозы. Для животных организмов является питательным веществом, основным пищевым углеводом. Крахмал расщепляется ферментами ЖКТ, образуя глюкозу (переваривание). Крахмал состоит из двух фракций: амилозы (растворима в холодной воде) и амилопектина (нерастворим в холодной воде). Структура амилозы представляет собой неразветвленную цепь, состоящую из 200-1000 остатков D-глюкопиранозы, соединенных α-(1→4)-гликозидными связями.

Амилоза

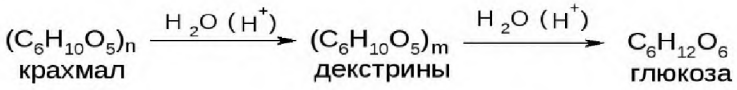


Амилопектин построен из таких же цепей, как амилоза, но разветвленных. В местах ветвлений боковые цепи соединяются с основной α-(1→6)-гликозидными связями.

Задание 1. Цветные реакции на крахмал. Весьма характерной реакцией на крахмал служит появление синего окрашивания от раствора йода в йодистом калии.

Приборы: штатив с пробирками, пипетки. ***Реактивы:*** крахмал 1 % раствор, раствор Люголя: в 100 мл воды растворяют 20 г йодистого калия и 10 г йода. Для реакции с крахмалом полученный раствор разводят в 5 раз дистиллированной водой. Гидроксид натрия 10% раствор. Этиловый спирт. ***Ход работы***: в пробирку наливают 2-3 мл раствора крахмала, приливают одну каплю раствора Люголя; жидкость окрашивается в синий цвет. Содержимое пробирки делят на три части: к первой части прибавляют 1-2 мл раствора гидроксида натрия, ко второй 2-3 мл этилового спирта, третью часть нагревают. Наблюдаемые явления отобразить в выводе и сделать заключение по работе.

Задание 2 Гидролиз крахмала кислотой. Крахмал не дает реакций восстановления, но при нагревании его с концентрированной минеральной кислотой он разлагается на декстрины.



Приборы: штатив с пробирками, пипетки. ***Реактивы***: крахмал 1 % раствор, раствор Люголя, соляная кислота, лакмус, натрий едкий 10% раствор, реактив Феллинга. ***Ход работы***: в пробирку наливают 3-5 мл раствора крахмала и несколько капель концентрированной соляной кислоты. Хорошо перемешивают и кипятят на огне. Через 1-2 мин после начала кипения берут пробу для реакции с йодом. Несколько капель раствора берут пипеткой и выливают в пробирку, в которой находится 5-6 мл дистиллированной воды, и сюда же приливают 1-2 капли раствора Люголя. Получается фиолетовое окрашивание, указывающее на наличие в растворе аминодекстринов. Пробирку с раствором крахмала кипятят еще 1-2 мин и снова проводят такую же пробу с йодом. Получается красно-бурое окрашивание от присутствия эритродекстринов. Снова кипятят и через каждые 2-3 мин повторяют пробы с йодом. Крахмал через ахродекстрины и мальтозу расщепляются до глюкозы. Реакция с йодом получается отрицательная – жидкость окрашивается в желтый цвет.

Контрольные вопросы

1. Какие химические вещества называются дисахаридами. Способы образования дисахаридов из молекул моносахаридов? 2. Какие вещества называются полисахаридами и как они классифицируются? 3. Какой процесс называется гидролизом, какие вещества образуются при гидролизе крахмала? 4. Напишите формулы дисахаридов.

ЗАНЯТИЕ 10. ЛИПИДЫ. РАСТВОРИМОСТЬ ЖИРОВ. ЭМУЛЬГИРОВАНИЕ ЖИРОВ

***Цель занятия**: изучить влияние температуры на растворимость жиров животного и растительного происхождения. Провести реакции на эмульгирование жиров.*

Липиды – это разнородная группа природных соединений, полностью или почти полностью нерастворимых в воде, но растворимых в органических растворителях и друг в друге, дающих при гидролизе высокомолекулярные жирные кислоты. В живом организме липиды выполняют разнообразные функции. 1) *Структурная*: Структурные липиды образуют сложные комплексы с белками и углеводами, из которых построены мембраны клетки и клеточных структур, участвуют в разнообразных процессах, протекающих в клетке. 2) *Запасная* (энергетическая) Запасные липиды (в основном жиры) являются энергетическим резервом организма и участвуют в обменных процессах. В растениях они накапливаются главным образом в плодах и семенах, у животных и рыб – в подкожных жировых тканях и тканях, окружающих внутренние органы, а также печени, мозговой и нервной тканях. Содержание их зависит от многих факторов (вида, возраста, питания и т. д.) и в отдельных случаях составляет 95-97% всех выделяемых липидов. Преимуществом жира как энергетического резерва, в отличие от углеводов, является гидрофобность – он не связан с водой. Это обеспечивает компактность жировых запасов - они хранятся в безводной форме, занимая малый объем. В среднем, у человека запас чистых триацилглицеринов составляет примерно 13 кг. Этих запасов могло бы хватить на 40 дней голодания в условиях умеренной физической нагрузки. Для сравнения: общие запасы гликогена в организме – примерно 400 гр.; при голодании этого количества не хватает даже на одни сутки. 3) *Защитная*: Подкожные жировые ткани предохраняют животных от охлаждения, а внутренние органы – от механических повреждений. Образование запасов жира в организме человека и некоторых животных рассматривается как приспособление к нерегулярному питанию и к обитанию в холодной среде. Особенно большой запас жира у животных, впадающих в длительную спячку (медведи, сурки) и приспособленных к обитанию в условиях холода (моржи, тюлени). У плода жир практически отсутствует, и появляется только перед рождением.

Наиболее целесообразно классифицировать липиды в зависимости от их химической природы, биологических функций, а также по отношению к некоторым реагентам, например, к щелочам. По химическому составу липиды обычно делят на две группы: простые и сложные.

Простые липиды – сложные эфиры жирных кислот и спиртов. К ним относятся **жиры**, **воски** и **стероиды**.

Жиры – эфиры глицерина и высших жирных кислот. **Воски** – эфиры высших спиртов алифатического ряда (с длинной углеводной цепью 16-30 атомов С) и высших жирных кислот. **Стероиды** – эфиры полициклических спиртов и высших жирных кислот. **Сложные липиды –** помимо жирных кислот и спиртов содержат другие компоненты различной химической природы. К ним относятся **фосфолипиды и гликолипиды**.

Фосфолипиды – это сложные липиды, в которых одна из спиртовых групп связана не с ЖК, а с фосфорной кислотой (фосфорная кислота может быть соединена с дополнительным соединением). В зависимости от того, какой спирт входит в состав фосфолипидов, они подразделяются на глицерофосфолипиды (содержат спирт глицерин) и сфингофосфолипиды (содержат спирт сфингозин).

Гликолипиды – это сложные липиды, в которых одна из спиртовых групп связана не с ЖК, а с углеводным компонентом. В зависимости от того, какой углеводный компонент входит в состав гликолипидов, они подразделяются на цереброзиды (в качестве углеводного компонента содержат какой-либо моносахарид, дисахарид или небольшой нейтральный гомоолигосахарид) и ганглиозиды (в качестве углеводного компонента содержат кислый гетероолигосахарид).

Задание 1. Растворимость жиров. Работу выполняют для исследования растворимости различных жиров: сливочного и растительного масел, маргарина.

Приборы: штатив с пробирками, стеклянные палочки, пипетки, спиртовки, водяная баня. ***Реактивы*:** масло: сливочное и растительное, маргарин, эфир, хлороформ, этиловый спирт. ***Ход работы****:* берут три серии пробирок по 3 штуки. В первую серию (1-3) помещают маленький кусочек маргарина, во вторую серию пробирок (4-6) наливают растительное масло (5-7 капель),

в третью серию пробирок (7-9) небольшой кусочек сливочного масла. Затем в первую пробирку каждой серии наливают 2-3 мл дистиллированной воды, во вторую – хлороформ, в третью – спирт. Все пробирки хорошо взбалтывают, отмечая наблюдаемые изменения. Если в какой – либо пробирке растворения не наблюдается, ее осторожно подогревают на спиртовке результаты записывают и делают вывод.

Задание 2. Эмульгирование жиров. Проба на эмульгирование с нейтральным жиром отрицательная, так как в ней нет свободных жирных кислот, и поэтому не образуется стабилизирующей оболочки из мыл. При взбалтывании нейтрального жира с разбавленным раствором белка образуется стойкая эмульсия. Эмульсия становится стойкой в присутствии веществ, понижающих поверхностное натяжение, как мыла, белки, желчные кислоты.

Приборы: штатив с пробирками. ***Реактивы:*** маргарин, сливочное масло, прогорклое масло, 10% раствор соды, желчь, белок, 10% раствор соляной кислоты. ***Ход работы***: берут восемь пробирок. В каждую из них наливают по 3 мл дистиллированной воды и несколько капель жира (растительного масла). В первые пять пробирок добавляют маргарин, а в пробирки №6 – 8 масло прогорклое, затем в пробирки №2 и №7 добавляют по 2 – 3 капли 10% раствора соды, в пробирку № 3 – 1 мл желчи, в пробирку №4 – 1 мл раствора белка, в пробирки №5 и №8 – 1 мл раствора кислоты. Таким образом, в пробирках №1 и №6 находится только жир и вода. Все пробирки закрывают и тщательно взбалтывают. Оставляют на 5 мин стоять и наблюдают стойкость эмульсии.

Контрольные вопросы

1. Какие химические вещества называются липидами? Какова классификация жирных кислот? 2. Объясните физиологическое свойство жиров. 3. Какое явление называется эмульгированием жиров?

ЗАНЯТИЕ 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ И КИСЛОТНОГО ЧИСЛА ЖИРОВ (ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ)

***Цель занятия**: изучить основные физические константы жира. К числу основных физических показателей относится температура плавления.*

Температурой плавления жира называется температура, при которой он из твердого состояния переходит в жидкое. На температурах плавления того или иного жира сказываются специфические особенности глицеридов и их жирно кислотный состав. У насыщенных жирных кислот температуры плавления возрастают с увеличением молекулярной массы. **Йодное число** *(ЙЧ)* – (или так называемый *коэффициент непредельности*) характеризует степень ненасыщенности жира и выражается количеством йода в граммах, которое требуется для полного насыщения жирных кислот, содержащихся в 100 граммах жира. По величине этого показателя судят о преобладании в жирах насыщенных или ненасыщенных жирных кислот.

Задание 1. Определение кислотного числа. Кислотным числом называется количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира.

Приборы: коническая колба, пипетки на 1 и 10 мл, бюретка. ***Реактивы:*** подсолнечное масло, этиловый спирт, фенолфталеин, едкий калий 0,1 Н спиртовой раствор. ***Ход работы***: в коническую колбу помещают 1 г подсолнечного масла, добавляют 10 мл смеси спирта с эфиром и хорошо перемешивают. После добавления 2-3 капель фенолфталеина раствор быстро титруют 0,1 Н раствором гидроксида калия при встряхивании до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. Кислотное число вычисляют по формуле:

$$X = a \times 5{,}6 \times K / c$$

где X – кислотное число масла, мг; a – объем 0,1 Н раствора гидроксида калия, израсходованного на титрование исследуемой пробы, мл; 5,6 – количество мг гидроксида калия, содержащегося в 1 мл 0,1 Н раствора гидроксида калия; K – коэффициент поправки на 0,1 Н раствор гидроксида калия; c – навеска масла, г.

Контрольные вопросы

1. Какие химические вещества называются липидами? Какова классификация жирных кислот? 2. Объясните физиологическое свойство жиров. 3. Как определяется кислотное и йодное число жира? 4. Что называется температурой плавления жира.

ЗАНЯТИЕ 12. БЕЛКИ. БИУРЕТОВАЯ РЕАКЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ БЕЛКОВ

***Цель занятия**: изучить простые и сложные белки; выяснить, что белки относятся к высокомолекулярным органическим соединениям, при гидролизе которых они распадаются до аминокислот.*

Белки – это азотсодержащие высокомолекулярные органические вещества со сложным составом и строением молекул. Белок можно рассматривать как сложный полимер аминокислот. Белки входят в состав всех живых организмов, но особо важную роль они играют в животных организмах, которые состоят из тех или иных форм белков (мышцы, покровные ткани, внутренние органы, хрящи, кровь). *Растения синтезируют* белки (и их составные части а-аминокислоты) из углекислого газа CO_2 и воды H_2O за счет фотосинтеза, усваивая остальные элементы белков (азот N, фосфор P, серу S, железо Fe, магний Mg) из растворимых солей, находящихся в почве. *Животные организмы* в основном получают готовые аминокислоты с пищей и на их базе строят белки своей организма. Ряд аминокислот (заменимые аминокислоты) могут синтезироваться непосредственно животными организмами. Характерной особенностью белков является их многообразие, связанное с количеством, свойствами и способах соединения входящих в их молекулу аминокислот. Белки выполняют функцию биокатализаторов – ферментов, регулирующих скорость и направление химических реакций в организме. В комплексе с нуклеиновыми кислотами обеспечивают функции роста и передачи наследственных признаков, являются структурной основой мышц и осуществляют мышечное сокращение. В молекулах белков содержатся повторяющиеся амидные связи C(0)–NH, названные пептидными (теория русского биохимика А. Я. Данилевского).

Задание 1. Биуретовая реакция Название «биуретовая реакция» происходит от производного мочевины – биурета, который дает эту реакцию в соответствующих условиях. Биурет образуется при нагревании мочевины с отщеплением от нее аммиака. В щелочной среде белки, а также продукты их гидролиза – полипептиды дают фиолетовое или красно-фиолетовое окрашивание с солями меди. Реакция обусловлена наличием пептидных связей. Положительная биуретовая реакция проявляется у соединений, содержащих не менее двух амидных групп. Интенсивность окраски зависит от длины пептида и варьирует от сине-фиолетового до красно-фиолетовой и красной.

Приборы: штатив с пробирками, спиртовка. ***Реактивы:*** мочевина кристаллическая, едкий натрий 10% раствор, сернокислая медь 1% раствор, раствор белка (белок двух яиц отделяют от желтка и смешивают с литром дистиллированной воды). ***Ход работы:*** с начала проводят реакцию с биуретом (который получают из мочевины), а затем с белком. ***Реакция с биуретом:*** в сухую пробирку берут немного (0,5 г) мочевины и осторожно нагревают над пламенем спиртовки. Мочевина вначале плавится, при дальнейшем нагревании выделяется аммиак. Этот сплавленной массе дают немного остыть. В результате нагревания мочевины образуется биурет, а аммиак улетучивается (при поднесении лакмусовой бумаги к парам биурета). По охлаждении биурета приливают 1-2 мл 10% раствора едкого натрия и взбалтывают. Затем к щелочному раствору прибавить 1-2 капли раствора сернокислой меди. Полученные результаты отобразить в выводе. ***Реакция с белком:*** к 2 мл раствора белка приливают 2 мл едкого натрия и 2 капли сернокислой меди, тщательно перемешивают. Полученную реакцию объяснить в выводе.

Задание 2. Определение изоэлектрической точки белков Белок, лишенный электрического заряда, находясь в изоэлектрическом состоянии и в электрическом поле и не будет передвигаться ни к катоду, ни к аноду, а pH раствора, при котором белок находится в изоэлектрическом состоянии называется **изоэлектрической точкой**. Растворы белков в изоэлектрическом пункте проявляют наименьшую устойчивость, в качестве стабилизирующего фактора остается гидратационная оболочка. У большинства белков изоэлектрическая точка близка к нейтральной реакции.

Приборы**:* штатив с пробирками, пипетка. ***Реактивы: уксуснокислый натрий 0,1 Н раствор; уксусная кислота 0,1 Н раствор; уксусная кислота 1 Н раствор; желатин 1% раствор; этиловый спирт. ***Ход работы**:* готовят серию буферных растворов (табл. 3)

Таблица 3

Буферные растворы

Раствор	№ пробирки					
	1	2	3	4	5	6
	количество, мл					
CH_3COONa 0,1 Н	2	2	2	2	2	2
CH_3COOH 0,1 Н	0,25	0,50	1	2	4	-
CH_3COOH 1 Н	-	-	-	-	-	0,8
Дистиллированная вода	3,75	3,50	3	2	-	3,2
Желатин 1% р-р	2	2	2	2	2	2

Содержимое пробирок взбалтывают. В пробирку №4 прибавляют из пипетки медленно и при помешивании столько спирта, чтобы спустя некоторое время оставалась едва заметная муть. Для этой цели, как правило, расходуется 2-3 мл спирта. Во все остальные пробирки добавляют при помешивании столько же спирта, сколько добавлялось в пробирку №4.Через 20-30 мин наблюдают помутнение, которое обозначают по нижеприведенной схеме: «+» – слабая коагуляция; «+ +» - средняя коагуляция; «+ + +» – сильная коагуляция.

Контрольные вопросы

1. Какие химические вещества называются белками? Объясните химический состав и структуру белков. 2. Что такое «биуретовая реакция»? Напишите на доске формулу биурета. 3. Какое состояние белков называется изоэлектрической точкой? Особенности ее определения.

ЗАНЯТИЕ 13. ЦВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ НА БЕЛКИ: НИНГИДРИРОВАННАЯ РЕАКЦИЯ. РЕАКЦИЯ С НИТРОПРУССИДОМ НАТРИЯ НА СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ АМИНОКИСЛОТЫ

***Цель занятия**: изучить цветные реакции на белки. Доказать, что реакция с нингидрином используется для визуального обнаружения амино кислот.*

Реакция с нингидрином используется для визуального обнаружения а-аминокислот на хроматограммах (на бумаге, в тонком слое), а также для колориметрического определения концентрации аминокислот по интенсивности окраски продукта реакции. Продукт этой реакции содержит в своем составе радикал (R) исходной аминокислоты, который обусловливает различную окраску: голубую, красную, и т.д. соединений, возникающих при реакции аминокислот с нингидрином. В настоящее время нингидриновая реакция широко используется как для открытия отдельных аминокислот, так и для определения их количества.

Задание 1. Реакция с нингидрином.

Приборы: штатив с пробирками, пипетка. ***Реактивы:*** Белок куриного яйца, раствор нингидрина ***Ход работы;*** В пробирку наливают 1 мл 1-10% разбавленного раствора белка куриного яйца и 1-2 мл 1% раствора нингидрина в ацетоне. Содержимое пробирки перемешивают и в течение 2-3 мин осторожно нагревают на водяной бане до появления сине-фиолетового окрашивания, свидетельствующее о присутствии в белке α-аминокислот.

Задание 2. Реакция с нитропруссидом натрия на серосодержащие аминокислоты. Белки, полипептиды, как и свободные α-аминокислоты, дают синее или фиолетовое окрашивание с нингидрином (гидрат трикетогидриндена). Реакция характерна для α-аминогрупп аминокислот. На I стадии реакции образуется восстановленный нингидрин за счет окислительного дезаминирования (образованиеNH_3) и декарбоксилирования (образование CO_2) α-аминокислот: На II стадии образовавшийся аммиак реагирует с эквимолярными количествами окисленного и восстановленного нингидрина, образуя сине-фиолетовый продукт, интенсивность

окраски которого (при 570нм) пропорциональна количеству аминокислоты.

Ход работы. В одну пробирку наливают 5 капель разбавленного раствора яичного альбумина, во вторую – 5 капель 1% раствора желатина, в третью – 5 капель 1% раствора растительного альбумина. В каждую пробирку добавляют по 3 капли 0,5% раствора нингидрина и нагревают до кипения. Через 2-3 минуты в пробирках появляется розовое, красное, а затем синефиолетовое окрашивание.

Контрольные вопросы

1. Для чего используется реакция с нингидрином? 2. Напишите уравнение реакции с нингидрином. 3. Принцип метода реакции нингидрином (гидрат трикетогидриндена).

ЗАНЯТИЕ 14. РЕАКЦИЯ ОСАЖДЕНИЯ БЕЛКОВ. ВЫСАЛИВАНИЕ БЕЛКОВ. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКОВ СЕРНОКИСЛЫМ АММОНИЕМ. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКОВ ХЛОРИСТЫМ НАТРИЕМ

Цель занятия: *научиться разделять белки на фракции с помощью нейтральных солей щелочных и щелочноземельных металлов.*

Реакция осаждения белков. Известно, что белки в растворе сохраняются в природном состоянии за счёт факторов устойчивости, к которым относятся заряд белковой молекулы и гидратная (водная) оболочка вокруг нее. Удаление этих факторов приводит к склеиванию этих молекул белка и выпадению в осадок. Осаждение белков может быть обратимым и необратимым в зависимости от природы используемых реактивов.

Обратимое осаждение – при этом процессе под воздействием факторов осаждения белки выпадают в осадок, но после прекращения действия этих факторов белки вновь переходят в растворимое состояние и приобретают свои нативные свойства. Одним из видов обратимого осаждения белков является высаливание.

Необратимое осаждение белков связано с глубокими нарушениями структуры белков (вторичной и третичной) и потерей ими нативных свойств. Такие изменения белков можно вызвать кипячением, действием концентрированных растворов минеральных

и органических кислот, солями тяжелых металлов. Для высаливания белков используют соли щелочных и щелочноземельных металлов (наиболее часто в практике используют сульфат натрия и аммония). Эти соли удаляют водную оболочку (вызывают обезвоживание) и снимают заряд. Между величиной водной оболочки белковых молекул и концентрацией солей существует прямая зависимость: чем меньше гидратная оболочка, тем меньше требуется солей. Так, глобулины, имеющие крупные и тяжелые молекулы и небольшую водную оболочку, выпадают в осадок при неполном насыщении раствора солями, а альбумины как более мелкие молекулы, окруженные большой водной оболочкой, – при полном насыщении. Денатурация белка (*необратимое осаждение*) сводится к разрушению третичной и частично вторичной структуры белковой молекулы в результате разрыва водородных связей и потере им биологических или нативных свойств. При необратимых реакциях осаждения белки претерпевают глубокие изменения и не могут быть растворимы в первоначальном растворителе. К необратимым реакциям относятся осаждение белка солями тяжелых металлов, минеральными и органическими кислотами, алкалоидными реактивами и осаждение при кипячении.

Высаливание белков. Осаждение белков растворами нейтральных солей высокой концентрации (насыщенные растворы). Сильным высаливающим эффектом обладают сульфаты натрия (Na_2SO_4) и аммония ($(NH_4)_2SO_4$). Механизм высаливания связан с тем, что добавляемые катионы и анионы снимают гидратную оболочку и одновременно, возможно, нейтрализуют заряд белка (состояние близкое к изоэлектрической точке). При таком осаждении сохраняются нативные свойства белков (биологическая активность) и сохраняются все уровни структурной организации белковой молекулы. Если затем к осадку белка добавить воду, удалить диализом соль, то белок снова перейдет в раствор и будет проявлять биологическую активность. Высаливание используют для разделения белков сыворотки крови, молока, яичного белка на две фракции: альбумины и глобулины. Глобулины, как менее растворимые белки и с большей молекулярной массой осаждаются первыми, при 50%-ном насыщении раствора белка $(NH_4)_2SO_4$ или Na_2SO_4, а альбумины при 100%-ном.

Задание 1. Осаждение белков сернокислым аммонием. Высаливание – это добавление к раствору белка нейтральных солей (Na_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$). Механизм высаливания заключается во взаимодействии анионов (SO_4^{2-}) и катионов (Na^+, NH_4^+) с зарядами белка (группы NH_4^+ и COO^-). В результате заряд исчезает, и соответственно, исчезает взаимоотталкивание молекул. Одновременно резко уменьшается гидратная оболочка. Все это приводит к «слипанию» молекул и осаждению. Насыщенным раствором сульфата аммония осаждается альбуминовая фракция белков, полунасыщенным раствором – глобулиновая фракция. Сущность реакции заключается в дегидратации молекул белка.

Ход работы. В пробирку наливают 30 капель неразведённого яичного белка и добавляют равное количество насыщенного раствора сульфата аммония. Содержимое пробирки перемешивают. При этом осаждается альбуминовая фракция белков. Получают полунасыщенный раствор сульфата аммония и также смешивают (1:1) с яичным белком, при этом глобулиновая фракция осаждается, а альбуминовая остается в растворе. Последнюю отфильтровывают, затем смешивают с порошком сульфата аммония до тех пор, пока не прекратится растворение соли, при этом выпадает осадок – альбумины. К образовавшимся осадкам (глобулинов и альбуминов) добавляют воду и наблюдают их растворение. Это доказывает, что высаливание – процесс обратимый.

Задание 2 Осаждение белков хлористым натрием. Для *высаливания белков* из растворов применяются хлорид натрия, сульфат натрия, ацетат натрия, сульфат магния, ацетат калия, хлорид кальция, нитрат кальция и сульфат аммония. Некоторые из перечисленных солей высаливают белки не только при насыщении ими раствора; определенные белки высаливаются и при достаточно низких концентрациях солей. К таким солям относится сульфат аммония. Условия, при которых происходит осаждение сульфатом аммония, настолько характерны для отдельных белков (за редкими исключениями), что это свойство белков можно сравнить с растворимостью, характеризующей кристаллические вещества. Белки состоят из аминокислот и поэтому обладают амфотерными свойствами. При растворении белков в воде ион водорода, появляющийся в результате диссоциации карбоксильной группы, присоединяется к аминогруппе. Поэтому белковые молекулы несут как

положительные, так и отрицательные заряды. Величина заряда определяется количеством ионогенных групп. При определённом значении pH суммарный электрический заряд молекулы белка становится равным нулю. Такое значение pH называется *изоэлектрической точкой* (pJ). В изоэлектрической точке растворы белков имеют минимальную устойчивость, поскольку они лишены основного стабилизирующего фактора – заряда и поэтому легко выпадают в осадок. Определить изоэлектрическую точку белка можно, определив pH, при котором раствор белка имеет наибольшее помутнение. У большинства белков изоэлектрическая точка лежит в слабокислой среде. *Осаждение белков NaCl* и $MgSO_4$ – Хлорид натрия и сульфат магния в отличие от сульфата аммония осаждают глобулины из насыщенного раствора. В изоэлектрической точке глобулины этими же солями осаждаются при более низкой концентрации.

Ход работы. В 2 пробирки наливают по 5 мл 1% раствора белка, прибавляют при перемешивании до полного насыщения (когда часть кристаллов остается нерастворённой, несмотря на взбалтывание) в одну пробирку тонко измельченного хлорида натрия, в другую – сульфата магния. Через несколько минут в двух пробирках появляется осадок *глобулинов*. Осадки отфильтровывают и к фильтрату добавляют несколько капель разбавленной уксусной кислоты (CH_3COOH) – в слабокислой среде выпадают *альбумины*, поскольку pH раствора альбуминов приблизится к *изоэлектрической точке*. В водном растворе белков их частицы являются заряженными и сильно гидратированными, что обуславливает устойчивость белковых растворов. Но при высокой концентрации солей, ионы которых тоже сильно гидратированы, происходит разрушение водных оболочек белковых молекул и снимается заряд с белковой молекулы адсорбирующимися на ней ионами соли. В результате этих двух процессов белковые растворы теряют устойчивость, частицы белка слипаются друг с другом, укрупняются и, наконец, выпадает осадок.

Контрольные вопросы

1. Что такое высаливание белков? 2. В чем заключается механизм высаливания белков? 3. Почему для высаливания разных белков требуется различная концентрация одних и тех же солей, разные условия pH среды?

ЗАНЯТИЕ 15. ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКОВ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ, ОСАЖДЕНИЕ БЕЛКОВ КИПЯЧЕНИЕМ

***Цель занятия**: изучить влияние ионов металлов, кислот и органических веществ на некоторые свойства белков. Убедиться в том, что не все органические и минеральные кислоты одинаково влияют на коагуляцию белков.*

Известно, что белки в растворе сохраняются в природном состоянии за счёт факторов устойчивости, к которым относятся заряд белковой молекулы и гидратная (водная) оболочка вокруг нее. Удаление этих факторов приводит к склеиванию этих молекул белка и выпадению в осадок. Осаждение белков может быть обратимым и необратимым в зависимости от природы используемых реактивов. *Обратимое осаждение* – при этом процессе под воздействием факторов осаждения белки выпадают в осадок, но после прекращения действия этих факторов белки вновь переходят в растворимое состояние и приобретают свои нативные свойства. Одним из видов обратимого осаждения белков является высаливание. *Необратимое осаждение* белков связано с глубокими нарушениями структуры белков (вторичной и третичной) и потерей ими нативных свойств. Такие изменения белков можно вызвать кипячением, действием концентрированных растворов минеральных и органических кислот, солями тяжелых металлов.

Задание 1. Осаждение белков ионами тяжелых металлов.

Приборы: штатив с пробирками, стеклянные палочки. ***Реактивы**:* раствор белка, который готовят из яичного белка путем растворения в 20-ти кратном объеме воды и фильтрации через несколько слоев марли, уксуснокислый свинец 0,5% раствор, сернокислая медь 5% раствор, азотнокислое серебро 3% раствор, насыщенный раствор хлористого натрия. ***Ход работы**:* в три пробирки наливают по 1-2 мл раствора белка. Прибавляют по каплям в первую пробирку раствор уксуснокислого свинца, во вторую – сернокислой меди, а в третью – азотнокислое серебро. Во всех пробирках образуется осадок белка. В пробирку с осадками от уксуснокислого свинца и сернокислой меди добавляют избыток этих солей, наблюдая при этом растворение осадков.

Задание 2. Осаждение белков минеральными кислотами. Концентрированные минеральные кислоты (кроме фосфорной кислоты) вызывают необратимое осаждение белков из раствора. Это осаждение объясняется явлением дегидратации коллоидных частиц белка, снятием заряда, образованием солей из белка и кислот и др.

Приборы*:** штатив с пробирками. ***Реактивы: соляная кислота концентрированная, серная кислота концентрированная, азотная кислота концентрированная, раствор белка для реакций осаждения. ***Ход работы:*** в три пробирки ***осторожно*** наливают по 1 мл кислот: в первую – соляной, во вторую – серной и в третью – азотной. Во все пробирки осторожно наслаивают на кислоту приблизительно по 1 мл раствора белка. На границе двух жидкостей появляется осадок белков в виде небольшого кружочка (кольца). Каждую пробирку осторожно встряхивают. Осадок растворяется в первой и второй пробирках, где имеется избыток соляной и серной кислот; в третьей пробирке с азотной кислотой осадок не исчезает при встряхивании, т.к. при избытке азотной кислоты он не растворяется.

Осаждение белков кипячением. Большинство белков при кипячении свертывается, превращаясь необратимо в гель. Для разных белков температура их коагуляции неодинаковая. Одни белки коагулируют при t=50-55°С, а другие могут выдерживать непродолжительное кипячение. Механизм температурной коагуляции и денатурации белков связан с перестройкой структуры макромолекул белка, в частности, коллоидные частицы белка под влиянием высокой температуры из гидрофильных становятся гидрофобными. Происходит глубокое и необратимое изменение вторичной и третичной структуры молекул белка – они выворачиваются как бы «наизнанку». Температурная денатурация белков протекает медленно и ускоряется с повышением температуры. Скорость температурной коагуляции зависит от присутствия в растворе ионов солей и водородных ионов. Особенно быстро и полно осаждаются белки при нагревании в изоэлектрической точке, т.е. при таком значении pH, когда коллоидные частицы белков теряют свой электрический заряд и становятся неустойчивыми в растворе. Для большинства белков изоэлектрический пункт соответствует слабокислой реакции, кроме гистонов и протаминов. В сильно кислых растворах белковые частицы перезаряжаются вследствие их амфотерных свойств и несут положительный заряд, что повышает их устойчивость. Аналогично ведут себя белковые мицеллы в сильно щелочных растворах. В таких растворах стабильность

белкового коллоида обусловлена отрицательным зарядом коллоидных частиц. Таким образом, в сильно кислых и щелочных растворах белки обычно не выпадают в осадок при нагревании. При добавлении к кислым растворам белков нейтральных солей коагуляция возможна.

Приборы: штатив с пробирками, спиртовка. ***Реактивы*:** раствор белка для реакций осаждения, уксусная кислота 2% и 10% растворы, хлористый натрий насыщенный раствор, едкий натрий 10% раствор. ***Ход работы***: наливают в пять пробирок по 2 мл раствора белка. Содержимое первой пробирки нагревают и наблюдают за реакцией. Во вторую пробирку добавляют 1 каплю 2% уксусной кислоты и нагревают. В третью пробирку добавляют около 0,5 мл 10% уксусной кислоты и нагревают. В четвертую пробирку добавляют 0,5 мл 10% уксусной кислоты и 3-4 капли насыщенного раствора хлористого натрия и нагревают. Образуется осадок белка. В пятую пробирку добавляют 0,5 мл едкого натрия и нагревают. Наблюдения записать в выводе и объяснить различную скорость осаждения и денатурации белка.

Контрольные вопросы

1. Какими физико-химическими свойствами обладают белки? 2. Объяснить явление коагуляции белков. Примеры практического значения коагуляции белков 3. Какие аминокислоты называются незаменимыми? Общие свойства аминокислот. Каков аминокислотный состав различных белков? 4. Какие известны методы осаждения и коагуляции белков? 5. Какие белки относятся к простым и сложным? Дать их краткую характеристику.

ЗАНЯТИЕ 16. НУКЛЕОПРОТЕИДЫ. ГИДРОЛИЗ НУКЛЕОПРОТЕИДОВ. ОБНАРУЖЕНИЕ ПЕНТОЗ, ПУРИНОВЫХ ОСНОВАНИЙ, ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Цель занятия: *Формирование представления об особенностях состава и организации нуклеотидов и нуклеиновых кислот.*

Для изучения состава нуклеопротеидов проводят кислотный гидролиз дрожжей в присутствии серной кислоты. При непродолжительном, т.е. частичном, гидролизе нуклеопротеиды распадаются на белок и нуклеиновые кислоты. Про продолжительном гидролизе наступает полный распад нуклеопротеидов. При гидролизе

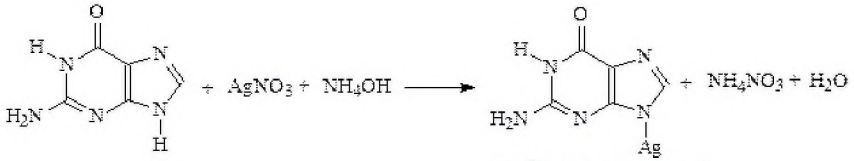
мононуклеотидов выделяются пуриновые или пиримидиновые основания, углевод (рибоза или дезоксирибоза) и фосфорная кислота. Составные части нуклеопротеидов в гидролизате можно открыть с помощью цветных (качественных) реакций.

Задание 1. Гидролиз нуклеопротеидов.

Приборы: штатив с пробирками, спиртовка, круглодонная колба, воронка с фильтром, мерный цилиндр на 50 или 100 мл. ***Реактивы.*** 10% серная кислота; 10% едкий натр; 1% медь сернокислая; аммиак концентрированный; 1-2% азотнокислое серебро (аммиачный раствор); молибденовый реактив – раствор молибденовокислого аммония в азотной кислоте; концентрированная серная кислота; тимол, 1% алкогольный раствор. ***Ход работы***. Помещают 1 г. пекарских дрожжей в круглодонную колбу на 100 мл, добавляют 20 мл 10% раствора серной кислоты и 20 мл дистиллированной воды. Колбу закрывают пробкой с длинной стеклянной трубкой и кипятят под тягой в течение 1 часа на асбестовой сетке при слабом нагревании. Через час после начала кипения нагревание жидкости прекращают, дают ей остыть, переносят в цилиндр, доводят водой до первоначального объема и фильтруют. С фильтратом проделывают качественные реакции на составные части нуклеопротеидов. При гидролизе нуклеиновых кислот обнаруживаются фосфорная кислота, рибоза или дезоксирибоза и азотистые основания – пуриновые и пиримидиновые.

Задание 2. Обнаружение пуриновых оснований. Реакция основана на образовании серебряной соли пуринового основания.

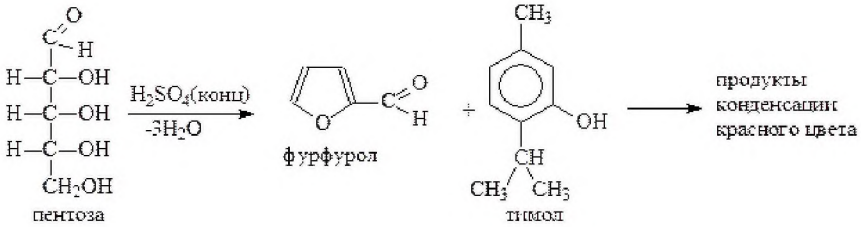
Приборы: штатив с пробирками, спиртовка, ***Реактивы.*** Раствор гидроксида аммония, амиачный раствор азотно кислого серебра. ***Ход работы.*** К 1-2 мл гидролизата нуклеопротеидов добавьте несколько капель 3% раствора гидроксида аммония до слабощелочной реакции и 1 мл аммиачного раствора азотнокислого серебра. При нагревании содержимого пробирки выпадает бурый осадок.



серебряная соль гуанина

Задание 3. Обнаружение пентоз (реакция Молиша). Реакция основана на дегидратации пентоз и образовании фурфурола при действии концентрированной серной кислоты. Образовавшийся фурфурол в присутствии серной кислоты дает с тимолом продукт конденсации красного цвета.

Приборы. Спиртовка, пробирки, ***Реактивы.*** Спиртовой раствор тимола. ***Ход работы.*** К 1-2 мл гидролизата нуклеопротеидов добавьте 0,5-1 мл 1% спиртового раствора тимола. Содержимое пробирки перемешайте, по стенке пробирки наслоите равный объем концентрированной серной кислоты. Появляется красное окрашивание.



Задание 4. Обнаружение фосфорной кислоты.

К 1-2 мл гидролизата нуклеопротеидов добавьте равный объем молибденового реактива (раствор молибдата аммония в азотной кислоте) и содержимое пробирки прокипятите. Жидкость окрашивается в лимонно-желтый цвет. При охлаждении образуется кристаллический осадок фосфорно-молибденовокислого аммония.

$$H_3PO_4 + 12(NH_4)_2MoO_4 + 21HNO_3 \rightarrow (NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3\downarrow + 21NH_4NO_3 + 12H_2O$$

Нуклеиновые кислоты – это биополимеры, состоящие из моно мерных звеньев – нуклеотидов. Каждый нуклеотид содержит три различных компонента: азотистое (пуриновое или пиримидиновое) основание, моносахарид пентозу (рибозу или дезоксирибозу), остаток фосфорной кислоты. *Нуклеозиды* – соединения, в которых пуриновые или пиримидиновые основания связаны с рибозой (рибонуклеозиды) или дезоксирибозой (дезоксирибонуклеозиды).

Уникальны биохимические функции нуклеотидов: 1) являются строительными блоками нуклеиновых кислот (ДНК и РНК); участвуют в молекулярных механизмах, с помощью которых генетическая информация хранится, реплицируется и транскрибируется; 2) выполняют важную роль в энергетическом (фосфорном) обмене, в аккумулировании и переносе энергии; 3) служат коферментами и активными простетическими группами в окислительно-восстановительных ферментах; 4) играют важную роль в синтезе олиго- и полисахаридов, жиров. Нуклеотиды – универсальные биомолекулы, играющие важную роль в обмене веществ и энергии живой клетки.

Задание 5. Ответить на вопросы: 1. Приведите классификацию нуклеиновых кислот? 2. Охарактеризуйте комплементарность азотистых оснований. 3. Что называют свободными нуклеотидами? Какова их роль в клетке?

Задание 6. Посмотреть учебные фильмы: «Виды нуклеиновых кислот», «Процессинг РНК», «Сплайсинг РНК», «Синтез АТФ».

Контрольные вопросы

1. Строение нуклеиновых кислот. Виды связей в структуре ДНК? 2. Пуриновые и пиримидиновые основания. Углеводные компоненты. 3. Макроэргические соединения. Нуклеозидфосфаты, АТФ и другие макроэргические соединения?

ЗАНЯТИЕ 17. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ФЕРМЕНТОВ НА СУБСТРАТЫ

Цель занятия: *изучить общие свойства ферментов; провести сравнительное действие неорганических катализаторов и ферментов.*

Ферменты являются биологическими катализаторами. Их основа – белок. Активная часть ферментов содержит неорганическое вещество, к примеру, атомы металлов. При этом каталитическая эффективность металлов, включенных в молекулу фермента,

увеличивается в миллионы раз. Примечательно то, что органический и неорганический фрагменты фермента не способны по отдельности проявлять свойства катализатора, тогда как в тандеме являются мощными катализаторами.

Неорганические катализаторы ускоряют всевозможные химические реакции.

Неорганические катализаторы по своей природе – неорганические вещества, а ферменты – белки. В составе неорганических катализаторов нет белка.

Ферменты по сравнению с неорганическими катализаторами обладают специфичностью действия к субстрату и наиболее высокой эффективностью. Благодаря ферментам реакция протекает быстрее в миллионы раз.

Задание 1. Сравнить действие неорганических катализаторов и ферментов на субстраты. Для сравнения скорости и эффективности катализа с участием специфических ферментов и катализаторов неорганической природы удобной моделью является процесс гидролитического расщепления крахмала под действием фермента слюны – амилазы или в присутствии кипящей разбавленной соляной кислоты.

Приборы: штатив с пробирками, пипетки, водяная баня с термометром. ***Реактивы:*** крахмал 1% раствор на 0,3 % растворе хлористого натрия, раствор йода в йодистом калии, едкий натрий 10% раствор, сернокислая медь 3% раствор. Ход работы: в три пробирки наливают по 5 мл 1% раствора крахмала. Затем в первую пробирку добавляют 1 мл дистиллированной воды, во вторую 1 мл 10% раствора соляной кислоты и в третью – 1 мл слюны.

Содержимое пробирок №1 и №3 ставят на водяную баню при t=38°С, а пробирку №2 – в кипящую водяную баню. Через 15 мин все пробирки вынимают из водяной бани, охлаждают и берут из них пробы для определения крахмала и глюкозы с помощью пробы с йодом и реакции Троммера. Перед проведением реакции Троммера содержимое пробирки №2 нейтрализуют раствором щелочи. Полученные результаты заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Сравнительное действие
неорганических катализаторов и ферментов

№ пробирки	Субстрат	Катализатор	После нагревания	
			проба с йодом	реакция Троммера
1	Крахмал	-		
2	Крахмал	Соляная кислота		
3	Крахмал	Амилаза слюны		

Задание 2. Реакция на полисахариды с раствором Люголя. В основе взаимодействия полисахаридов с йодом лежат процессы комплексообразования, адсорбции и др. Характер окрашивания зависит от строения полисахарида, в частности, от степени его ветвления. Развивающееся темно-синее окрашивание свидетельствует о присутствии крахмала, красно-бурое- гликогена или эритродекстрина. Исследуется воздействие ферментов амилазы и сахаразы на различные субстраты – крахмал и сахарозу.

Приборы: штатив с пробирками, пипетки, водяная баня с термометром. ***Реактивы****:* крахмал 0,5% раствор на 0,3% растворе хлористого натрия; раствор йода в йодистом калии (раствор Люголя), разбавленная слюна, сахароза 2% раствор, раствор сахаразы (10 г дрожжей гомогенизируют в 100 мл воды), реактив Феллинга. ***Ход работы****:* берут четыре пробирки. В пробирки №2 и №3 наливают по 4-5 мл раствора крахмала, а в пробирки №2 и №4 по 4-5 мл сахарозы 2% раствора. Затем в пробирки №1 и №2 приливают по 2 мл разбавленной слюны, а в пробирки №3 и №4 по 2 мл раствора сахаразы. Содержимое каждой пробирки тщательно перемешивают. Полученные результаты заносят в таблицу 5.

Таблица 5

Специфичность ферментов амилазы и сахаразы

№ пробирки	Субстрат	Фермент	Нагревание	Проба с йодом	Реакция Феллинга
				Положительная или отрицательная	
1	Крахмал	Амилаза	10 мин, 37^{0}С		
2	Сахароза	Амилаза	10 мин, 37^{0}С		
3	Крахмал	Сахараза	10 мин, 37^{0}С		
4	Сахароза	Сахараза	10 мин, 37^{0}С		

Пробирки помещают на водяную баню при t=37°С. Через 10 мин содержимое каждой пробирки делят на две части: с одной из них проводят реакцию Феллинга (по 1-2 мл реактива), а с другой – пробу с йодом (1-2 капли реактива) и при необходимости пробирки нагревают. Наблюдения записывают в таблицу 10 специфичности ферментов амилазы и сахаразы, делают вывод.

Задание 3. Реакция Троммера на моносахариды. В щелочной среде моносахариды и дисахариды, имеющие свободную карбонильную группу или свободную гликозидную (полуацетальную) гидроксильную группу, окисляются, одновременно восстанавливая металлы (медь, висмут, серебро). Реакция основана на том, что в результате взаимодействия NaOH с $CuSO_4$ образуется гидроксид меди [II], имеющий синюю окраску. В присутствии восстанавливающих сахаров гидроксид меди [II] сначала переходит в гидроксид меди [I], который имеет желтую окраску, а затем в оксид меди [I] - Cu_2O. При этом развивается красное окрашивание.

Приборы: штатив с пробирками. ***Реактивы:*** глюкоза 1 % раствор, едкий натрий 1 % раствор, сернокислая медь 1 % раствор. ***Ход работы***: к 2-3 мл раствора виноградного сахара (глюкоза) прибавляют одну третью часть объема 10% раствора едкого натрия и по каплям 1 % раствор сернокислой меди.

В присутствии виноградного сахара образующийся осадок гидрата окиси меди растворяется, окрашивая жидкость в голубой цвет. Верхний слой жидкости нагревают до кипения.

В другой пробирке смешивают 2-3 мл раствора едкого натрия (NaOH) с несколькими каплями сернокислой меди ($CuSO_4$). Раствор глюкозы не добавляют. Получают осадок голубого цвета. При нагревании этого раствора может выпасть черный осадок окиси меди. Поэтому при реакции Троммера необходимо избегать излишка сернокислой меди, так как реакция между сахаром и гидратом окиси меди идет количественно и избыток последнего при нагревании, теряя воду, переходит в черную окись меди, что затемняет основную реакцию: $Cu(OH)_2 \rightarrow CuO+H_2O$

Контрольные вопросы

1. Какие вещества называются ферментами, их классификация? 2. Каков химический состав ферментов? Какими общими свойствами обладают ферменты? 3. От каких показателей зависит действие фермента на субстрат? 4. Напишите формулы коэнзимов.

ЗАНЯТИЕ 18. ВЛИЯНИЕ РН СРЕДЫ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ. СПЕЦИФИЧНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ

***Цель занятия**: ознакомиться с изменением активности ферментов в зависимости от величины pH; рассмотреть специфичность действия ферментов на субстрат.*

Активность фермента меняется в зависимости от величины pH. Для действия различных ферментов оптимум pH различен. Обычно ферментативным действием обладает не вся поверхность молекулы, а ее строго ограниченный участок.

Задание 1. Влияние pH на действие ферментов.

Приборы: штатив с пробирками, пипетки, водяная баня с термометром. ***Реактивы**:* уксуснокислый натрий 0,1 Н раствор; фосфат натрия двузамещенный; крахмал 0,5% раствор на 0,3% растворе хлористого натрия; раствор йода в йодистом калии. ***Ход работы**:* в семи пронумерованных пробирках первой серии готовят буферные смеси с различным pH следующим образом (табл. 6).

Таблица 6

Реактивы	№ пробирки						
	1	2	3	4	5	6	7
CH_3COONa	4,7	4,4	3,3	2,5	1,7	0,6	0,3
Na_2HPO_4	0,3	0,6	1,7	2,5	3,3	4,4	4,7
pH буферной смеси	5,6	6,0	6,5	6,8	7,0	7,8	8,1

Затем в семь других пронумерованных пробирок второй серии наливают по 5 мл свежеприготовленного 0,5% раствора крахмала на 0,3% растворе хлористого натрия. В каждую их пробирок второй серии добавляют по 1 мл буферной смеси с различным значением pH из первой серии (соблюдая нумерацию пробирок). После этого в каждую пробирку второй серии приливают по 1 мл разбавленной слюны и ставят на водяную баню при t=38-40°С. Через 3-5 мин из пробирки №4 берут несколько капель раствора и проводят реакцию с раствором йода в йодистом калии, причем эту операцию повторяют несколько раз (через каждые 2 мин) до тех пор, пока в пробирке №4 не произойдет полное расщепление крахмала (появляется желто-красная окраска с йодом). После этого в остальные пробирки добавляют по несколько капель раствора в йодистом калия. Определить в выводе, в какой пробирке произошло наиболее полное расщепление крахмала.

Задание 2. Специфичность ферментов. Ферменты отличаются от неорганических катализаторов необычайно высокой специфичностью. Начальным этапом каталитического акта является образование фермент-субстратного комплекса, т.е. связывание субстрата с каталитическим центром фермента. Пространственная конформация субстратного центра должна находиться в точном геометрическом соответствии со структурой молекулы субстрата. Исследуется воздействие ферментов амилазы и сахаразы на различные субстраты – крахмал и сахарозу.

Приборы: штатив с пробирками, пипетки, водяная баня с термо1метром. ***Реактивы***: крахмал 0,5% раствор на 0,3% растворе хлористого натрия; раствор йода в йодистом калии (раствор Люголя), разбавленная слюна, сахароза 2% раствор, (10 г дрожжей гомогенизируют в 100 мл воды), реактив Феллинга. ***Ход работы:*** берут четыре пробирки. В пробирки №2 и №3 наливают по 4-5 мл раствора крахмала, а в пробирки №2 и №4 по 4-5 мл сахарозы 2% раствора. Затем в пробирки №1 и №2 приливают по 2 мл разбавленной слюны, а в пробирки №3 и №4 по 2 мл раствора сахаразы. Содержимое каждой пробирки тщательно перемешивают. Пробирки помещают на водяную баню при t=37°С. Через 10 мин содержимое каждой пробирки делят на две части: с одной из них проводят реакцию Феллинга (по 1-2 мл реактива), а с другой – пробу с йодом (1-2 капли реактива) и при необходимости пробирки нагревают.

Контрольные вопросы

1. Объяснить влияние pH среды на действие ферментов. 2. Напишите формулы коферментов. 3. Какие ферменты действуют на пептидные связи?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кононский, А. И. Биохимия животных : учебное пособие / А. И. Кононский. – М. : Колос, – 1992. – 525 с.

2. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных. Фундаментальные и прикладные аспекты : учебник / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов. – СПб. : Лань, – 2005. – 382 с.

3. Горчаков, Э. В. Основы биологической химии : учебное пособие / Э.В. Горчаков [и др.]. – СПб. : Лань, 2019. – 208 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/112688

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Занятие 1. Растворы. Явления диффузии и осмоса 4

Занятие 2. Определение общей и активной кислотности растворов. Метод титрования 8

Занятие 3. Приготовление буферных растворов. Свойства буферных растворов 12

Занятие 4. Коллоидные растворы 17

Занятие 5. Коагуляция коллоидных растворов 19

Занятие 6. Получение золей и студней желатина. Диффузия в студнях 24

Занятие 7. Углеводы. Общие свойства углеводов 27

Занятие 8. Дисахариды. Реакция на сахарозу. Реакция на мальтозу и лактозу 31

Занятие 9. Цветные реакции на крахмал 33

Занятие 10. Липиды. Растворимость жиров. Эмульгирование жиров 35

Занятие 11. Определение температуры плавления и кислотного числа жиров (животного и растительного происхождения) 38

Занятие 12. Белки. Биуретовая реакция. Определение изоэлектрической точки белков 39

Занятие 13. Цветные реакции на белки: нингидрированная реакция. Реакция с нитропруссидом натрия на серосодержащие аминокислоты 42

Занятие 14. Реакция осаждения белков. Высаливание белков. Осаждение белков сернокислым аммонием. Осаждение белков хлористым натрием 43

Занятие 15. Осаждение белков ионами тяжелых металлов. Осаждение белков минеральными и органическими кислотами. Осаждение белков кипячением 47

Занятие 16. Нуклеопротеиды. Гидролиз нуклеопротеидов. Обнаружение пентоз, пуриновых оснований, фосфорной кислоты 49

Занятие 17. Сравнительное действие неорганических катализаторов и ферментов на субстраты 52

Занятие 18. Влияние pH среды на активность ферментов. Специфичность ферментов 56

Рекомендуемая литература 58

Учебное издание

Тарабрин Василий Владимирович

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ФИЗКОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методические указания

Подписано в печать 14.07.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,49; печ. л. 3,75.
Тираж 50. Заказ № 165.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608.
E-mail: ssaariz@mail.ru.



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных животных»

А. Л. Акимов, В. В. Тарабрин

ЗООПСИХОЛОГИЯ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 636 : 612
ББК 45. 273
А39

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Акимов, А. Л.

А39 Зоопсихология : методические указания / А. Л. Акимов, В. В. Тарабрин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ. – 2022. – 52 с.

Издание ориентировано на изучение студентами зоопсихологии животных. В методических указаниях освещены методические основы выполнения лабораторных работ по дисциплине «Зоопсихология». Предназначены для студентов по направлению подготовки «Ветеринария».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Акимов А. Л., Тарабрин В. В., 2022

Предисловие

Зоопсихология – общебиологическая дисциплина о психической деятельности животных, её проявлениях, происхождении и развитии в видовом и индивидуальном аспектах. В психической деятельности отражается восприятие мира животным и отношение к нему, проявляющееся во внешнем поведении, доступном наблюдению со стороны. Психическая деятельность предшествует наблюдаемому поведению и целиком обуславливает реакции живого существа на события во внешней и/или внутренней среде. Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой и предназначены для студентов на факультетах ветеринарной медицины.

Цель методических указаний – освещение вопросов развития психики животных в ходе эволюции, а также рассмотрение особенностей индивидуального развития психики у животных и человека с учетом общих закономерностей эволюционного развития.

Каждая тема снабжена теоретической частью, контрольными вопросами для устного опроса и заданиями.

Методические указания будут способствовать приобретению необходимых навыков в постановке опытов, систематизации полученных знаний, помогут лучшему усвоению материала дисциплины «Зоопсихология».

ЗАНЯТИЕ 1. История становления науки

Цель занятия: Изучить историю развития науки и великих учёных зоопсихологов.

Историю зоопсихологии принято разделять на два периода: 1) До эволюционного учения Ч. Дарвина; 2) После Ч. Дарвина- «научная зоопсихология». Главным вопросом учёных античности был вопрос о разумности животных.

Донаучный период накопления знаний. Древнегреческий философ Эпикур и учёный Лукреций утверждали о том, что животные, как и люди обладают душой, однако, говорили, что действия животного являются результатом естественного отбора, то есть возникают лишь в следствии необходимости выживать в меняющихся условиях среды. Противоположных взглядов придерживались философы Сократ и Платон. Животным, по их мнению, присуща лишь низшая форма души – влечение. Позднее, зоопсихологии на основании взглядов учёных стали склонятся к тому, что представление об инстинкте зародилось на основе противопоставления душ человека и животного. Аристотель считается первоиспытателем среди философов древности. Людям он приписал «разумную душу», животным – смертную «чувственную душу». Ученый считал, что присутствуют и особи разумные, так как разум выражен у различных животных в разной степени. Помимо черт поведения, присущих в целом, разумным животным доступно понимание цели всякого своего действия.

Развитие науки и эволюционное учение Ч. Дарвина. В своей работе «Происхождение видов» (1859) Ч. Дарвин выделил отдельную главу «Инстинкт», в которой сопоставлял инстинкты животных и человека, пытаясь доказать общность их происхождения. Он первый стал отделять разумные действия, связанные с опытом исследуемых особей, от инстинктивных, передаваемых по наследству. Ч. Дарвин отметил ведущую роль естественного отбора в формировании инстинктов, которые были выгодны виду, а так же создал первое их сравнительное описание, свойственное как человеку, так и животным. Разумную деятельность он объяснял тем, что в ходе эволюции участки мозга, отвечающие за инстинктивные действия, утратили способности отвечать на внешнее раздражение однообразно, то есть инстинктивно, у организмов развились более сложные формы поведения. Учение Ч. Дарвина является показательным в развитии зоопсихологии: впервые на основе огромного массива материала было доказано, что психическая деятельность животных подчиняется тем же закономерностям, что и все другие проявления их жизнедеятельности.

Научная зоопсихология. Продолжение развития теории Ч. Дарвина. Многие исследователи продолжали развивать теорию Ч. Дарвина: биолог Э. Геккель, биолог и педагог Т.Г. Гексли, физиолог В. Вундт, социолог Г. Спенсер.

Взгляды Дарвина на инстинкт как врождённое поведение были поддержаны Т.Х. Морганом и др. По мнению К.Ф. Рулье, основоположными факторами происхождения инстинктов являются наследственность, изменчивость и повышение уровня организации. Он считал, что в процессе получения опыта инстинкты высокоразвитых животных могут изменяться. В.А. Вагнер при описании изменчивости инстинкта проводил опыты, в результате которых пришёл к выводу о том, что все инстинкты происходят в чётких видотипических рамках не взирая на то, что инстинктивное поведение подвержено изменениям- стабильны не инстинкты, а радиус их изменчивости.

Задание

1) На основании учения Ч. Дарвина о психической деятельности животных выявите закономерность взаимосвязи степени разумности и стабильности радиуса изменчивости условий среды. Приведите примеры, беря за основу сельскохозяйственных животных.

Контрольные вопросы

1. Проанализируйте роль, которую сыграли работы Ч.Дарвина в развитии представлений о психике животных.
2. Как менялось отношение человека к животным в различные исторические периоды?

ЗАНЯТИЕ 2. Методы изучения поведения и психики животных

Цель занятия: Изучить методы исследования поведения и психики животных.

Зоопсихология – наука, занимающаяся изучением психики на основе анализа поведения. Для зоопсихолога важны совокупность проявлений внешней двигательной активности, направленной на установление необходимых для жизни связей организма со средой. Таким образом, ставя животное в новую ситуацию и имея данные о прошлых опытах, специалист изучает отражение окружающей среды.

Психика зарождается только на определённом этапе развития организма и является высшей формой отражения объективной реальности. Психическая деятельность – единство психики и поведения.

По И.М. Сеченову, психика зарождается и умирает с движением, поведением. Психологический анализ поведения осуществляют во время подробного изучения движений исследуемого животного в процессе решения конкретных задач. От правильности выбора задачи зависит точность суждений

о конкретном психическом качестве подопытного. Методы, сводимые к постановке задач перед животным:

А. «Натуральные» наблюдения. Животные наблюдаются в естественных условиях. Зоопсихолог изучает не столько то, что делает животное, а то, как оно это делает в процессе исследовательской, игровой деятельности.

Б. Метод «лабиринта». Задачей животного является поиск пути к цели, которая непосредственно не воспринимается им. Целью может быть пища, убежище или половой партнёр. В случае отклонения: наказание животного.

В. Метод «обходного пути». Задачей является обход преград. В отличии от предшествующего метода конечная цель воспринимается на протяжении всего пути.

Г. Метод дифференцировочной дрессировки. Выявление способностей исследуемого животного к различению нескольких объектов. Вознаграждение за правильность выбора, наказание – при ошибке.

Д. Метод «выбора на образец». Схож с предыдущим методом. Выбор осуществляется среди объектов с предъявленным образцом. Вознаграждение за правильность выбора. Используется для изучения сенсорной сферы животных.

Е. Метод «проблемной клетки» (проблемного ящика). Задачей животного является нахождение выхода из закрытой клетки или, проникновение в неё. Изучается использование орудий для достижения цели (например, лакомство).

Задание

1) Групповое задание. Подготовьте доклад о каждом методе постановки задач перед животными;

2) Рассмотрите метод «натурального» наблюдения на примере лабораторных животных (крысы, мышей, кроликов, енота). В процессе игровой деятельности подносите животному объекты разного материала и поверхностей. Какие изменения наблюдаются в поведении животного при изучении гладкого/ шероховатого объекта? Чем объясняются различия в поведении?

Контрольные вопросы

1. Какова роль инстинктивного поведения в жизни животных и эволюции?
2. Какова взаимосвязь правильности выбора задачи и качествах подопытного? Приведите примеры.
3. Что представляет собой метод «лабиринта»?

ЗАНЯТИЕ 3. Элементарная рассудочная деятельность животных-методы изучения. Разумны ли животные

Цель занятия: Изучить методы исследования элементарной рассудочной деятельности животных.

Изучение элементарной рассудочной деятельности, как любого приспособления организма к среде обитания является предметом биологического исследования. Опытным путём было доказано, что точная оценка уровня рассудочной деятельности может быть дана при первом поставлении задачи, пока её решение не было подкреплено биологическим раздражителем. Скорость обучения решению задачи может являться лишь косвенным показателем уровня развития рассудочной деятельности. Чем больше законов в окружающем мире и его элементах животное усваивает, тем более развитой рассудочной деятельностью оно обладает. Опыты учёных доказали, что задачи, доступные для млекопитающих, птиц и рептилий являются нерешаемыми для рыб и амфибий. А среди птиц и млекопитающих просматривается заметный успех в решении разнообразных задач.

Пример, семейство вороновых сравнимо с хищными млекопитающими по уровню развития рассудочной деятельности.

Разработка критериев количественной оценки развития рассудочной деятельности позволила детально подойти к изучению генетических и морфофизиологических основ. Моделирование поведения на базе объективного изучения рассудочной деятельности является возможным. Можно выделить следующие положения:

А. Таксономические группы животных с различной организацией мозга могут иметь сходный уровень развития рассудочной деятельности.

Б. Выявлена связь между уровнем развития рассудочной деятельности и размерами головного мозга. Установлены роли отделов головного мозга в осуществлении изучаемых форм высшей нервной деятельности.

В. Поведение включает в себя три базисных компонента: инстинкт, обучаемость и рассудок. В зависимости от большего включения какого-либо из них можно условно охарактеризовать некоторые формы поведения: инстинктивную, условно-рефлекторную и рассудочную.

К одной из значимых функций рассудочной деятельности относится отбор информации о той структурной организации, которая необходима для построения программ наиболее благоприятного поведения в данных условиях. Возможности человека и его мышления намного превосходят возможности рассудка животных, которые в своей повседневной жизни чаще всего оперируют лишь ограниченными представлениями о структурной организации

среды обитания. И.П. Павловым были разработаны системы, воспринимающие информацию:

1-я сигнальная система действительности подразумевает под собой систему, в которой под действием раздражителей, несущих информацию о среде, осуществляется поведение животного.

2-я сигнальная система включает в дополнение к первой влияние информации , которую человек получает при помощи речи. С этой системой человек имеет возможность получать все знания, традиции, накопленные человечеством в процессе развития.

Задание

1) Проведите тест Ревеша – Крушинского на изучение способности животных к экстренному определению алгоритма изменений положения скрытой приманки. Для проведения опыта перед животным располагают ряд одинаковых непрозрачных кормушек, накрытых крышками (испытуемым демонстрируют ряд стаканов). Вначале приманку помещают в первую кормушку вне поля зрения животного и предоставляют возможность её отыскать. Далее приманку помещают во вторую кормушку, затем в третью и т.д. После обнаружения приманки в первой, а затем и во второй кормушке, животное имеет достаточную информацию, чтобы определить закономерность дальнейшего перемещения приманки. В исследовании могут участвовать врановые, крысы, еноты, голуби.

Контрольные вопросы

1. Каковы, с точки зрения психологов, основные критерии зачатков мышления у животных?
2. Что представляет собой 1-я и 2-я сигнальные системы?
3. Что является наиболее характерным свойством рассудочной деятельности?

ЗАНЯТИЕ 4. Элементарная рассудочная деятельность животных-методы изучения. Социальное поведение животных

Цель занятия: Изучить классификацию форм социального поведения животных.

При изучении инстинктов и рефлексов возникла необходимость в классификации форм поведения. Н. Тинберген создал схему для построения анализа поведения животных, считая, что изучение поведения любого вида должно осуществляться с его объемного описания, которому бы предшествовал период наблюдения. Так как только при представлении о всем поведенческом разнообразии, удастся понять множество отдельных форм поведения вида.

При наблюдении за поведением ученые советуют ответить на четыре главных вопроса: каковы непосредственные причины данного поведения? Как это поведение развивалось в онтогенезе? Как оно возникло в эволюционной истории изучаемого вида? Какое значение имеет подобное поведение для животного?

И.П. Павлов разделял врожденные элементы поведения на пищедобывательное, половое, родительское, исследовательское и другие. В течение долгого времени среди ученых-этологов популярна классификация, в основу которой положена классификация рефлексов Павлова. Ее формулировку дал Г. Темброк, который разделил все формы поведения на следующие группы:

1) Поведение, определяемое обменом веществ – реакция на пищевые раздражители;

2) Комфортное поведение – акты, направленные на уход за телом животного и движения, не имеющие определённого пространственного направления;

3) Оборонительное поведение – это реакция на изменения во внешней среде, которая характеризуется определённой мимикой животных;

4) Половое поведение – многообразные поведенческие акты, связанные с процессом размножения. Выделяют отдельные поведенческие блоки, которые выполняются в определённой последовательности.

A. Ритуал умиротворения – устранение препятствий к сближению брачных партнёров

B. Обнаружение брачного партнёра (пение, запахи и т.п.)

C. Узнавание брачного партнёра (брачные ритуалы)

5) Территориальное поведение (постройка гнёзд и т.п.)

6) Родительское поведение. Всех животных можно разделить на две группы. К первой группе относятся животные, самки которых уже при первых родах демонстрируют родительское поведение. Ко второй группе относятся животные, самки которых совершенствуют свое родительское поведение в течение жизни. Намного сложнее развито родительское поведение птиц. Выделяют следующие фазы: откладки яиц, фаза постройки гнезда (совпадает с ритуалом ухаживания), распознавание яиц, насиживание, вылупление птенцов.

7) Социальное (групповое) поведение. При такой форме поведения большое значение имеет природа сигнала, при помощи которого особи общаются между собой и согласовывают свои действия. К общественному поведению также относится групповая забота о потомстве, совместное выполнение работы.

8) Исследовательское поведение – определяет стремление животных передвигаться и осматривать окружающую среду даже в тех случаях, когда они не испытывают ни голода, ни полового возбуждения. Эта форма поведения является врожденной и обязательно предшествует обучению.

Задание

1) Используя дополнительную литературу, дайте характеристику иерархической схеме Н. Тинберга.

2) Проведите наблюдение за группой животных и выявите закономерности их взаимоотношений и стратификации.

Контрольные вопросы

1. Какие врождённые элементы поведения выделяли по И.П. Павлову?
2. Охарактеризуйте половое поведение.

ЗАНЯТИЕ 5. Способности к символизации. Птичьи языки. «Разговор» с обезьянами. Речь человека

Цель занятия: Изучить способности к символизации животных в зоопсихологии.

Каждая популяция это упорядоченная, организованная система, в которой поддержание порядка и организации возникает в результате столкновения интересов отдельных животных, каждое из которых определяет своё место и положение в общей системе, ориентируясь на своих собратьев. Для этого животные должны иметь возможность сообщать себе подобным о своих потребностях и о возможностях их достижения – у каждого вида должны быть способы передачи информации.

Символизация – использование знаков вместо реальных стимулов и понятий. У животных разных видов (начиная с рептилий) обнаружена способность к операциям обобщения и абстрагирования, которая используется в анализе и обработке признаков разного характера. Диапазон уровней обобщения и абстрагирования у животных достаточно широк, различают:

- «Допонятийный» уровень обобщения – выделение признака в наглядно представленных объектах;
- «Довербальные» понятия – ряд позвоночных животных способен к высоким степеням обобщения и зачаткам мышления (шимпанзе и другие).

Язык животных характеризуется большой степенью обобщённости передаваемых сигналов и непроизвольно отражает состояние животного в данный момент. Именно условность сигналов послужила биологической предпосылкой к зарождению членораздельной речи. *Основная функция* языка животных состоит в сплочении сообщества, распознавании отдельных особей, сигнализации о местонахождении, об опасности и т.п. К тому же язык животных – генетически фиксированная система, состоящая из определённого количества сигналов, индивидуальных для каждого вида. Важную роль в обмене информацией играет *язык поз и телодвижений*. Животные лишены

возможностей словесного общения и словесной фиксации приобретаемых познаний и их передачи потомству с помощью языка. Этим определяется предел мышления и коммуникативных возможностей, а также характеризуется биологическая, приспособительная роль их общения. Таким образом между сознанием человека и интеллектом животного проходит чёткая грань. Первоначальные звуки, сопровождающие трудовую деятельность человека, не являлись современными «словами» и не могли обозначать отдельные предметы, их качества или действия. Зачастую эти звуки сопровождались жестами и были вплетены в практическую деятельность. Понять их можно было, только наблюдая конкретную ситуацию, во время которой эти звуки произносились. Постепенно из двух типов передачи информации – невербального (с помощью жестов) и голосового – приоритетным стал последний. Это и положило начало развитию самостоятельного *звукового языка*.

Основная функция источника информации- создание сигнала, несущего смысловую нагрузку. Тогда основная задача *приёмника*- выделение из принятого сигнала определённо информации. Существуют четыре типа основных каналов передачи информации:

- Тактильный
- Химический (особенно развиты у насекомых и млекопитающих)
- Визуальный (характерно для позвоночных животных и головоногих моллюсков)
- Акустический

При получении информации при помощи *языка телодвижений*, необходим зрительный контакт животных. *Запахи* предполагают нахождение животного на небольшом расстоянии от пребывания другого зверя. Совершенно подругому рассматривается *язык звуков*. Его преимущество заключается в том, что он позволяет передавать информацию без зрительного контакта и на далёком расстоянии. Всё разнообразие языковой системы можно различить на основные категории: сигналы, предназначенные половым партнёрам и возможным конкурентам; сигналы, обеспечивающие обмен информацией между родителями и потомством; крики тревоги; сообщение о наличии пищи; сигналы, помогающие поддерживать контакт между членами стаи; сигналы-«намерения», предшествующие реакции; сигналы, связанные с выражением агрессии; сигналы миролюбия; сигналы-«переключатели», предназначенные для подготовки животного к действию последующих стимулов- метакоммуникация.

«Разговор» с обезьянами. Языки приматов, как высокоорганизованных животных выходят за рамки видоспецифической коммуникационной системы. Существует две точки зрения на изучения языка обезьян:

- Рассмотрение языка приматов, как предпосылки человеческой речи;

- Человеческая речь не вытекает из звуков приматов, язык обезьян развивался параллельно человеческому

Для общения с обезьянами стали развиваться языки-посредники, цель которых – выяснение способности животного к употреблению абстрактных, ранее нейтральных для них стимулов как символов предметов реального мира в отсутствие самих предметов. Известны два языка- посредника: *амслен* ,следствием усвоения которого является не только образование ассоциаций, но и формирование внутренних представлений о соответствующих знакам предметах и действиях, и *йеркши, в* котором используются особые значки-лексиграммы. Результатом изучения является умение общаться с помощью знаков с человеком и друг другом, умение отвечать на вопросы и воздействовать на поведение друг друга и окружающих, стремление к наименованию предметов по собственной инициативе. Усвоенные знаки приобрели свойства символов языковой среды, шимпанзе может понимать устную речь.

Ритуализация – эволюционный процесс, осуществляющий коммуникативную функцию, благодаря определённым комплексам поведения. Выделяют три поставщика ритуалов:

А. Движения намерения. Представляют собой незавершённый поведенческий комплекс, несущий потенциальную информацию о действиях, которые животное собирается совершить;

В. Смещённая активность. Представляет собой определённое поведение, которое стало служить сигналом к действиям. Пример, чистка перьев у самцов кряквы – сигнал для самок вида к тому, что самец готов к спариванию.

С. Переадресованная активность. Представляет собой некоторое поведение, которое могло произойти в следствии переадресации прошлых демонстраций.

Учёные отмечают следующие особенности, характерные для ритуализации:

1. Реакции, которые первоначально служили виду как функции, необходимые для выживания, приобретают в процессе филогенеза новое назначение – сигнальное. Причём может сохраняться их первоначальная функция, но чаще происходит её полная замена.

2. Процесс изменения первоначального неритуализированного прототипа в следствии приспособления его к новой сигнальной функции. То есть комплексы, начинающие нести коммуникативную функцию, подвергаются существенным модификациям:

— движения становятся стериотипными и неполными;

— более выраженное поведение и преувеличенное в сравнении с нормальной формой активности;

— движения становятся строго регламентированными, то есть приобретают фиксированную интенсивность;

— движения становятся многократно повторяемыми.

3. Возникший новый двигательный акт приобретает характерные черты автономного независимого движения. Он может проявляться спонтанно, имеет свой ключевой стимул и врождённый пусковой механизм. По Лоренцу – в процессе ритуализации рождается новый инстинкт, который лежит не только в основе коммуникации, но и в сдерживании агрессии.

Задание

1) Изучите видеоматериалы по символизации у животных, приведите примеры символизации у сельскохозяйственных животных;

2) Изучите видеоматериалы о зрительных, звуковых, химических сигналах у животных, приведите примеры;

3) Используя дополнительную литературу, изучите эксперимент П.И. Мариковского с клещами гиаломма азиатика.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под языком животных?

2. Приведите примеры условий обитания, в которых для животных важнее всего тактильная коммуникация.

3. Функции речи у человека и функции голоса у животных?

ЗАНЯТИЕ 6. Основные характеристики сознания, самосознания у животных, «социальные знания», «социальные манипулирования». Методы изучения

Цель занятия: Изучить основные характеристики сознания и самосознания у животных, методы их изучения.

Сознание – наиболее сложная форма психики, высшая ступень психического отражения, связанная со способностью мозга осуществлять совокупность когнитивных процессов – ощущение, восприятие, память, мышление. Долгое время вопрос о наличии у животных сознания был объектом поверхностных суждений в связи с трудностью экспериментального изучения этого феномена, на данный момент имеются реальные достижения в данной области. Характеристики сознания человека, которые были исследованы у животных:

1) Сознание, как совокупность знаний о среде, в которую включены знания о социальном окружении субъекта. Усвоение этих знаний возможно благодаря развитой способности к восприятию и мышлению;

2) Сознание определяет направленность поведения;

3) Сознание обеспечивает преднамеренность коммуникации;

4) Сознание обеспечивает самоузнавание, самосознание;

5) Сознание обеспечивает способность оценивать знания, намерения, мысленные процессы у других индивидов.

Наличие самосознания у животных – один из самых трудных вопросов, который пытаются разрешить учёные с помощью объективных экспериментальных методов. Самосознание требует наличие комплекса образных представлений, который позволял бы поставить себя в положение другого животного, то есть как объекта внешнего мира. Одним из подходов к решению вопроса используют исследование реакции животных на *отражения в зеркале*. С помощью данного метода учёные пытались выяснить, могут ли животные узнавать себя и «принимать к сведению» эту информацию. Результаты эксперимента объективно свидетельствуют о способности к самоузнаванию у человекообразных обезьян. В то же время затрудняется решение вопроса с другими видами животных, имеющими сложный высокодифференцированный мозг. Такие животные, как: рыбы, собаки, кошки, слоны и попугаи, по-видимому, оказались не способными узнавать себя в зеркале. Поскольку, как правило, животные реагируют на отражение как на другую особь. Характер их реакции зависит от ситуации и настроения. Хотя данные эксперименты не дают свидетельств наличия самоузнавания, отдельные наблюдения дают возможность предположить существования у них такой способности.

«Социальные знания». Понимание намерений других особей и умение оценивать знания отражают сложность организации психики антропоидов. Особенности «общественного устройства» приматов представляют собой сложную структуру поддерживания разнообразных агрессивных и дружественных контактов. Наблюдение за животными показали способности оценивать знания и понимать намерения сородичей в группах. Такие знания накапливаются постепенно в процессе онтогенеза, за счёт непосредственного опыта и наблюдениями за другими особями, их взаимодействием между собой. Дж. Гудолл в ходе наблюдений пришёл к выводу о том, что приспособительная деятельность требует от животного понимание причинно-следственных связей, мобилизации сложных познавательных способностей для достижения успеха и поддержания своего социального положения. Имеет место быть преднамеренное обучение детёнышей. *«Социальные манипулирования».* В результате накопления информации о поведении в сообществе и непосредственного опыта, животное выучивается манере поведения в разных ситуациях и может предрассчитать возможное поведение своё собственное и других животных. Таким образом, оно имеет возможность прибегнуть к некоторым уловкам, чтобы заставить сородича совершить нужное действие или уклониться от конфликта.

Л. Кардош чётко определил границы познавательных возможностей животного при решении задач. Он считал, что имеются две возможности: локомоторное и манипуляционное познавание. При *локомоторном* познавании животное изменяет свое пространственное положение в среде, не изменяя при этом саму среду. При *манипуляционном* познавании происходит активное изменение среды животным и осуществляется при формировании инструментальных навыков. *Явление подражания* в естественных условиях среды тесно связано с внутригрупповыми отношениями животных. Существуют следующие виды подражания:

- Аллеломиметическое поведение (взаимная стимуляция) – выполнение действий одной особью, побуждает других к выполнению похожих действий.
- Имитационное научение – научение путём подражания, общения с другими животными.
- Облигатное имитационное научение – маркер определённого видового стереотипа, вырабатывающего рефлекторные защитные акты.
- Факультативное имитационное научение – имитация движений, не присущих данному виду.

Задание

1) Групповая работа: проведите дискуссию о видах подражания во внутригрупповых отношениях животных. Приведите примеры.

Контрольные вопросы

1. В какой форме проявляются зачатки самосознания у животных и каким видам это свойственно?
2. Какие методы для выявления способности высших животных используются для оценки знаний и намерений других особей?

ЗАНЯТИЕ 7. Коммуникативность и социальная организация жизни внутри вида. Типы сообществ. Иерархичность сообществ

Цель занятия: Изучить коммуникацию и социальную организацию жизни внутри вида, разные типы сообществ. Рассмотреть иерархичность сообществ.

Коммуникативность и ритуализация выступают основными связывающими компонентами при взаимодействии особей между собой. Ещё Ч. Дарвин отметил, что некоторые защитные реакции у млекопитающих играют определённую роль в их коммуникации. Под коммуникацией в узком смысле понимают передачу информации от одной особи к другой в пределах одного вида. Данное определение исходит из предположения о том, что отправитель

и получатель имеют намерение передать некоторую взаимовыгодную информацию друг другу, причем намерение передать информацию у животных часто бывает не осознанным, а имеет врожденную основу. Коммуникация в более широком смысле подразумевает использование одним видом животных сигналов, подаваемых другими видами. Рассмотрим истинную коммуникацию, осуществляемую с помощью сигналов, специально развившихся для целей коммуникации, в узком смысле. То есть только способы передачи сигналов, созданные для этой функции, которые осуществляются между особями одного вида. Различают следующие способы передачи информации:

- Химическая сигнализация (хорошо развиты у насекомых и млекопитающих). *Пример*, запах используется для сообщений состояния самок млекопитающих в период размножения. Во время эструса они выделяют специальные химические вещества, сигнализируя, что они готовы к спариванию.
- Звуковая сигнализация. Распространена у млекопитающих, и особенно у птиц.
- Визуальная сигнализация. Связана с передачей информации с помощью поз, телодвижений, раскраски тела, изменения цвета и т. д.
- Тактильная коммуникация. Этот способ передачи информации играет важную роль у общественных насекомых. Она сохраняет большое значение у многих позвоночных, в частности у млекопитающих.

В настоящее время можно выдвинуть четыре критерия, которым должно удовлетворять организованное сообщество. *Во-первых*, в такой группе животных должна существовать сложная система коммуникации, позволяющая скоординировать деятельность отдельных особей для достижения общего полезного результата, облегчить разрешение конфликтов и других социальных проблем. *Во-вторых*, в таком сообществе должно наблюдаться разделение труда, основанное на специализации, где особи несут разные функции. *В-третьих*, в таком сообществе должно существовать стремление особей держаться вместе – когезия. *В-четвертых*, должно наблюдаться постоянство состава. Это достигается за счет ограничения эмиграции своих членов и иммиграции «чужаков». Исходя из этих критериев, все известные группы животных можно расположить по степени организованности типов сообществ:

- Анонимная стая. Внутри такого сообщества нет структуры. Нет вожаков и ведомых. Это любые случайные скопления отдельных животных одного вида, которые собраны на каком- либо участке, движутся в одном направлении. Пример, перелётные стаи, скопления животных у водопоев и т.д.
- Сообщество без любви. Вид отношений между особями, который связывает их на долгое время, но при этом личные узы не возникают.
- Союз. Представляет собой стабильно- замкнутые группировки, которые обитают на одном месте или совершают периодические кочёвки. Сообщества с упорядоченной структурой взаимоотношений между особями.

- Группы. Совокупность особей, которая занимает и защищает определённую территорию. Обычно состоит из самца, детёнышей и самки. Различают как одиночные, так и многовозрастные в стае.
- Клубы. Как правило, большое число особей. Не проявляют агрессии по отношению к вновь присоединившимся особям своего вида. Легко присоединяются, а затем покидают её.

Иерархичность сообществ. Можно выделить два фактора, на которых основана организация большинства сообществ животных, их главная функция заключается в поддержании их стабильности. Это доминирование и территориальность. В *идеальной линейной иерархии* можно расположить всех особей данной группы в один ряд так, что каждая из них будет доминировать над всеми особями, находящимися по одну сторону от нее, и занимать подчиненное положение в отношении всех особей, находящихся по другую. Существует также *двуранговая иерархия*: одна особь доминирует над всеми остальными, причем все они имеют одинаковый ранг. Каким образом устанавливается ранг особи в группе? Было установлено, что на место в иерархической лестнице влияют такие внешние признаки в порядке важности, как отсутствие линьки, размер гребня, вес, уровень «драчливости» и т. д. Изменения в иерархии могут зависеть от физиологического состояния животных и ритмов активности, а также психологических факторов. Существенную роль в формировании поведения высших животных играют явления *подражания*, которые относятся к сфере научения. Научение путем подражания («имитационное научение») заключается в индивидуальном формировании новых форм поведения исключительно через непосредственное восприятие действий других животных.

Задание

1) На примере беспозвоночных жесткокрылых рассмотрите визуальную сигнализацию передачи информации. В чем она проявляется? Как визуальная сигнализация выражается у других видов животных?

Контрольные вопросы

1. Из-за чего происходит смена иерархии в сообществах?
2. Какие различают способы передачи информации?
3. Дайте оценку устному и широкому понятию коммуникации животных.

ЗАНЯТИЕ 8. Проблема наследуемого и приобретённого в поведении. Особенности наследования психических свойств

Цель занятия: Изучить врождённые программы поведения, особенности наследования психических свойств.

А.Н. Промптов делал акцент на том, что что инстинктивные действия животных (в особенности птиц и млекопитающих) всегда включают в себя неотъемлемые, чрезвычайно существенные условно рефлекторные компоненты, формирующиеся в процессе онтогенеза. С другой стороны, взаимодействие врожденных реакций, детерминированных видотипичными признаками строения, с приобретенными на их основе в течение индивидуальной жизни условными рефлексами, дает «видовой стереотип поведения». Пластичность инстинкта обеспечивается разными по величине и значению категориями изменчивости поведения:

1. Изменчивость врожденных компонентов, проявляющаяся в индивидуальном разнообразии поведения;
2. В экстремальных условиях инстинктивное поведение может сильно видоизменяться. В таких случаях проявляется роль индивидуального опыта, обеспечивающего приспособляемость к новым внешним условиям;
3. Существуют различные формы поведения, в которых главную роль играют формы научения, имеющие под собой инстинктивную основу и переплетающиеся с врожденными компонентами поведения.

Постоянство внутренней среды основано на стабильности внутренней среды организма. Особенностью этих процессов является то, что они протекают в форме ритмов, строящихся на системах саморегулирования. В них В.М. Боровский усматривал первичную мотивацию поведения животных, поскольку эти сдвиги выражаются в появлении потребностей, на удовлетворение которых и направлено поведение. *Факультативное* научение обеспечивает индивидуальное приспособление к конкретным условиям, в которых обитает особь. Оно является лабильным компонентом поведения животных. Каждый поведенческий акт состоит из двух основных фаз: *поисковой* (или подготовительной) и *завершающей.* Первая фаза обычно начинается с эндогенной активации и проявляется в общем беспокойстве и поисковых действиях животного – ненаправленных обследовании обстановки, локомоциях и т.п. Чем ближе к завершающей фазе, тем более стереотипными становятся движения. Правило состоит в том, что чем выше психическая организация, тем более развернута и продолжительна поисковая фаза и тем более разнообразный индивидуальный опыт животное может приобрести. *Навык* – важнейшая форма факультативного научения, способность к выработке навыков

проявляется на определенном уровне филогенеза. В результате формирования навыка применяется врожденная двигательная координация в новой сигнальной ситуации или возникает новая двигательная координация. Формы обучения животных подразделяют на:

- Неассоциативное обучение (привыкание) заключается в ослаблении реакции при повторных предъявлениях раздражителя. Ослабление ответной реакции можно считать истинным привыканием только в том случае, когда оно обусловлено изменениями в ЦНС, а не адаптацией рецепторов или утомлением.
- При ассоциативном обучении в ЦНС формируется временная связь между двумя стимулами, один из которых изначально был для животного безразличен, а другой выступал в качестве вознаграждения или наказания.
- При оперантном обучении вначале производится движение (ответ), сопровождаемое подкреплением без условного раздражителя. Но как и при «классической» выработке условных рефлексов, адекватная двигательная реакция животного подкрепляется полезным для животного результатом.
- Когнитивная деятельность (процессы) недоступна прямому наблюдению, наличие представлений у субъекта (человека или животного) обнаруживается в тех случаях, когда он совершает действие без влияния какого бы то ни было физически стимула.

Различают образные и абстрактные представления. Их рассматривают как основу формирования довербальных понятий. На формировании представлений основаны следующие виды обучения животных:

a) Латентное обучение – при котором животное, которому предварительно дали ознакомиться с обстановкой опыта, обучается быстрее, чем контрольное, не имевшее такой возможности;

b) Пространственное обучение – в естественных условиях помогает адаптации к условиям среды;

c) Выбор по образцу – основан на формировании у животного внутренних представлений о среде, посредством обработки информации о соотношениях стимулов – наличия сходства или отличия между ними;

d) Заучивание последовательностей – процесс запоминания цепей стимулов путем разделения их на подгруппы.

Способность к самостоятельному выполнению жизненных функций обусловливает существенные различия в онтогенезе поведения животных разного уровня развития. По К. Э. Фабри, в развитии поведения выделяются три периода: пренатальный, ранний постнатальный и ювенильный (игровой). *Значение эмбриогенеза для формирования психических свойств состоит в том, чтобы подготовить морфофункциональную основу психического отражения. Психика эмбриона – это психика в процессе ее становления.* На ранних этапах эволюции возможность научения ограничена и проявляется лишь

в таких явлениях, как *привыкание* и *тренировка*. В процессе эволюционного развития появляется новый компонент научения – *навык,* который формируется в результате *упражнения.*

Задание

1) Представьте в таблице видовые особенностей поведения лабораторных животных методом временных срезов в взаимосвязи выполнения жизненных функций животными и тремя разными уровнями онтогенетического развития.

Контрольные вопросы

1. Чем интеллектуальный уровень развития психики отличается от предсознательного?
2. Назовите виды обучения животных.
3. Какие категории изменчивости поведения вы изучили?

ЗАНЯТИЕ 9. Наследование социального типа поведения. Агрессивное и альтруистическое поведение. Наследование умственных способностей

Цель занятия: Изучить наследование социального типа поведения и умственных способностей. Рассмотреть агрессивное и альтруистическое поведение.

И. Кречевский, выдвинул предположение о наследовании социального типа поведения, внутренней «настройкой» животного, при решении разнообразных задач в постоянно меняющихся условиях своеобразными «гипотезами». Экспериментально доказано, что для успешного возникновения навыка необходима активная познавательная деятельность животного в качестве предпосылки. Этот познавательный процесс и определяет природу навыка. А.Н. Леонтьевым был предложен критерий «*операция*» – компонент деятельности, отвечающий условиям, в которых дан побуждающий предмет. Учёный дал характеристику двум компонентам локомоторной деятельности: первый – направленная деятельность, возникающая под влиянием свойств самого предмета; второй компонент – деятельность, связанная с условиями, в которых дан побуждающий деятельность предмет (операция).

Агрессивное поведение – приводящее к нанесению повреждений и связанное с установлением иерархии на определенную *территорию.* Агрессия возникает в первую очередь из-за близости другой особи, которая нарушает индивидуальную дистанцию или приближается к важным для животного объектам. В результате опытных исследований было выяснено, что для вызывания агрессии внешние раздражители играют более важную роль, чем внутреннее состояние. Исследователь Мойер предложил классификацию

агрессии: агрессия хищника, вызываемая присутствием жертвы; межсамцовая агрессия; в следствии страха; агрессия при раздражении; защита территории, в пределах обоснования животного; материнская агрессия; инструментальная агрессия; связанная с полом. *Альтруистическое поведение* животных представляет собой направленное на помощь особям вида, негативными последствиями для себя поведение. Такое поведение обусловлено генетически.

Наследование умственных способностей – интеллект. Интеллект животных является не чем-то обособленным, а лишь одним из проявлений единой психической деятельности с ее врожденными аспектами. Посредством манипулирования животное получает информацию по ряду сенсорных каналов. По К. Фабри первостепенной предпосылкой интеллектуального поведения является способность к широкому переносу навыков в новые ситуации. Любое интеллектуальное действие состоит как минимум из двух фаз: *Фаза подготовки.* Интеллект впервые возникает там, где возникает процесс подготовки возможности осуществить ту или иную операцию или навык. *Фаза осуществления деятельности.* Направлена на удовлетворение определенной биологической и физиологической потребности животного.

Даже самые сложные проявления интеллекта приматов представляют не что иное, как применение в новых условиях филогенетически выработанного способа действия. Биологическая ограниченность, является причиной их неспособности к установлению мысленной связи между представлениями и их комбинированием в образы, неспособности понимать причинно-следственные связи.

Задание

1) Рассмотрите типы агрессивного поведения, характер их возникновения среди диких и сельскохозяйственных животных и приведите примеры. Представьте задание в виде таблицы.

Контрольные вопросы

1. В чем разница в проявлении агрессии между самцами и самками?
2. Какой тип агрессии является ведущим в организации поведения животных в сообществах?
3. Назовите примеры альтруистического поведения животных.

ЗАНЯТИЕ 10. Ритуализация и коммуникация

Цель занятия: Изучить понятия ритуализации и коммуникации, их особенности и виды.

Ритуализация

Джулиан Хаксли, один из учителей К. Лоренца, в результате своих исследований, проведенных на чомге, обнаружил интересный факт: некоторые действия в процессе филогенеза утрачивают свою собственную первоначальную функцию и превращаются в чисто символические церемонии. Этот эволюционный процесс он назвал *ритуализацией*.

Рассмотрим, как может в принципе возникнуть в филогенезе определенный ритуал на примере эволюции ухаживания у мух семейства толкунчиков. У некоторых видов этого семейства в процессе эволюции развился забавный брачный ритуал, описанный Лоренцом следующим образом: «Самец непосредственно перед спариванием вручает своей избраннице пойманное им насекомое подходящих размеров. Пока она занята тем, что вкушает этот дар, он может ее оплодотворить без риска, что она съест его самого; а такая опасность у мухоядных мух несомненна, тем более что самки у них крупнее самцов. Без сомнения, именно эта опасность оказывала селекционное давление, в результате которого появилось столь замечательное поведение». Интересно то, что аналогичные ритуалы встречаются у других видов этого семейства мух, но они претерпели в процессе эволюции некоторые существенные изменения.

Исследуя подобные факты ранние этологи, в особенности Н. Тинберген, разработали теорию ритуализации.

Теория ритуализации

Ритуализация – это эволюционный процесс, благодаря которому определенные комплексы поведения модифицируются таким образом, чтобы осуществлять коммуникативную функцию.

Реализация форм поведения

Тинберген считал, что существует три главных поставщика ритуалов. Это, во-первых, так называемые движения намерения. Движения представляют собой незавершенный поведенческий комплекс, который несет потенциальную информацию о том, что животное собирается совершить определенные действия. Например, когда птица собирается взлететь, она сначала приседает, поднимает хвост и вытягивает голову. Если птица взлетает без совершения этих движений, то другие интерпретируют это как сигнал опасности.

Во-вторых, это смещенная активность. Так, смещенная активность в виде чистки перьев у самцов некоторых птиц (кряквы) в процессе эволюции

стала нести коммуникативную функцию. Выполнение такого поведения стало служить сигналом для самок этих видов, что самец готов к спариванию. Если раньше данная смещенная активность была просто побочным эффектом конфликта противоположных стремлений, то в процессе ритуализации она приобрела важную коммуникативную функцию.

В-третьих, переадресованная активность. Предполагают, что некоторые демонстрации у крачек могли произойти из переадресованных атак.

Лоренц обращает внимание на то, что ритуализация – это один из самых быстрых эволюционных процессов. Об этом свидетельствуют выраженные различия ритуальных движений у некоторых близких между собой видов. Изучение особенностей ритуалов, таким образом, имеет большое значение для эволюционистов, так как помогает определить филогенетические отношения внутри малых таксонов, то есть между видами, входящими в одно семейство или род.

Особенности ритуализации

Этологи отмечают следующие особенности, характерные для ритуализации.

Первая особенность. Реакции, которые первоначально служили виду как функции, необходимые для выживания, приобретают в процессе филогенеза новое назначение – сигнальное. При этом может сохраняться и их первичная функция. Если, скажем, заяц, заметив опасность, внезапно переходит с шага на рысь или галоп, то он этим не просто спасает свою шкуру, но одновременно сигнализирует об опасности и подает команду к бегству и другим зайцам.

Вторым признаком ритуализации является изменение первоначального неритуализованного прототипа в процессе приспособления его к новой сигнальной функции. Другими словами, в процессе ритуализации те комплексы поведения, которые начинают нести коммуникативную функцию, претерпевают часто существенные модификации. Можно выделить следующие преобразования.

Во-первых, ритуализованные движения становятся часто стереотипными и неполными. Например, чистка оперенья у самцов чаще всего ограничивается чисткой определенных частей тела. Так, самец кряквы при ухаживании за самкой ограничивается почесыванием ярко окрашенной отметины на одном из крыльев. Часто ритуализованное движение как бы «замораживается» и превращается в определенную позу. Например, самец колюшки при виде соперника становится в неподвижную позу, напоминающую рытье песка, вероятно, произошедшую из соответствующей смещенной активности.

Во-вторых, часто ритуализованное движение становится более выразительным и преувеличенным, чем нормальная форма активности. Это связано

с тем, что значение элементов, которые в исходном, не ритуализованном, движении сильнее возбуждали зрение или слух, под давлением естественного отбора возрастало.

Красота формы и цвета плавников сиамских бойцовых рыбок, оперение райской птицы, павлиний хвост и другие признаки развились под селективным давлением естественного отбора для большей выразительности и заметности сигналов, передаваемых определенными ритуальными движениями.

В-третьих, ритуализованные движения становятся строго регламентированными по скорости и амплитуде, то есть приобретают фиксированную интенсивность. За счет этого создается максимальная недвусмысленность сигналов, что увеличивает эффективность передачи информации. Например, когда черный дятел долбит дупло для гнезда, ритмика его действий весьма нерегулярна. Когда же он барабанит по дереву, чтобы привлечь самку и отпугнуть других самцов, барабанная дробь отличается высокой стереотипностью и четким ритмом.

В-четвертых, ритуализованные движения часто становятся многократно повторяемыми. Это связано с тем, что многократное повторение сообщения усиливает его однозначность. Ритмическое повторение какого-либо движения характерно для многих ритуалов.

Третий отличительный признак ритуализации состоит в том, что возникший новый двигательный акт приобретает все характерные черты автономного независимого движения. Этот акт может проявляться спонтанно, имеет свой ключевой стимул и врожденный пусковой механизм. Другими словами, по Лоренцу, в процессе ритуализации по существу рождается новый инстинкт. Лоренц считает, что такие инстинкты лежат не только в основе коммуникации, но и играют важную роль в сдерживании агрессии.

Коммуникация

Под *коммуникацией* в узком смысле понимают передачу информации от одной особи к другой в пределах одного вида. Данное определение исходит из предположения о том, что отправитель и получатель имеют намерение передать некоторую взаимовыгодную информацию друг другу. Например, муравьи-фуражиры обычно оставляют пахучие следы, которые улавливают их товарищи по гнезду и следуют по ним к источнику пищи. Это коммуникация в узком смысле. Причем понятно, что намерение передать информацию у животных часто бывает не осознанным, а имеет врожденную основу.

Коммуникация в более широком смысле подразумевает использование одним видом животных сигналов, подаваемых другими видами. Но иногда межвидовая информация выгодна обоим видам.

К определению информации можно подойти с другой стороны.

Под истинной коммуникацией нужно понимать только осуществляемую с помощью сигналов, специально развившихся для целей коммуникации. Например, коммуникация, осуществляющаяся ритуализованными движениями, считается с это точки зрения истинной. Другие считают, что коммуникация представляет собой процесс, при котором поведение одной особи влияет на поведение другой. Под такое определение подпадают, к примеру, все виды поз и движений кормящейся обезьяны, так как они несут определенную информацию другим особям стаи. С другой стороны, сюда же относятся и все виды межвидовой коммуникации.

Мы рассмотрим истинную коммуникацию в узком смысле. То есть только те способы передачи сигналов, специально созданных для этой функции, которые осуществляются между особями одного вида.

Способы передачи информации

Животные осуществляют коммуникацию с помощью системы сигналов, в качестве которых могут выступать не только определенные звуки, но и выразительные позы, телодвижения, запахи, прикосновения и т. д. Причем различные группы животных более или менее специализированы по этим типам используемых сигналов в зависимости от степени развития у них тех или иных органов чувств. На основании этого выделяют несколько способов передачи информации.

Химическая сигнализация

Химические сигналы особенно хорошо развиты у насекомых и млекопитающих. Например, собаки маркируют территорию при помощи запаховых меток. Запах используется также для сообщений о состоянии самок млекопитающих в период размножения. Во время эструса они выделяют специальные химические вещества, сигнализируя, что они готовы к встрече с самцом. Неоплодотворенные самки некоторых бабочек выделяют феромоны, которые улавливаются самцами, и градиент концентрации которых ориентирует последних в направлении особей противоположного пола. Муравьи могут использовать химические вещества как сигналы тревоги и как указатели дороги к источнику пищи.

Звуковая сигнализация

Звуковая сигнализация широко распространена у млекопитающих, и особенно у птиц. Достаточно вспомнить значение песен птиц для привлечения особей противоположного пола. Большую роль этот вид коммуникации играет у водных животных, например, у китов и некоторых рыб.

Визуальная сигнализация

Визуальная сигнализация связана с передачей информации с помощью поз, телодвижений, раскраски тела, изменения цвета. Она наиболее хорошо развита у млекопитающих и у осьминогов. Цветовые сигналы используются

также в демонстрациях ухаживания у некоторых членистоногих – у бабочек и манящих крабов.

Тактильная коммуникация

Этот способ передачи информации играет важную роль у общественных насекомых. Таким образом общаются термиты, дождевые черви и т. д. Тактильная коммуникация сохраняет большое значение у многих позвоночных, в частности у млекопитающих. Например, взаимная чистка шерсти у приматов выступает как умиротворяющий жест. Часто доминантная обезьяна разрешает почистить себе шерсть подчиненной особи после короткой адресованной ей угрозы.

В естественных условиях у животных развились эффективные комбинации сигналов, включающие, скажем, звук и зрительные стимулы. Так, многие ритуалы у птиц и млекопитающих связаны с демонстрацией определенных поз и телодвижений, которые часто сопровождаются определенными звуками.

Задание

1) Используя дополнительную литературу, дайте характеристику ритуализации у голубей, вьюрков, уток;

2) Рассмотрите примеры тактильной коммуникации у насекомых и млекопитающих.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «ритуализация» и «коммуникация»;
2. Опишите особенности ритуализации;
3. Какие способы передачи информации выделяют в коммуникации?

ЗАНЯТИЕ 11. Определение понятие «мышления» у животных. Способность к рассуждению

Цель занятия: Дать определение понятиям «мышление» и «рассуждение» у животных.

Наличие у высших животных элементов разума в настоящее время не вызывает сомнения ни у кого из ученых. Интеллектуальное поведение представляет собой вершину психического развития животных. Вместе с тем, как отмечает Л.В. Крушинский, оно является не чем-то из ряда вон выходящим, а лишь одним из проявлений сложных форм поведения с их врожденными и благоприобретенными аспектами. Интеллектуальное поведение не только теснейшим образом связано с различными формами инстинктивного поведения

и научения, но и само складывается из индивидуально изменчивых компонентов поведения. Оно дает наибольший приспособительный эффект и способствует выживанию особей и продолжению рода при резких, быстро протекающих изменениях в среде обитания.

Прежде чем говорить об элементарном мышлении животных, необходимо уточнить, как психологи определяют мышление и интеллект человека.

Согласно точке зрения А.Р. Лурия, «акт мышления возникает только тогда, когда у субъекта существует соответствующий мотив, делающий задачу актуальной, а решение ее необходимым, и когда субъект оказывается в ситуации, относительно выхода из которой у него нет готового решения – привычного (т.е. приобретенного в процессе обучения) или врожденного».

Мышление представляет собой самую сложную форму психической деятельности человека, вершину ее эволюционного развития. Очень важным аппаратом мышления человека, существенно усложняющим его структуру, является речь, которая позволяет кодировать информацию с помощью абстрактных символов.

Принято считать, что процесс мышления осуществляется с помощью следующих мыслительных операций – анализа, синтеза, сравнения, обобщения и абстрагирования. Результатом процесса мышления у человека являются понятия, суждения и умозаключения.

Как утверждают ведущие российские психологи, критериями наличия у животных зачатков мышления могут быть следующие признаки:

— «экстренное появление ответа в отсутствии готового решения» (Лурия);

— «познавательное выделение объективных условий, существенных для действия» (Рубинштейн);

— «обобщенный, опосредованный характер отражения действительности; отыскание и открытие существенно нового» (Брушлинский);

— «наличие и выполнение промежуточных целей» (Леонтьев).

Наиболее корректным является предложенный Л.В. Крушинским термин рассудочная деятельность. Он позволяет избежать отождествления мыслительных процессов у животных и человека. Наиболее характерное свойство рассудочной деятельности животных – их способность улавливать простейшие эмпирические законы, связывающие предметы и явления окружающей среды, и возможность оперировать этими законами при построении программ поведения в новых ситуация.

Рассудочная деятельность отличается от любых форм обучения. Эта форма адаптивного поведения может осуществляться при первой встрече организма с необычной ситуацией, создавшейся в среде его обитания. В том, что животное сразу, без специального обучения, может принять решение к адекватному выполнению поведенческого акта, и заключается уникальная

особенность рассудочной деятельности как приспособительного механизма в многообразных, постоянно меняющихся условиях окружающей среды. По определению Л.В. Крушинского, *рассудочная деятельность* – это выполнение животным адаптивного поведенческого акта в экстренно сложившейся ситуации.

Этот уникальный способ приспособления организма в среде возможен у животных с хорошо развитой нервной системой.

Элементы мышления проявляются у животных в разных формах. Они могут выражаться в выполнении многих операций, таких как обобщение, абстрагирование, сравнение, логический вывод, экстренное принятие решения за счет оперирования эмпирическими законами и др.

Мышление животных – не просто способность к решению той или иной задачи. Это системное свойство мозга, причем, чем выше филогенетический уровень животного и соответствующая структурно-функциональная организация его мозга, тем большим диапазоном интеллектуальных возможностей оно обладает.

Рассудочная деятельность прошла длительную эволюцию у животных предков человека, прежде чем дать поистине гигантскую вспышку человеческого разума.

Из этого положения с неизбежностью вытекает, что изучение рассудочной деятельности животных как любого приспособления организма к среде его обитания должно быть предметом биологического исследования.

Опираясь в первую очередь на такие биологические дисциплины, как эволюционное учение, нейрофизиология и генетика, можно добиться успеха в объективном познании процесса формирования мышления.

Исследование показало, что наиболее точная оценка уровня элементарной рассудочной деятельности может быть дана при первом предъявлении задачи, пока ее решение не было подкреплено биологически значимым раздражителем. Всякое подкрепление решений задачи вносит элементы обучения при последующих ее предъявлениях. Быстрота обучения решению логической задачи может быть лишь косвенным показателем уровня развития рассудочной деятельности.

В общей форме можно сказать, что чем большее число законов, связывающих элементы внешнего мира, улавливает животное, тем более развитой рассудочной деятельностью оно обладает. Очевидно, используя такой критерий оценки элементарной рассудочной деятельности, можно давать наиболее полную сравнительную оценку разным таксономическим группам животных.

Поведение животных осуществляется под ведущим влиянием раздражителей, несущих информацию о среде обитания, непосредственно окружающей их. Система, воспринимающая такую информацию, была названа И.П. Павловым первой сигнальной системой действительности.

Задание

1) Изучите различия психического развития животных при сенсорном и перцептивном типах психики. Каковы предпосылки интеллектуального поведения животных?

Контрольные вопросы

1. Каковы, с точки зрения психологов, основные критерии зачатков мышления у животных?
2. Что является наиболее характерным свойством рассудочной деятельности?
3. Каким требованиям должны удовлетворять тесты на рассудочную деятельность?

ЗАНЯТИЕ 12. Сенсорные способности животных. Сенсорная рецепция. Сенсорные системы. Сенсорные пороги. Методы изучения

Цель занятия: Изучить сенсорные способности животных.

С раннего детства мы испытываем множество ощущений и восприятия, составляющих часть нашей жизни. Те из них, которые особенно болезненны или приятны, становятся мощными факторами, формирующими пути нашего развития, характер личности и цели к которым мы стремимся. Поскольку сенсорный опыт так непосредственен, понять его гораздо легче, чем многие другие аспекты нервной деятельности. Мы знаем, что эти органы не только информируют нас, но часто обманывают; они постоянно подвергают испытанию нашу способность судить о предметах.

Сенсорной системой называют часть нервной системы, воспринимающую внешнюю для мозга информацию, передающую ее в мозг и анализирующую ее. Сенсорная система состоит из воспринимающих элементов – рецепторов, нервных путей, передающих информацию от рецепторов в мозг, и тех частей мозга, которые заняты переработкой и анализом этой информации. Таким образом, работа любой сенсорной системы сводится к реакции рецепторов на действие внешней для мозга физической или химической энергии, трансформации ее в нервные сигналы, передаче их в мозг через цепи нейронов и анализу этой информации.

Процесс передачи сенсорных сигналов сопровождается их многократными преобразованиями и перекодированием на всех уровнях сенсорной системы и завершается опознанием сенсорного образа. Сенсорная информация, поступающая в мозг, используется для организации простых и сложных рефлекторных актов, а также для формирования психической деятельности. Поступление в мозг сенсорной информации может сопровождаться осознанием наличия стимула (ощущением раздражителя). Так бывает не всегда: часто

стимулы остаются неосознанными – подпороговыми для ощущения. Понимание ощущения, способность обозначить его словами, называют восприятием.

Сенсорная функция мозга заключается в определении сигнальной (биологической) значимости сенсорных стимулов на основе анализа их физических характеристик. Согласно учению И.П. Павлова об анализаторе, его функция заключается в разложении «сложности внешнего мира на отдельные элементы». Структурно любой анализатор является «первичным прибором, состоящим из периферического конца, соответствующего нерва и мозгового конца этого нерва», т.е. их рецепторов, проводящих путей и кортикальной проекции. Эти периферические проводниковые и центральные отделы для каждого анализатора являются его специфическими образованиями. Специфические образования выполняют необходимую операцию для распознавания сенсорных сигналов – их кодирование. Принципиально новым является доказательство существования в каждой сенсорной системе наряду с восходящими путями нисходящих путей. Восходящие и нисходящие волокна в сенсорных системах, переключаясь в одних и тех же образованиях, которые теснейшим образом связаны друг с другом, что дает возможность им функционировать в надежном взаимодействии. Наличие нисходящих связей к рецепторам и восходящих к вышележащим образованиям сенсорной системы свидетельствует о том, что на их работу влияют как вышележащие отделы той же системы, так и другие мозговые структуры. Это обусловлено тем, что к различным уровням сенсорных систем идут нисходящие пути и от других, неспецифических для данной системы структур мозга. Что позволяет признать существование общего принципа обратной связи для всех сенсорных систем. Что позволяет сенсорным системам быть включенными в различные функциональные системы для достижения организмом определенного положительного результата.

Всякая сенсорная функция осуществляется на основе взаимосвязанной деятельности специфических, неспецифических и ассоциативных образований мозга и вспомогательных мышц, обеспечивающих формирование адекватной рефлекторной реакции живого организма.

Сенсорная физиология использует в основном те же методы, что и физиология центральной нервной системы, и физиология высшей нервной деятельности:

1. Анатомо-морфологический и гистологический методы используются для изучения структуры, конструкции сенсорных систем. Анатомо-морфологический метод позволяет изучить строение отдельных образований нервной системы, участвующих в сенсорных процессах, а также установить анатомические связи между отдельными звеньями анализаторов. Гистологический метод

изучает особенности микроструктуры рецепторов и центральных образований анализатора, характер межнейронных связей в различных его отделах.

2. Нейрофизиологический и психофизиологический методы основаны на регистрации электрофизиологических реакций различных отделов нервной системы при протекании в организме разнообразных сенсорных процессов. Это может быть:

а) Регистрация суммарной электроэнцефалограммы;

б) Регистрация вызванных потенциалов, возникающих в локальных участках мозга при действии сенсорных стимулов;

в) Исследование активности одиночных нейронов с помощью микроэлектродной техники.

Психофизиологический метод помимо регистрации электрических процессов изучает также субъективные процессы, отражающие механизмы декодирования информации и формирования субъективного образа на основе действующего раздражителя.

3. Условно-рефлекторный метод. В его основе лежит оценка информативной значимости сенсорного раздражителя по скорости образования, устойчивости и прочности условных рефлексов.

4. Психофизический метод используется при проведении исследований на человеке, у которого можно получить вербальный ответ по поводу субъективных ощущений, возникающих при действии сенсорного стимула. Кроме вербального отчета, испытуемый может отвечать на стимул какой-либо инструментальной реакцией в соответствии с условиями эксперимента.

5. Нейропсихологический метод основан на изучении физиологической роли различных структур центральной нервной системы в сенсорных процессах. Наиболее распространенная методика – разрушение каких-либо отделов анализатора у животных, коагуляция, холодовое или химическое воздействие на нейроны. О нарушении сенсорных функций после такого разрушения судят по поведенческим реакциям или выпадению условных рефлексов.

Наиболее полную информацию о работе сенсорных систем можно получить только при использовании комплексного подхода с применением различных методов исследования.

6. Метод моделирования и протезирования сенсорных функций. Моделирование позволяет изучить на искусственно созданной модели взаимодействие элементов сенсорной системы. Протезирование позволяет практически проверить истинность знаний о строении и функциях сенсорных систем.

Задание

1) Проведите опыт с зрительными и акустическими сенсорными системами животного организма. За действуя химические, термические и тактильные сенсорные системы животного.

Контрольные вопросы

1. Понятие о сенсорной системе.
2. Каковы свойства анализаторов?
3. Назовите методы изучения анализаторов.

ЗАНЯТИЕ 13. Особенности психики и поведения беспозвоночных. Способности насекомых к научению

Цель занятия: Изучить особенности психики и поведения беспозвоночных.

Развитие и усложнение сегментарной нервной системы наблюдается у высших беспозвоночных животных – насекомых. По сравнению с червями и моллюсками, у них усложняется внешнее и внутреннее строение тела, которое делится на голову, грудь, брюшко, появляются крылья, конечности и т.д. Соответственно и в единстве с этим усложняется и совершенствуется нервная система. Узлы, имеющие отношение к одной какой-нибудь части тела, сливаются вместе и образуют нервные центры.

Наряду со специализацией нервных центров, развиваются механизмы, координирующие их взаимосвязь и взаимозависимость. Особенно усложняется головной узел, воспринимающий зрительные, обонятельные, осязательные и другие раздражения и регулирующий движения конечностей, крыльев и других органов. Головной узел у насекомых увеличивается и усложняется в зависимости от разнообразия жизнедеятельности.

Особенности строения головного ганглия обусловлены узкой специализацией и малой подвижностью самцов и самки и значительно более разнообразными активными формами поведения рабочих муравьев. Многочисленные исследования детально выявили своеобразие ощущений у насекомых.

Прекрасное развитие обоняния у насекомых известно из опытов Фабра, Фриша и других. Некоторые насекомые (наездники) имеют такое острое обоняние, что находят под толстой корой дерева личинку другого насекомого и, прокалывая кору яйцекладом, откладывают в ней свои яйца. Фабр наблюдал удивительное развитие обоняния у светляков. Крылатые самцы сотнями прилегали к бескрылым, но когда Фабр прикрыл самок стаканом, то полеты прекратились. Эти же самцы собирались в пустой стакан, где раньше находились самки, на марлю, на вату и другие предметы, сохранившие запах самок.

Различение цветов у насекомых подробно изучал Фриш. Он исследовал этот вопрос в опытах на пчелах, проводимых по следующей методике: картонные прямоугольники серого цвета различной яркости были помещены на столе в случайном порядке, и среди них – один цветной картон с подкормкой. Сначала пчелы садились равномерно на все поверхности, но через некоторое

время они начали прилетать только на цветной картон. Затем был поставлен контрольный опыт. Все картоны были перемешаны, и подкормка удалена. Через 4 минуты после этого на цветной картон прилетело 280 пчел, а на всех серых было за это время только 3 пчелы. Таким же методом была выявлена способность пчел к различению формы.

Поведение насекомых главным образом складывается из инстинктов. Эта унаследованная форма сложного поведения дала основания к распространению различных мнений о разумной, целесообразной и вместе с тем загадочной и непонятной организации жизни таких существ, как насекомые.

В действительности же ничего загадочного и разумного в инстинктивном поведении насекомых нет. Возникнув и закрепившись в процессе приспособления животных к условиям жизни, инстинкты проявляются приблизительно одинаково у особей одного вида.

Когда Фабр прокалывал внизу соты, из которых мед вытекал, то пчелы продолжали наполнять свои дырявые восковые ячейки. Жуки-могильщики, как известно, обладая прекрасным обонянием, издалека слетаются к падали. Зарывая мертвую птицу, мышь и т.п. в землю, они затем откладывают на мертвое тело свои яйца. Фабр подвесил мертвого крота к перекладине на двух подставках так, что крот касался земли. Жуки прилетели на падаль, долго рыли под ней землю, но не сумели использовать добычу, так как они в своем поведении не вышли из системы обычных инстинктивных действий.

Общественные насекомые. Насекомые, ведущие общественный образ жизни (муравьи, термиты, осы, пчелы и некоторые другие), отличаются удивительно сложным поведением, огромным видовым разнообразием и высокой численностью во всех регионах Земли. Они достигли наиболее высокого развития среди беспозвоночных и играют очень важную роль в биосфере и далеко не безразличны в практическом отношении для человека.

У общественных насекомых чрезвычайно сложное поведение. Их поведение во многом напоминает поведение млекопитающих и даже иногда соперничает с ним, что заставляет приписать насекомым разум и интеллект. Экспериментальный анализ показывает, что насекомые очень сильно ограничены стимулом, т.е. они реагируют в стереотипной форме, в строгой зависимости от получаемого стимула. У высших форм насекомых имеется определенная пластичность поведения, и обучение у них достигает значительного уровня. Три особенности сделали возможным такое сложное поведение: наличие очень сложных органов чувств, которые позволяют осуществлять высокодифференцированную оценку окружающей среды; эволюция сочлененных придатков и их последующие преобразования в ноги и органы рта чрезвычайной сложности, делающие возможной исключительную манипулятивную способность; развитие мозга, достаточно сложного, обладающего

необходимой интегративной способностью для организации огромного потока получаемой сенсорной информации и управления всеми движениями придатков. Многое в высокоорганизованном поведении общественных насекомых объясняется также врожденными реакциями на стимул.

Общение насекомых друг с другом (коммуникация) представляет собой комплексный процесс, включающий химические, слуховые, вибрационные, зрительные и тактильные стимулы.

Для изучения поведения общественных насекомых ученые чаще всего выбирают муравьев как самых активных представителей этого класса насекомых. Муравьи имеют исключительно сложные сообщества, состоящие из специализированных групп особей, которым свойственно культивация "грибных садов", "доение" тлей и изгнание чужаков из колонии.

Известно, что в случае сложных механизмов мобилизации у некоторых видов используется комплекс сигналов. До недавнего времени для каждого вида муравьев описывали более или менее специфическую технику рекрутирования. Пока еще очень мало работ, в которых анализируется разнообразие способов передачи информации у одного вида.

Итак, интегрированное социальное поведение насекомых может быть в большей степени объяснено привыканием. Например, пришельцы в муравьиных и пчелиных гнездах распознаются по запаху и часто уничтожаются. Если, однако, пришелец появляется в то время, когда колония занята каким-то делом, он может остаться незамеченным и, в конце концов, может быть принят в колонию. Одним из объяснений подобного факта является то, что члены колонии привыкли к его запаху.

Таким образом, на основе опытов и экспериментов, проводимых учеными разных стран, показано, что насекомые обладают не только способностью общаться между собой, но и некоторыми элементами логического мышления.

Задание

1) Групповая работа: подготовьте доклады об опытах ученых, где освещаются элементы логического мышления насекомых.

Контрольные вопросы

1. Опишите особенности психики и поведения беспозвоночных.
2. Обоснуйте связь поведения и психического отражения с образом жизни животного.
3. Приведите примеры научения у беспозвоночных.

ЗАНЯТИЕ 14. Приматы и человек - сравнительный аспект. Развитие нервной системы в филогенезе и онтогенезе у приматов. Путь к виду Homo sapiens

Цель занятия: Изучить развитие нервной системы в филогенезе и онтогенезе у приматов.

С зарождением научного мышления проблема «души» животного, его психики и поведения стала важной составной частью всех философских концепций. Как уже отмечалось при обсуждении проблемы инстинкта и научения, часть древних мыслителей держалась мнения о близком родстве и одинаково высоком уровне психической жизни человека и животных, другие же, наоборот, отстаивали превосходство человеческой психики, а иные категорически отрицали всякую ее связь с психической деятельностью животных.

В. Келер (1925) пришел к выводу, что человекообразные обезьяны обладают интеллектом, который позволяет им решать некоторые проблемные ситуации за счет понимания связей между стимулами и событиями.

Наличие мышления у животных допускал И. П. Павлов. Он оценивал этот процесс как «зачатки конкретного мышления, которыми мы орудуем», и подчеркивал, что его нельзя отождествлять с условными рефлексами.

Общеизвестно, что решающий фактор превращения животного предка – ископаемой человекообразной обезьяны – в человека был открыт около ста лет тому назад Ф. Энгельсом: труд, создавший человека, создал и человеческое сознание. Трудовая деятельность, членораздельная речь, а на их основе и общественная жизнь определяли развитие человеческой психики и, таким образом, являются отличительными критериями психической деятельности человека по сравнению с таковой животных.

Таким образом, рука занимает центральное место в антропогенезе как в физическом, так и в психическом отношении. При этом основную роль сыграли ее исключительные хватательные способности.

Исключительно важным моментом является взаимодействие тактильно-кинестетической чувствительности кисти со зрением, взаимообусловленность развития этих сенсорных систем: по мере того как зрение «обучается» двигательной чувствительностью руки, сами движения рук все больше контролируются, корректируются и управляются зрением.

К. Э. Фабри пришел на основе своих исследований к выводу, что действительно в обычных своих формах предметная, в том числе орудийная, деятельность никогда не могла бы выйти за рамки биологических закономерностей и непосредственно «перерасти» в трудовую деятельность. Очевидно, даже высшие проявления манипуляционной (орудийной) деятельности у ископаемых человекообразных обезьян навсегда остались бы не более чем

формами биологической адаптации, если бы у непосредственных предков человека не наступили бы коренные изменения в поведении, аналоги которых К. Э. Фабри обнаружил у современных обезьян при известных экстремальных условиях. Речь идет о явлении, которое он обозначил как «компенсаторное манипулирование», когда естественная потребность обезьян в манипулировании многочисленными разнообразными предметами компенсируется в резко обедненной предметными компонентами среде качественно новой формой манипулирования.

Высокоразвитая способность к компенсаторной перестройке предметной деятельности обеспечила выживание этого нашего предка и явилась необходимой основой для зарождения трудовой деятельности, а тем самым и появления на земле человека.

В недрах первых форм трудовой деятельности зародились общественные отношения. Биологические предпосылки общественной жизни человека следует искать в стадности ископаемых высших приматов, точнее, в их предметной деятельности, выполняемой в условиях стадной жизни. С другой стороны, труд определял с самого начала качественное своеобразие объединений первых людей. Это качественное отличие коренится в том, что даже наиболее сложная орудийная деятельность животных никогда не имеет характера общественного процесса и не определяет собой отношений между членами сообщества, что даже у животных с наиболее развитой психикой структура сообщества никогда не формируется на основе орудийной деятельности, не зависит от нее, а тем более не опосредуется ею.

Исследователи отмечают у обезьян большую выразительность средств общения и их сходство с эмоциональными средствами коммуникации у человека. Однако в отличие от человека, как считает Тих, коммуникативные средства обезьян – как звуки, так и телодвижения – лишены семантической функции и поэтому не служат орудием мышления.

Психика даже высших животных способна отражать лишь пространственно-временные связи и отношения между предметными компонентами среды. Психика же человека прямо или косвенно отражает также и общественные связи и отношения, деятельность других людей и даже недоступные наблюдению причинно-следственные связи.

Коренное различие между интеллектом животных и сознанием человека, а тем самым и грань между животным и человеком вообще связаны с развитием трудовой деятельности и речи.

Выделяются три специфических условия возникновения сознания человека в процессе биологической эволюции:

— опосредованность отношения человека к природе трудовыми связями с другими людьми;

— активное воздействие на природу;

— возникновение языка.

Филогенез нервной системы

Эволюция нервной системы у животных проходила в течение длительного времени, и она условно может быть разделена на три этапа.

Первый этап характеризуется формированием наиболее просто устроенной диффузной (сетевидной) нервной системы. Данный вид нервной системы представлен у примитивных животных, например у губок. В ней различают два типа клеток:

— первые специализированы на приеме информации извне. Такие клетки называют рецепторными;

— вторые находятся в глубине организма, связаны отростками друг с другом и с клетками, обеспечивающими ответную реакцию. Эти клетки называют эффекторными.

Второй этап – формирование нервной системы узловой формы. Этот тип нервной системы встречается в основном у червей, насекомых и др. В ходе эволюции в нервной системе у этих животных образовались узлы (скопление нервных клеток), соединяющиеся между собой поперечными и продольными нервными стволами. От этих узлов отходят нервы, разветвления которых заканчиваются в пределах данного сегмента. В головном конце тела располагается одна пара более крупных узлов. Эти узлы развиты сильнее других и являются прообразом головного мозга.

Третий этап заключается в образовании нервными клетками непрерывного нервного тяжа, внутри которого имеется полость – трубчатая нервная система, характерная для всех представителей типа хордовых. Трубчатая нервная система у высших представителей хордовых состоит из ряда однотипных, повторяющихся структур, или сегментов. Отростки нейронов, входящих в состав данного нервного сегмента, иннервируют определенный участок тела и его мускулатуру. Типичным вариантом трубчатой нервной системы является спинной мозг.

Онтогенез нервной системы

Знания из области эмбриологии необходимы психологам для понимания строения и функционирования различных структур организма человека. Так, в процессе индивидуального развития человеческого организма (онтогенеза) выделяются два значимых этапа, отделенных друг от друга моментом рождения.

Первый этап – внутриутробный – длится от момента оплодотворения до рождения ребенка; *второй этап* – внеутробный – длится от момента рождения ребенка до смерти человека.

С учетом особенностей пренатального онтогенеза эмбриологи выделяют *эмбриональную* и *фетальную* фазы развития. Эмбриональная фаза (первые восемь недель) характеризуется основными процессами закладки тканей и органов. Фетальная фаза продолжается с девятинедельного возраста до рождения плода.

В свою очередь эмбриональную фазу разделяют на пять условных периодов:

— период оплодотворения и образования зиготы;

— период дробления зиготы на дочерние клетки;

— период гаструляции;

— период обособления тела зародыша;

— период гисто- и органогенеза.

В *третьем периоде* жизни эмбриона (гаструляция), который в основном завершается в течение второй недели внутриутробного развития, происходит превращение зародыша в трехслойное полостное образование – гаструлу. К концу этого периода развития отчетливо определяются зародышевые листки: наружный, или эктодерма, внутренний, или энтодерма, и средний слой, расположенный между ними, или мезодерма.

Из эктодермы в дальнейшем развивается кожа и все ее производные, а также она дает начало развитию центральной нервной системы. Из мезодермы развиваются органы опорно-двигательной и сердечно-сосудистой систем, а также некоторые внутренние органы. Из энтодермы, оказавшейся внутри тела зародыша, образуется большинство внутренних органов.

Как было отмечено ранее, центральная нервная система развивается из наружного зародышевого листка – эктодермы. На ранних стадиях онтогенеза в дорсальных отделах туловища зародыша эктодермальные клетки трансформируются в нервную пластинку. Последняя вначале состоит из одного слоя клеток. В связи с тем, что интенсивность размножения клеток в различных участках медуллярной пластинки неодинакова, последняя прогибается и постепенно приобретает вид бороздки или желобка.

Рост боковых отделов этой нервной бороздки приводит к тому, что ее края сближаются, а затем срастаются. Следовательно, медуллярная бороздка, замыкаясь в своих дорсальных отделах, превращается в первичную нервную трубку. В период замыкания нервная трубка состоит уже из трех слоев – из внутреннего слоя в дальнейшем развивается эпендимальная выстилка центрального канала спинного мозга и полостей желудочков мозга, из среднего (плащевого) слоя в дальнейшем развивается серое вещество мозга, наружный слой в дальнейшем превращается в белое вещество мозга.

В период замыкания нервной трубки образуются ганглиозные пластинки, располагающиеся дорсальнее нервной трубки. Впоследствии из ганглиозной пластинки образуются чувствительные узлы спинномозговых и черепных нервов и периферический отдел вегетативной нервной системы.

Вслед за обособлением ганглиозной пластинки нервная трубка в ее краниальном (головном) конце заметно утолщается. Задняя (каудальная) часть

нервной трубки в дальнейшем превращается в спинной мозг. Головной (краниальный) отдел нервной трубки является зачатком, из которого развивается головной мозг.

Задание

1) Используя дополнительную литературу, изучите филогенез нервной системы животных. Приведите примеры.

Контрольные вопросы

1. Проведите сравнительный аспект человека и приматов.
2. Этапы развития нервной системы у приматов.

ЗАНЯТИЕ 15. Проблемы поведения вида Homo sapiens. Очеловечивание мира. Проблемы антропогенеза в психологии

Цель занятия: Изучить проблемы поведения вида Homo sapiens и антропогенеза в психологии.

Понятие антропогенеза

Антропогенез, процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека, первоначального развития его трудовой деятельности, речи, а также общества. Исследование факторов, путей и закономерностей этого процесса составляет задачу одного из основных разделов антропологии – учения об антропогенезе.

К главным проблемам антропогенеза относятся: место и время появления древнейших людей; непосредственные предки человека; основные стадии антропогенеза, движущие силы антропогенеза на различных его этапах; соотношение эволюции физического типа человека с историческим прогрессом его культуры, развитием первобытного общества и речи. Решение коренных и частных проблем антропогенеза осуществляется с помощью данных антропологии и близких наук – эволюционной морфологии и эмбриологии, приматологии, палеонтологии приматов, психологии и физиологии, геологии палеогена, неогена и антропогена, археологии палеолита, этнографии и лингвистики. Методологической основой анализа и синтеза материалов, привлекаемых к решению проблем антропогенеза, служат эволюционное учение Ч. Дарвина и, главное, диалектико-материалистическая философия и, как её конкретное выражение, трудовая теория Антропогенез, разработанная Ф. Энгельсом в 70-х гг. 19 века. Её центральная идея заключается в том, что в процессе антропогенеза основным фактором прогрессивного эволюционного и исторического развития человека была трудовая деятельность, осуществлявшаяся коллективно на различных уровнях становления общества.

Проблема антропогенеза в психологии

Новые формы общественного бытия порождают и новые формы психики, коренным образом отличные от психики животных, – сознание человека. Развитие сознания у человека неразрывно связано с началом общественно-трудовой деятельности. В развитии трудовой деятельности, изменившей реальное отношение человека к окружающей среде, заключается основной и решающий факт, из которого проистекают все отличия человека от животного; из него же проистекают и все специфические особенности человеческой психики.

Индивид – это конкретный представитель человеческого рода. Индивидуальность – это совокупность физических, психических, внешних особенностей, отличающих одного индивида от другого. В процессе роста у ребенка формируется характер, который зависит от внешнего и внутреннего мира. В зависимости от этих факторов ребенок растет спокойным или неуравновешенным (психические особенности), здоровым или больным (физические особенности), красивым или с дефектами (внешние особенности).

Личность – это социальная сущность человека, совокупность социальных характеристик, которые появляются в ходе социального опыта. Личность формируется и развивается в процессе своей жизнедеятельности, т.е. приобретается определенный социальный опыт. Выделяют физическую, социальную и духовную личности. Индивидуум есть также социологическая категория, и в этом качестве он подчинен обществу, есть часть общества. Стать личностью, есть задача человека. Наиболее ярким проявлением индивидуального является уникальное. Противоположностью индивидуального неповторимого является типовое. Предельный случай типизации технических устройств – стандартизация. Личность не может реализовать полноту своей жизни при замкнутости в себе. Человек не только существо, но он и социальное существо. Но общество, нация, государство не являются личностями, человек как личность имеет большую ценность, чем они.

Возникновение человеческого сознания и человеческого интеллекта может быть правильно объяснено только в зависимости от его материальной основы, в связи с процессом становления человека как исторического существа.

Данные современной науки исключают возможность происхождения человека от одной из современных пород человекоподобных обезьян, но определенно указывают на общность их происхождения. Развитие руки как органа труда было вместе с тем и ее развитием как органа познания. Многообразные прикосновения в процессе труда стимулировали чувствительность руки и, отражаясь на строении периферических рецепторных аппаратов, привели к усовершенствованию осязания. В процессе активного ощупывания предмета рука начинает дифференцировать различные чувственные качества как признаки и свойства обрабатываемых человеком предметов. Развитие трудовой

деятельности привело также к развитию более совершенных, более тонких и лучше координированных движений, совершаемых под контролем высших чувств, главным образом зрения: для труда потребовалась все более совершенная координация движений и в процессе труда она развивалась.

Вслед за трудом и рядом с ним возникшая в совместной трудовой деятельности речь явилась существеннейшим стимулом развития человеческого мозга и сознания. Благодаря речи индивидуальное сознание каждого человека, не ограничиваясь личным опытом, собственными наблюдениями, питается и обогащается результатами общественного опыта: наблюдения и знания всех людей становятся или могут благодаря речи стать достоянием каждого. Огромное многообразие стимулов, которое получает благодаря этому человек, дало мощный толчок для дальнейшего развития его мозга.

Становление человека было длительным процессом. Древнейшим представителем человечества и в то же время по своему физическому типу переходной формой от обезьяны к человеку является яванский питекантроп; питекантропу уже свойственно было прямохождение при действиях верхними конечностями, свободными от функций локомоции при передвижении по земле. Точно неизвестно, изготовляли ли питекантропы орудия, но можно предполагать, что они уже перешли эту грань. С несомненностью установлено употребление орудий у синантропов.

Задание

1) Групповая работа: проведите дискуссию о возникновении человеческого сознания и интеллекта. Какова его материальная основа?

Контрольные вопросы

1. Опишите стадии антропогенеза.
2. Какие основные проблемы антропогенеза вы знаете?
3. Дайте определение понятию антропогенеза.

ЗАНЯТИЕ 16. Орудия труда – признаки и назначение. Трудовая деятельность вида Homo sapiens. Орудийная деятельность у животных

Цель занятия: Изучить орудийную деятельность животных.

Орудийные действия животных – специфическая форма обращения с предметами, при которой животные одним предметом воздействуют на др. Предмет используется лишь как подручное, вспомогательное средство для

установления физической связи между животным и целью его действия. Служат для добывания пищи, но могут выполнять также комфортную, коммуникационную или агрессивную функцию.

Орудийные действия животных и проблема зарождения трудовой деятельности

При сопоставлении приведенных данных по разным группам животных напрашивается вывод, что у обезьян, особенно человекообразных, орудийные действия отличаются большей гибкостью, что они более изобретательны в применении и особенно в подготовка орудий, их приспособлении к предстоящей операции. Человек же не может существовать без созидательного труда – пусть в самых примитивных формах.

Компенсаторное манипулирование и его превращение в орудийную деятельность высшего порядка составляли, надо думать, основное содержание предыстории антропогенеза, причем это относится, конечно, не только к обращению наших животных предков с палками, но и с камнями и другими предметами. Необходимо также подчеркнуть, что это не единственный биологический фактор исключительно сложного процесса возникновения и становления человека. Однако при всем многообразии факторов первопричиной всех отличительных психических способностей обезьян, прогрессивного развития их головного мозга, а вместе с тем и направления эволюции в сторону человека являлись в конечном счете отмеченные специфические морфофункциональные особенности их грудных конечностей и способность к выработке сложных форм компенсаторного манипулирования. Можно полагать, что не будь у ископаемых человекообразных обезьян этой способности и не будь тех великих перемен в природе, которые привели их в обедненную обстановку открытых пространств, то, невзирая на все прочие предпосылки, обезьяна никогда не превратилась бы в человека.

Орудийная деятельность – особая категория индивидуального поведения, когда одни предметы окружающей среды используются для воздействия на другие в качестве средств, повышающих эффективность поведения в какой-либо сфере жизнедеятельности или даже уровень всего поведения в целом (Фабри, 1980). Это, несомненно, важная категория поведения, особенно в связи с проблемой разума животных. Однако она не столь универсальна, как рассмотренные выше, потому что к использованию орудий прибегают относительно немногие животные, причем в определенных и достаточно редких ситуациях.

Задание

1) Используя дополнительную литературу, дайте характеристику орудий труда и деятельности, в которой они были задействованы животными. Какие животные прибегали к использованию орудий труда? Проведите аналогию с лабораторными животными (крыса, енот).

Контрольные вопросы

1. Опишите орудия труда животных.
2. Какова основная трудовая деятельность Homo sapiens?
3. Приведите примеры способностей животных к орудиям труда.

ЗАНЯТИЕ 17. Стресс – возникновение и значение. Стадии стресса

Цель занятия: Изучить понятие «стресс», рассмотреть стадии стресса.

Стресс – это естественная реакция организма на воздействие любого резкого раздражителя окружающей среды.

В 1936г. канадский ученый Г. Селье ввел понятие «стресс». Под стрессом или общим адаптивным синдромом, он понимал состояние, в котором оказывается организм под воздействием различных факторов окружающей среды, а факторы, способные вызывать однородные ответные реакции организма, назвал стрессорами.

Сущность возникающих в организме изменений, при стрессе, тождественна, поэтому Г. Селье и назвал их специфическим синдромом. В процессе своих исследований он обратил внимание на то, что любые воздействия различные по силе и природе (физические воздействия, инъекции, радиоактивное излучение) вызывают очень похожие изменения в организме: увеличение коркового слоя надпочечников с уменьшением в нем липоидов и холестерина, инволюцию тимико-лимфатического аппарата, эозинопению, возникновение язв желудочно-кишечного тракта и др.

Однако ответный синдром не заканчивается этой реакцией. Если воздействие вредных агентов, способных вызывать указанную реакцию, продолжается довольно длительное время и животное не погибает, то в этом случае можно говорить о возникновении адаптации или резистентности организма. Если же стрессор чрезвычайный, очень сильный и животное не в состоянии с ним справиться, то оно погибает в первые дни или даже часы после столкновения с вредным агентом. Следовательно, ни один живой организм не может постоянно находиться в состоянии «боеготовности»: он либо приспосабливается к новым условиям существования, либо погибает. Изучая ответную реакцию различных животных на те или иные стресс-факторы, Ганс Селье подразделил её на три стадии:

1. Стадия тревоги или мобилизации. В этой стадии происходит общая мобилизация защитных механизмов организма – усиливаются процессы распада органических веществ в тканях, (катаболизм) происходит усиленное выделение адреналина – гормона хромаффинной ткани надпочечников, под воздействием которого мобилизуются энергетические ресурсы. Организм как бы

«подтягивает силы» в виде глюкозы и резервного жира к мозгу и мышцам. Обычно фаза тревоги продолжается от 6 до 48 ч. после этого организм животного либо погибает, (если очень сильный стрессор) либо переходит в следующую стадию;

2. Стадия резистентности или адаптации. Эта стадия развивается при продолжительном действии стресс – фактора и характеризуется усилением функции надпочечников, а также ростом общей резистентности организма.

В этой стадии нормализуется обмен веществ, наблюдается разжижение крови, нормализуется содержание клеток белой крови и кортикостероидных гормонов.

В практике животноводства в большинстве случаев стрессовое состояние проходит в своём развитии только две стадии: тревоги и резистентности.

Однако при интенсивно медлительном воздействии раздражителя на организм может иметь место и третья стадия.

3. Стадия истощения. Она возникает, когда адаптивная деятельность надпочечников, несмотря на их гипертрофию, и других систем организма угнетается. Признаки этой стадии схожи с первоначальной реакцией тревоги, но в стадии истощения они резко усиливаются и приводят к различным дистрофическим расстройствам. А затем наступает дистресс. Организм "выбирает", чем бы ему заболеть. Болезнь нащупывает самое ослабленное звено, самое уязвимое место. Продолжение стресс-фактора и возникновение дистресса в третьей фазе приводит к необратимым изменениям в организме и в конечном итоге вызывает гибель животного. Однако не все стрессоры при воздействии на организм вызывают строго отрицательный эффект. В племенном животноводстве первостепенную роль играет получение стрессоустойчивых и физически сильных животных с хорошими воспроизводительными способностями, факторы внешней среды могут быть полезными тренирующими стимулами, способствующими формированию и поддержанию защитных сил организма на высоком уровне.

Задание

1) Используя дополнительную литературу, изучите стадии ответной реакции Г. Селье. Что может выступать стрессором? Приведите примеры.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «стресс».
2. Опишите стадию резистентности и адаптации.
3. Какова профилактика стресса?

ЗАНЯТИЕ 18. Стресс. Формы поведения при стрессе. Профилактика стресса у сельскохозяйственных животных

Цель занятия: Изучить формы поведения при стрессе.

В животноводстве с внедрением технологических элементов, которые ограничивают возможности учета индивидуальных особенностей животных, важнейшей является проблема приспосабливания организма к новым условиям.

Природа и физиологические свойства животного, формировавшиеся в течение многих веков, не в состоянии изменяться с такой же быстротой, с какой изменяются условия окружающей среды и технология ведения животноводства. Поэтому возникает несоответствие между биологической природой организма, его физиологическими возможностями и окружающей средой, т. е. состояние стресса.

В последнее время стресс чаще определяют, как совокупность общих стереотипных ответных реакций организма на действие различных по своей природе сильных раздражителей, а его клиническое проявление в организме – общим адаптационным синдромом. Следовательно, стресс по своему характеру – синдром специфический, а по происхождению – неспецифический. Неспецифичность формирования стресса определяется тем, что возникает он при воздействии на организм различных раздражителей – механического, химического, биологического и психического характера.

Стрессовые реакции организма животных могут вызывать и отрицательные, и положительные последствия. Все определяется характером, видом, назначением животного и физиологическим состоянием.

Различают микроклиматические, кормовые, транспортные, промышленно-технологические, физиологические стрессы и стрессы, связанные с проведением ветеринарно-профилактических и зоогигиенических мероприятий.

Одним из важнейших факторов является температура. Для каждого вида и возраста животных существуют определенные температурные зоны, при которых организм затрачивает минимальное количество энергии для сохранения нормальной температуры тела. При отклонении от критических температур организм уже не в состоянии поддержать постоянство гомеостаза с помощью теплорегуляционных механизмов, следствием чего являются гипо- и гипертермия. Если эти условия продолжаются долго, наступает смерть животных.

Стрессы, наблюдаемые у животных при высоких температурах воздуха, принято называть тепловыми, при низких – холодовыми.

Тепловой стресс. Если температура внешней среды поднимается выше верхней границы термонейтральной зоны, то животные испытывают тепловой стресс. Повышение температуры в помещении выше 30°С сопровождается у молочных коров падением теплообразования, учащением дыхания и снижением продуктивности. Длительное пребывание животных в условиях высокой температуры, особенно если она сочетается с большой влажностью, может привести к тепловому удару и даже гибели животного.

Из сельскохозяйственных животных лучше всего переносят высокие температуры овцы. В основе механизма сравнительно хорошей защиты от жары лежит функция густого шерстного покрова, который отражает значительную часть длинноволновых лучей и тем самым препятствует проникновению тепла к коже.

Холодовой стресс. При снижении температуры внешней среды значительно ниже границы комфортной зоны животные испытывают холодовой стресс. Снижение температуры внешней среды ниже критической ведет к повышению обмена веществ у крупного рогатого скота на 23%, у свиней – на 4%. При кормлении вволю у животных развивается адаптационный синдром.

Наиболее чувствителен к низким температурам молодняк. В первый месяц жизни у молодняка наблюдается незрелость терморегуляционных процессов, что является одной из основных причин его низкой естественной резистентности в этот период.

Неблагоприятное влияние на организм животных могут оказывать и такие факторы внешней среды, как относительная влажность воздуха, скорость его движений и газовый состав, а также запыленность и бактериальная обсемененность.

Технологические стрессы. Резкое изменение условий содержания по сравнению с традиционными отрицательно влияет на животных: высокая плотность размещения, недостаточный фронт кормления, несоответствующая длина стойла, чрезмерный шум, неправильный уклон полов и т. д. Косвенное влияние технологических стрессов сводится к нарушению привычного суточного режима или определенного стереотипа. Прямое воздействие технологического стресса видно сразу, и его можно частично быстро устранить, косвенное влияние обычно удается заметить с большим опозданием, когда оно уже проявилось в снижении продуктивности животных.

Для сельскохозяйственных животных характерна высокая степень стадной организованности. Формирование группы вызывает сильную стрессовую реакцию, связанную с необходимостью установления определенного рангового порядка в группе. Чаще вновь поступившие животные подчиняются «старожилам». При формировании группы следует учитывать реакции животных.

Чем чаще проводят перегруппировки и комплектование новых групп, тем сильнее и продолжительнее стрессовые реакции. Особенно сильно реагируют на перегруппировки высокопродуктивные животные.

При групповом содержании животных существенное значение имеют не только величина групп, но и плотность размещения.

Стрессовые ситуации могут создаваться, если животные не обеспечены необходимым фронтом кормления, что увеличивает частоту агрессивных столкновений между животными и сокращает время поедания корма, особенно у робких и слабых.

Таким образом, причинами стрессовых ситуаций могут быть нарушение микроклиматических условий, групповое содержание, перегруппировка, высокая плотность и др.

Транспортные стрессы. Транспортный стресс является одним из самых тяжелых, которым подвергаются сельскохозяйственные животные. При транспортировке стрессовое воздействие слагается из многих факторов, возникающих при погрузке, нарушении группы, выгоне из станка к транспортным средствам. Следствием транспортного стресса являются потеря упитанности, живой массы, снижение защитных сил организма, падеж животных, травматизм, ухудшение качества мяса, уменьшение убойного выхода.

Методы профилактики стрессов у животных.

Предупреждение или снижение отрицательного воздействия стрессов на организм животных основывается на двух принципах. Инженерно-технологический подход предусматривает создание оптимальных условий кормления, содержания и четкого выполнения правил транспортировки животных. Второй подход – фармакологический, предполагает применение фармакологических препаратов.

Организм животных находится под постоянным действием различных климатических стрессов, а при содержании в закрытых помещениях – под влиянием окружающей и локализованной среды – микроклимата.

При любом способе содержания следует максимально учитывать биологические особенности животных, создавать им оптимальные условия обитания.

Однако достичь желаемого результата указанными приемами удается далеко не всегда. Поэтому приходится часто применять фармакологические средства – транквилизаторы, а для профилактики стресса – естественные адаптогены.

Одной из центральных проблем совершенствования современной технологии промышленных комплексов является повышение адаптационного потенциала животных, для чего необходимы введение новых элементов технологии и направленный отбор животных с высокой наследственной стрессоустойчивостью.

Задание

1) Подробно изучите каким формам стресса подвержены сельскохозяйственные животные. Что посоветуете начинающему фермеру, при учете стресс-факторов? Как уменьшить влияние стресса на организм животных?

Контрольные вопросы

1. Назовите основные формы поведения животных.
2. Какие виды стрессов встречаются в животноводстве? Расскажите о мерах их профилактики.
3. Какие основные факторы, влияющие на поведение и адаптацию животных, вы знаете?

Рекомендуемая литература

1. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М. : Психология, 1980. – 216 с.
2. Вагнер, В. А. Биологические основания сравнительной психологии : (Биопсихология) / [Соч.] Владимира Вагнера, д-ра зоологии и пр.-доц. Имп. Спб. ун-та. Т. 1 – 2 ; М. : т-во М.О. Вольф, 1910 – 1913. – 2 т. ; 25.
3. Вагнер, В.А. Психология животных : (Попул. лекции) / Владимир Вагнер, д-р зоологии, прив.-доц. Имп. М. ун-та. – 2-е изд. – Москва : типо-лит. т-ва И.Н. Кушнерев, 1902. – 209 с.
4. Войтонис, Н.Ю. Предыстория интеллекта. К проблеме антропогенеза : АН СССР., М.; Л., 1949. – 269 с.
5. Дарвин, Ч. О выражении эмоций у человека и животных : Соч. Т. 5. – АН СССР, М., 1953.
6. Дембовский, Я. Психология обезьян., М. : Иностр. лит., 1963. – 331 с.
7. Дьюсбери, Д. Поведение животных : Сравнит. Аспекты; Пер. с англ. И.И. Полетаевой. – М. : Мир, 1981. – 479 с.
8. Крушинский, Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности : эволюционные и физиологогент. аспекты поведения. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : изд-во МГУ, 1986. – 270 с.
9. Ладыгина-Котс, Н. Н. Исследование познавательных способностей шимпанзе. М., Петроград : Гос. изд-во, 1923. – 498 с.
10. Ладыгина-Котс, Н.Н. Конструктивная и орудийная деятельность высших обезьян (шимпанзе). – М. : АН СССР., Ин-т философии, 1959. – 399 с.
11. Ладыгина-Котс, Н.Н. Предпосылки человеческого мышления : (Подражательное конструирование обезьяной и детьми). – М. : АН СССР, 1965. – 110 с.
12. Ладыгина-Котс, Н. Н. Развитие психики в процессе эволюции организмов. М. : Сов. Наука, 1959. – 239 с.
13. Леонтьев, А. Н. Проблемы развития психики. 3-е изд. М., 1972. – 526 с.
14. Лоренц, К. Кольцо царя Соломона; Пер. с англ., предисл., примеч. Е.Н. Панова. –3-е изд. – М. : Знание, 1970. – 208 с.
15. Лоренц, К. Человек находит друга. – М. : Изд-во МГУ, 1971. – 175 с.
16. Мак-Фарленд, Д. Поведение животных. Психобиология, этология и эволюция; Пер. с англ. Н.Ю. Алексеенко и др. – М. : Мир, 1988. – 518 с.
17. Нестурх, М.Ф. Приматология и антропогенез : (Обезьяны, полуобезьяны и происхождение человека). – М., 1960. – 187 с.
18. Орбели, Л. А. Вопросы высшей нервной деятельности : Лекции и докл. ; М., 1949. – 599 с.

19. Панов, Е. Н. Знаки, символы, языки / 2-е изд., доп. – М. : Знание, 1983. – 247 с.
20. Понугаева, А.Г. Импринтинг (запечатлевание) / АН СССР. Сиб. отдние. Ин-т физиологии. – М. : Наука. Л., 1973. – 101 с.
21. Промптов, А. Н. Очерки по проблеме биологической адаптации поведения воробьиных птиц / АН СССР. Ин-т эволюционной физиологии им. И.М. Сеченова. – М.; Л., 1956. – 311 с.
22. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии : в 2-х т. / АН СССР. – М. : Педагогика, 1989. – 322 с.
23. Рулье, К.Ф. Избранные биологические произведения / Ред., статья и коммент. Л.Ш. Давиташвили и С.Р. Микулинского. – М. : Изд-во АН СССР, 1954. – 688 с.

Оглавление

Предисловие 3
Занятие 1. История становления науки 4
Занятие 2. Методы изучения поведения и психики животных 5
Занятие 3. Элементарная рассудочная деятельность животных-методы изучения. Разумны ли животные 7
Занятие 4. Элементарная рассудочная деятельность животных-методы изучения. Социальное поведение животных 8
Занятие 5. Способности к символизации. Птичьи языки. «Разговор» с обезьянами. Речь человека 10
Занятие 6. Основные характеристики сознания, самосознания у животных, «социальные знания», «социальные манипулирования». Методы изучения 13
Занятие 7. Коммуникативность и социальная организация жизни внутри вида. Типы сообществ. Иерархичность сообществ 15
Занятие 8. Проблема наследуемого и приобретённого в поведении. Особенности наследования психических свойств 18
Занятие 9. Наследование социального типа поведения. Агрессивное и альтруистическое поведение. Наследование умственных способностей 20
Занятие 10. Ритуализация и коммуникация 22
Занятие 11. Определение понятие «мышления» у животных. Способность к рассуждению 26
Занятие 12. Сенсорные способности животных. Сенсорная рецепция. Сенсорные системы. Сенсорные пороги. Методы изучения 29
Занятие 13. Особенности психики и поведения беспозвоночных. Способности насекомых к научению 32
Занятие 14. Приматы и человек – сравнительный аспект. Развитие нервной системы в филогенезе и онтогенезе у приматов. Путь к виду Homo sapiens 35
Занятие 15. Проблемы поведения вида Homo sapiens. Очеловечивание мира. Проблемы антропогенеза в психологии 39
Занятие 16. Орудия труда – признаки и назначение. Трудовая деятельность вида Homo sapiens. Орудийная деятельность у животных 41
Занятие 17. Стресс – возникновение и значение. Стадии стресса 43
Занятие 18. Стресс. Формы поведения при стрессе. Профилактика стресса у сельскохозяйственных животных 45
Рекомендуемая литература 49

Учебное издание

Акимов Александр Леонидович
Тарабрин Василий Владимирович

ЗООПСИХОЛОГИЯ

Методические указания

Подписано в печать. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,02; печ. л. 3,25.
Тираж 50. Заказ № 322.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

Л. М. Зайцева

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА

Методические указания
для обучающихся по направлению 06.03.01 Биология

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 574 (07)
ББК 40. Р
317

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Зайцева, Л. М.

317 Ознакомительная практика : методические указания. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ , 2022. – 32 с.

Учебное издание позволит обучающимся закрепить основные теоретические знания, в процессе прохождения летней практики и освоения методик сбора информации и материала. Оно предназначено для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнология и ветеринарная медицина», обучающихся по направлению 06.03.01 Биология.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Зайцева Л. М., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное издание является методическим обеспечением ознакомительной летней практики студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

Практика студентов является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется подготовка студентов к профессиональной деятельности.

Цель методических указаний - способствовать закреплению основ теоретического обучения и практических навыков, полученных при выполнении лабораторных работ, предшествующих производственным практикам; подготовка студента к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению исследований в рамках выпускной квалификационной работы.

Данные методические указания позволят обучающимся получить основные сведенья о цели и задачах ознакомительной практики. В методических указаниях подробно раскрыта информация об техники безопасности студента во время прохождения практики, этапы изучения тем. В методических указаниях подробно изложены требования по отчету по практике с подробным описанием содержанием его разделов.

МЕСТО ПРАКТИКИ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Ознакомительная практика предусмотренная учебным планом подготовки, бакалавров по направлению подготовки 06.03.01 Биология, профиль подготовки: «Биоэкология».

Процесс прохождения учебной практики направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП):

-обладать способностью эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных работ.

Цель издания: закрепить основные теоретические знания, в процессе прохождения летней практики.

Также обучающиеся, в процессе практики должны приобрести навыки:

а) проведение полевых исследований в природных экосистемах;

б) освоение методик для сбора анализов;

в) составление отчетов о летней практике.

Основные задачи практики:

1. Сформировать у студентов представления о беспозвоночных, населяющих водные, почвенные и наземные биоценозы, поскольку знание видового многообразия животных, их численности, трофических связей, особенностей размножения и развития позволяет разносторонне оценить сложные взаимоотношения, возникающие в естественных сообществах. Отсюда вытекает вторая важная задача учебной практики — изучение на конкретных примерах адаптивных особенностей организации и поведения беспозвоночных, обитающих в различных экологических условиях.

2. Изучить на конкретных примерах адаптивных особенностей организации и поведения беспозвоночных, обитающих в различных экологических условиях. Например, при наблюдении за водными, почвенными и наземными животными студенты изучают их специфические структуры, механизмы дыхания, питания, движения, а также процесс размножения.

3. Приобретение навыков проведения наблюдений в природных и лабораторных условиях, освоение методов изучения характера приспособительных черт организации и поведения, животных в разных средах и местообитаниях, умение правильно собрать

и грамотно оформить собранный материал необходимый студентам для будущих научных исследований.

4. Серьезное внимание во время учебной практики уделяется проблемам охраны живой природы, сохранения природных зоо- и биоценозов. Основным группам беспозвоночных и позвоночных, подлежащим охране, поскольку они находятся либо под угрозой исчезновения, либо численность и ареал их резко сокращаются в результате прямого истребления, разрушения их мест обитания или по другим причинам.

ПРАВИЛА ПРОХОЖДЕНИЯ ЛЕТНЕЙ ПРАКТИКИ

Этапы проведения экскурсии и исследования

Экскурсия и исследование осуществляются в несколько этапов – подготовительный, сбор материала в поле, камеральная обработка, обобщение, практическое использование полученных результатов (в частности в курсовой работе или школьном курсе биологии). Последовательность этапов может быть другой, этапы могут повторяться в процессе корректировки исследовательской работы и экскурсии.

Протоколы работы и дневники наблюдений

Запись наблюдений имеет в полевых исследованиях наземных и водных позвоночных исключительно большое значение. Только запротоколированный факт имеет подлинную научную ценность и представляет собой настоящий документ. Запись наблюдений необходимо делать сразу же после наблюдения, ни в коем случае не полагаясь на память (даже при исключительной памяти обилие разнообразных впечатлений может отразиться на точности и достоверности отсроченной фиксации увиденного). При этом можно вести запись сначала на диктофон, затем переносить ее на цифровые или бумажные носители. В записях нужно разграничивать твердо установленные факты от догадок, предположений и сведений, собранных путем опроса других лиц.

Существует несколько способов записи наблюдений, но независимо от того, какой из них используется, необходимо соблюдать некоторые общие правила:

- производить записи немедленно или вскоре после наблюдения;

- запись наблюдения делать с предельной точностью и ясностью;
- всегда указывать дату, время, место и условия наблюдения;
- запись делать разборчиво, по возможности без сокращений; если используются сокращения, то они расшифровываются сразу по возвращении с экскурсии.

Тщательное, аккуратное оформление записей чрезвычайно облегчает их последующую обработку.В качестве полевого дневника удобно использовать записные книжки с плотной бумагой, в твердом переплете, формата приблизительно 8×11 см. При таком размере дневник свободно помещается в кармане полевой куртки. Записи делаются мягким (2М, В, НВ) простым карандашом или шариковой ручкой, желательно на одной стороне листа. Дневники нумеруются, и на первой странице делается надпись, указывающая период наблюдений, фамилию автора и его адрес с просьбой о возвращении в случае потери.

Наиболее распространенным видом дневника является *хронологический дневник.* Его часто называют *дневником первичных записей*. В нем наблюдения протоколируются ежедневно и по порядку. В начале записи указывается число и день недели, затем дается краткая характеристика погоды, далее – экскурсионный маршрут за день и, наконец, следует подробное изложение произведенных наблюдений. Такой дневник имеет те преимущества, что в нем детально фиксируются ход и условия работы, точно отражается последовательность развития сезонных явлений, что позволяет сформировать ясное представление об общих закономерностях в природе в разные годы. А сама техника записей в этом случае максимально простая. Серьезным недостатком хронологических дневников является сложность выборки данных по отдельным видам, местообитаниям и другим вопросам.

Другой вид дневников – *предметный*, или *тематический*. Он часто напоминает лабораторный журнал, его страницы обычно имеют вид таблиц, в которые вносятся данные. Нередко дневник заменяется *карточками* разного формата. В них или в дневниках фиксируются сведения по каждому виду или вопросу последовательно, по мере накопления, в заранее продуманной и подготовленной форме. Содержание и форма самой простой карточки или таблицы представлены ниже.

№ карточки

Вид животного (гнездо, отпечаток следа и т.п.)	
Дата в время наблюдения	
Место наблюдения	
Абиотические характеристики (t °C, направление ветра, осадки)	
Ф.И.О. наблюдателя	

Фиксация записей в виде таблиц, особенно в приложении Microsoft Office Excel, позволяет обрабатывать данные по видам, биотопам, сезонам, времени суток и т.д. Заполнять такие карточки или таблицы желательно сразу после экскурсии.

Делая первичные записи в полевом дневнике, желательно записывать не только целевые наблюдения (наблюдения объекта исследования), но и другие натуралистические факты, которые в последующем анализе материалов наблюдений позволят сделать более точные оценки и выводы. Как образец работы можно рекомендовать дневник Ч. Дарвина во время его путешествия на «Бигле» (Дарвин, 1935).

Современное полевое зоолого-экологическое исследование должно дополняться графическим материалом – картосхемами, рисунками, фотографиями, а также аудио- и видеозаписями.

Карта или план местности необходимы для полевой работы как в период подготовки, когда происходит предварительное заочное ознакомление с районом и намечаются основные участки и маршруты, так и во время работы в поле. Поэтому следует заранее обеспечить себя как можно более подробными и точными картами и планами или расшифрованными планшетами аэро-фото,- и космической съемки. В северных лесных районах можно использовать планы леспромхозов с нанесенной на них квартальной сетью, сильно облегчающей не только ориентировку на местности, но и нанесение на карту нужных зоологу данных. Часто кварталы имеют стороны всего в 1 км, а в пределах квартала на плане могут быть обозначены так называемые «выделы», т.е. отдельные участки леса или других угодий. Такие подробные планы представляют исключительную ценность и удобство.

Полезный планово-картографический материал можно получить в местных органах управления, охотничьих хозяйствах, а также у геологов, почвоведов и у геоботаников. Геоботанические карты и планы заслуживают наибольшего внимания в силу исключительного значения растительных сообществ для жизни животных. Карты растительности дают исходный материал для

последующей зоолого-экологической оценки. Карты и схемы используются для ориентирования на местности, для нанесения на них маршрутов, учетных линий, пробных площадок и т.д., а также для биосъемки, т.е. для нанесения на нее различных специальных зоологических данных – распространения наиболее важных видов животных, мест их массового скопления, зимовок, путей миграций и кочевок, плотности населения, численности, местонахождения нор, гнезд, колоний, солонцов, водопоев, распределения кормовых ресурсов, изохрон фенологических явлений и т.п.

Если возникает необходимость картирования отдельных небольших участков, почему-либо особенно важных для работы – водоемов, заселенных ондатрой, выхухолью или водоплавающими птицами, колоний, нор или гнезд, то необходимо познакомиться с методикой глазомерной съемки хотя бы в кратком изложении и включить в научное снаряжение необходимое для нее оборудование: планшет, компас, трехгранную линейку, миллиметровую бумагу, желательно шагомер.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Водная фауна (рек Б.Кинель, Самара; мелкие закрытые водоемы).

Цель работы: изучение видового состава беспозвоночных и позвоночных животных данных биотопов: обследование водоемов, являющихся местом водопоя, на присутствие моллюсков и ракообразных - промежуточных хозяев паразитических червей.

Провести обследование водоема и составить его характеристику.

Пронаблюдать за поведением птиц (полет, плавание, питание и т. д.). Определить основные виды птиц, обитающих в данном биотопе (чайки, крачки, утки, кулики, цапли и др.).

Найти следы жизнедеятельности млекопитающих (норы, погрызы и т. д.).

Определить видовой состав амфибий и рептилий: пронаблюдать за их поведением.

Пронаблюдать за поведением беспозвоночных животных в воде и прибрежной зоне. Отловить беспозвоночных животных с поверхности воды и придонной части водоема. Обратить внимание на разнообразие адаптации водных обитателей в связи с условием их жизни.

Изучить организмы пресных вод. Планктон, бентос, нейстон, перидонтон, рыба. Питание водных животных и методы учета.

2. Наземно-воздушная фауна открытых биотопов (луг, поле, лес, район Кинельский и Алексеевский,).

Цель работы*:* изучить фауну беспозвоночных и позвоночных животных данных районов.

Изучить беспозвоночных, имеющих полезное и вредное значение в сельском хозяйстве (опылители, вредители сельскохозяйственных культур, эктопаразиты животных).

Выполнение работы:

Пронаблюдать за поведением насекомых открытых биотопов, обратить внимание на насекомых-опылителей и вредителей.

Изучить особенности строения почвенных обитателей, связанные с особенностями их обитания.

Провести сбор обитателей почвы.

Познакомиться с обитателями отдельных древесных и кустарниковых пород, пней, поваленных деревьев.

Изучить видовой состав амфибий и рептилий, обитающих в открытых биотопах.

Определить видовой состав орнитофауны луга, поля, леса.

Найти следы жизнедеятельности млекопитающих.

3.Стратегия охраны природы.

Охрана природы в черте города (парки, набережные и т. д.).

Биологическая очистка сточных вод.

1. Методы биологической очистки (водоканал, очистные сооружения).

2. Контроль за методами биологической очистки сточных вод (центральная лаборатория водоканала).

3. Оформление дневника (кафедра).

4. Ознакомление с работой областного комитета природных ресурсов.

1. Ознакомление с организационной структурой комитета.
2. Методы контроля за биосферой (мониторинг).
3. Методы эколого-химического анализа промышленных и с/х предприятий, вод, почв и воздуха санитарных зон области.
4. Оформление дневника и проведение зачетного занятия

Полученные в процессе работы, данные ежедневно заносятся в дневник, там же делаются необходимые зарисовки. В конце

практики каждый студент представляет дневник и отчитывается по результатам проведенных исследований.

Перечень, лабораторного оборудования, материалов, снаряжения для проведения полевых наблюдений

Для выполнения заданий практики создаются бригады из 3 человек. Каждая бригада должна иметь:

1. сачок;
2. стеклянные банки - 3 шт;
3. чашки Петри 1 - 2 шт;
4. пинцет;
5. пакет полиэтиленовый;
6. вату;
7. марлю;
8. бумагу;
9. простые карандаши;
10. микрокалькулятор;
11. головные уборы.

Практика в полном объеме включает разделы: зоология беспозвоночных и позвоночных.

В конце практики каждый студент должен оформить дневник (Приложение 4) и отчёт о практике.

РАБОТА 1. МЕТОДИКИ ДЛЯ СБОРА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПОЗВОНОЧНЫХ

Цель работы: освоить методики для сбора беспозвоночных и позвоночных обитающих в различных экологических условиях.

Оборудование и снаряжение: энтомологический сачек, эксгаустер, морилки, сачок водный, сачок для ловли в воздухе, блокнот, карандаш, рулетка, веревка, белая ткань, совок, и др.

Для изучения беспозвоночных и позвоночных которые обитают на различных экологических нишах и в экологических условиях, необходимо использовать различные методики.

Для составления отчета о летней практике используйте (*Приложение 2).*

Методики для сбора анализов беспозвоночных
Оборудование для ловли и сбора насекомых

Приборов для сбора и учета насекомых требуется немного, причем большинство из них пригодно для ловли насекомых различных систематических и экологических групп. Из них важнейшим при любых энтомологических исследованиях является сачок.

Сачок, или энтомологическая сетка – это кольцо, на которое нашит мешок из той или иной ткани. Кольцо изготавливается из проволоки, толщина которой зависит от назначения сачка. Обычные размеры кольца – 30-40 см в диаметре.

Кольцо прикрепляется к палке. Проще всего прикрепить его наглухо: такое прикрепление наиболее прочно. Для этого, сделав из проволоки кольцо, отгибают оба его конца, а кончики отгибают под прямым углом и заостряют (рис.1). Эти кончики затем вбивают в палку, а прижатые к палке концы приматывают тонкой проволокой и изолентой. Для изготовления съемного обруча можно взять то же кольцо, но концы проволоки впаять внутрь металлической трубки, которая будет надеваться на палку. Материю для сачка выбирают различную, в зависимости от его назначения.

Сачок для ловли в воздухе. Он должен быть лёгким, с нежным и легко пропускающим воздух мешком. Для мешка берут органзу, капроновый тюль или марлю. Кольцо делают из стальной проволоки диаметром 3,5 мм (рис. 2.). В качестве палки идеально подходит бамбук.

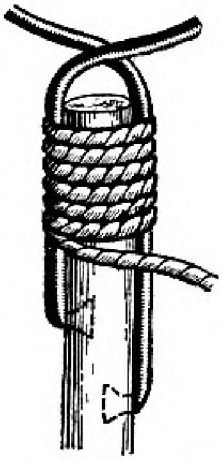


Рис. 1. Различные способы крепления сачка к палке

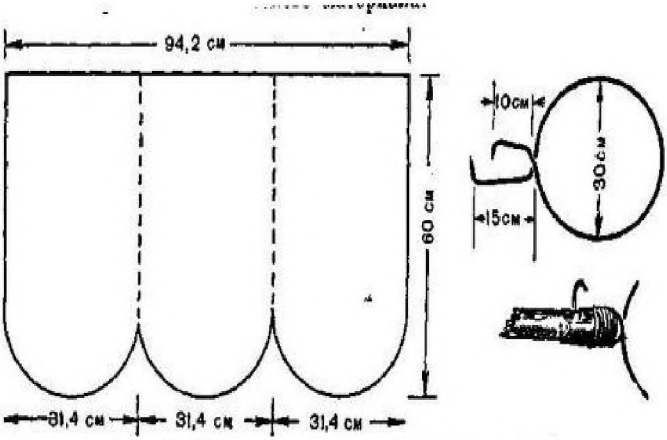


Рис. 2. Изготовление воздушного сачка

Сачок для кошения по траве. Он должен быть прочным, так как выдерживает большие нагрузки. Мешок делают из мельничного газа, коленкора или парашютного капрона. Обруч делают из стальной проволоки диаметром 4,5 мм.

Водный сачок. Этот сачок также должен быть прочным. Мешок делают из крупноячеистого мельничного газа или мелкой сетки с ячейками 1-1,5 мм. Обруч или другая форма из стальной проволоки диаметром 4-5 мм (рис. 3.).



Водный сачок рис.3.

При любом назначении сачка не следует пришивать мешок непосредственно к обручу. На обруч нашивается сначала неширокая полоса прочной ткани, а к ней пришивается мешок.

Мешок нужно шить в виде цилиндра с закруглённым дном. Глубина мешка должна быть в 1,25 раза больше диаметра обруча, у водного сачка в 2 раза больше диаметра обруча.

Морилки. В качестве морилок можно использовать любую прозрачную посуду подходящего размера – от пузырька из под таблеток до литровой банки. Главное, чтобы посуда была прозрачной и хорошо закрывалась пробкой (рис. 4.).

На дно морилки нужно положить салфетку или спонжик, которые будут предотвращать слипание насекомых в морилке при ее транспортировке.

В качестве усыпляющего вещества лучше всего использовать серный эфир, уксусный эфир или хлороформ. Для морения насекомых этими веществами достаточно намочить ими ватку, прикрепленную к внутренней стороне крышки морилки. Вместо серного эфира можно применять капли, изготовленные на эфире.



Рис 4. Морилка



Рис.5. Эксгаустер

Эксгаустер. Эксгаустер, или всасыватель – специальный прибор, предназначенный для сбора мелких насекомых путем их засасывания в приемную камеру. Состоит эксгаустер из стеклянной колбы с резиновой трубкой. Заменить эксгаустер можно самодельным всасывающим устройством (рис.5.). Сбор насекомых с помощью эксгаустера производится с поверхности листвы, почвы, с ткани, в любых других случаях, когда собрать мелких насекомых другими средствами оказывается невозможно.

Методика сбора и учёта насекомых методом кошения

Кошение –один из основных методов изучения энтомофауны **травяного яруса**, дающий возможность оценить как видовой состав, так и численность населения насекомых.

Для кошения используется **воздушный сачок**, сделанный из прочной проволоки и нейлоновой ткани белого цвета.



Рис. 6. Метод кошения

При кошении сачком **резко проводят** по траве и тонким побегам кустарников несколько раз подряд без перерыва (от 10 до 50-100 раз в серии). При взмахах обруч сачка должен следовать по восьмеркообразной траектории, после чего (до следующей серии взмахов) его следует расположить вертикально (повернуть на 180 градусов) так, чтобы мешок повисал на обруче и тем самым закрывал проем, не позволяя вылетать попавшим туда насекомым.

По окончании серии **взмахов** сачок осматривают и вынимают из мешка попавших туда насекомых. Так как в сачок при кошении попадают и подвижные насекомые, то осматривать мешок нужно осторожно: обычно его перехватывают левой рукой, а затем, слегка распустив стянутое место сачка над морилкой, перегоняют в нее наиболее подвижных насекомых. Выбрав из сачка всех насекомых, мешок выворачивают, вытряхивают набившийся

туда мусор и продолжают косить. При выборке насекомых из сачка полезно тут же произвести первичную сортировку: более нежных насекомых (клопов, мелких бабочек и т.п.) поместить в отдельную морилку (рис. 4.).

При большом количестве активно двигающихся насекомых и малом навыке их разбора в живом виде можно помещать часть мешка с попавшими туда насекомыми в полиэтиленовый пакет с эфиром или другим усыпляющим веществом – в большую «морилку». Мешок с насекомыми и мусором следует при этом несколько раз перекрутить, а опустив его в «морилку» – затянуть горло пакета веревкой или резинкой. В морилке при этом концентрация усыпляющего вещества должна быть больше, чем в обычной морилке –следует положить в пакет несколько обильно смоченных ваток. Содержимое мешка в «морилке» следует несколько раз перетряхивать, ожидая, пока все насекомые погибнут. Такой способ несколько хуже других, так как требует больше времени – по 15-20 минут после каждой серии взмахов.

Косить можно везде, по любой травянистой растительности, по кустарникам, по нижним ветвям деревьев. Особенно богатые укосы дают сильно заросшие пустыри, пойменные луга, лесные поляны и опушки. В различные часы дня ловятся разные насекомые, поэтому косить следует не только днем, но и вечером. Не стоит косить рано утром по росистой траве или после дождя: сачок намокает и большинство насекомых в нем сильно портится.

При кошении следует идти против солнца, кося перед собой, так как тень собирателя, упавшая на растения, спугивает сидящих на них насекомых (они падают на землю или летают).

Сбор насекомых методом кошения является одновременно и самым распространенным методом учета плотности насекомых. При учете плотности, придерживаются жесткого стандарта в размерах сачка и способе кошения – применяется сачок с диаметром обруча 30 см, глубиной мешка 65 см и длиной ручки 1-1,5 м. Учет проводят на 50 или 100 восьмеркообразных взмахов.

Учетный маршрут должен пролегать через наиболее типичную и достаточно однородную местность.

Для расчета численности насекомых на единицу площади используется формула:

$$P = N / 2 R L n ;$$

где P – количество насекомых на 1 квадратный метр (плотность), N – число насекомых, пойманных при кошении, R – радиус сачка (в метрах), L – средняя длина пути, проходимая обручем сачка по травостою при каждом взмахе (в метрах), n – число взмахов сачком.

Для этого способа ловли используют легкий энтомологический сачок.

Данным методом добывают дневных (и отчасти ночных) бабочек, стрекоз, двукрылых. Очень удобна ловля насекомых во время лета на вечерней заре. Стоя лицом к закату, можно различать в воздухе даже очень мелких насекомых. Лучшие места для такой ловли – опушки, лесосеки, склады дров и бревен в лесу, берега стоячих водоемов'.

Метод- ловли на лету, при ловле пролетающего насекомого сачком **быстро проводят в воздухе**, а поймав его сразу же поворачивают сачок так, чтобы мешок перекинулся через обруч, не давая попавшемуся насекомому вылететь.

При ловле насекомых, севших **на цветы или листья**, сачком быстро проводят по цветку так, чтобы захватить насекомое. При ловле насекомых на крупных зонтичных растениях нужно следить за тем, чтобы не сбивать сачком соцветия: оно может служить местом лова много дней подряд.

РАБОТА 2. СБОР И УЧЁТ НАСЕКОМЫХ ЛОВУШКАМИ БАРБЕРА

Этот метод применяется для сбора разнообразных ползающих насекомых, живущих в подстилке и на почве.

Стеклянные или консервные банки, пластмассовые стаканчики или жестяные цилиндры зарывают в землю так, чтобы их край находился на уровне земли. Необходимо позаботиться о защите этих ловушек от дождя (накрыть их деревянной щепкой, камнем, куском шифера и т.д.), но так, чтобы насекомые могли без труда проникнуть под крышу защитного предмета.

Иногда на дно ловушек кладут приманку – джем, кусочки мяса, формалин. В этом случае, однако, по данным такого сбора не могут быть рассчитаны показатели численности. Ловушки проверяют и чистят ежедневно. Расставляют их по линии – «линейной трансектой» (как правило по линии, пересекающей разные местообитания и биотопы) или ленточной трансектой, образованной

двумя линейными трансектами с расстоянием друг от друга в 0,5 или 1 м. При этом цилиндры могут располагаться как на одном уровне в обеих трансектах (попарно), так и в шахматном порядке.

Для отлова почвенных и напочвенных насекомых используются также траншеи (канавки), на дне которых также вкапывают ловушки. Верхний край ловушек должен находиться на уровне дна канавки. Ширина канавки, при этом, должна быть равной ширине горла ловушки, а глубина –10-15 см.

Для изучения населения насекомых на обширных территориях, или при изучении биотопических различий в населении насекомых, траншеи выкапывают по линии, проходящей через разные биотопы. Для микростациальных же исследований, где главным является обследование локального участка территории, рекомендуется использовать крестообразные канавки, на пересечении которых врыта ловушка (банка, стакан). Нерационально делать такие канавки длиннее 3-4-метров.

РАБОТА 3. МЕТОДЫ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ПТИЦ

Цель работы: научиться использовать методики для количественного учета птиц.

Оборудование и снаряжение: блокнот, карандаш, бинокль, определитель птиц, фотоаппарат.

Для определения учета численности птиц используют три основные группы методик:

1) методики картографирования территорий (площадочные учеты) применяется при необходимости получить точные (близкие к абсолютным) данные о численности разных видов на данном конкретном участке территории;

2) методики линейных трансектов (маршрутные учеты) для получения силами ограниченного числа наблюдателей данных об относительных плотностях населения птиц в разных биотопах при их небольшой мозаичности;

3) методики точечных учетов (точечные учеты) для слежения за изменениями численности разных (модельных) видов, а также для исследований в очень мозаичном ландшафте.

Общие требования к применению методов маршрутных учетов птиц

Методики маршрутных учетов рассчитаны, в первую очередь, на обследование больших по площади территорий –площадью не менее 1 квадратного километра. При обследовании такого участка учетный маршрут следует проложить по-возможности по прямой (пользуясь, например, квартальными просеками) или слегка извилистой линии (например, по лесной дороге). Можно, при этом, закладывать и кольцевые маршруты, но так, чтобы диаметр кругового маршрута или периметр обследуемого квадрата были не меньше 1,5-2 км.

Если необходимо исследовать небольшой участок местности (и только именно этот) площадью менее 0,5 кв.км., пользоваться маршрутным методом нежелательно – после пересчета данных на площадь он даст искаженные результаты. В этом случае лучше использовать площадочный учет или учет в точке.

В лесной местности маршрут удобно планировать по просекам и дорогам, если они достаточно узкие, что не влияет на размещение птиц. Следует избегать пролегания маршрута по границе между двумя разными биотопами (особенно – по опушкам).

Учетчик должен идти по маршруту медленно и часто останавливаться, чтобы слушать птиц и записывать наблюдения. Следует отметить, что поющие самец принимается за пару птиц. Если наблюдатель идет слишком быстро или слишком медленно, результаты будут не сравнимы. Рекомендуется учет проводить со скоростью от 1-1,5 км/час (в гнездовой сезон) до 2-5 км/час (зимой) – в зависимости от плотности птиц.

Не рекомендуется близко и надолго останавливаться возле сильно встревоженных птиц, поскольку тревожные крики могут привлечь соседних птиц к линии маршрута.

Регистрация наблюдений Во время учета все встречаемые птицы (за исключением тех, что находятся позади наблюдателя) регистрируются на схеме карточки маршрута (рис.10.), на которой вертикальными линиями показан сам маршрут и полосы по 25 м по обеим его сторонам (главная полоса учета).

Оставляется место и для отметки птиц, которые обнаружены дальше 25 м в дополнительной полосе учета. Две полосы вместе образуют общую полосу обследования.

На правом краю листа (при необходимости на обоих краях) наносится краткая характеристика биотопа, для удобства – символами. Горизонтальными линиями показываются границы между биотопами и/или участки маршрута длиной 100 метров.

На схеме, начиная с нижнего края, отмечаются все наблюдения с использованием условных символов и сокращенных названий птиц. Птицы отмечаются отдельно в главной (25 + 25 м) и дополнительной полосах учета, а также отдельно для каждого биотопа и/ или для каждых 100 метров маршрута.

Маршрут_____ Дата_____ Время_____

Погода_____

Дополнительная полоса	Главная полоса		Дополнительная полоса	Биотоп
Ворон	,,,, П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Соловей , ,,, ,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	400м Грач 300м	Смешанный лес: Сосна 2, Береза4, Дуб 1.
Кукушка	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, Дятел	П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	200м 100м Начало учета	Сосновый лес

Рис. 10. Схема карточки учета птиц на маршруте

Расчет относительной плотности популяции птиц

Для расчета следует проводить по формуле Р. Л. Наумова (1965):

$$M = \frac{m}{l \cdot 2d \cdot A}$$

где M − обилие вида; m − число учётных особей; l−длина маршрута(в километрах); 2d − ширина полосы обнаружения вида по обе стороны от оси маршрутного хода(в километрах); А− показатель активности вида.

Предположим, что учётчик прошёл 10 км маршрута и зарегистрировал 28 особей зяблика, полоса обнаружения данного вида – 180 м (по 90 м вправо и влево). Показатель активности зяблика 60%, т.е 0,6. Пройдя расчёт, получим:

$$M = \frac{m}{10 \cdot 0.18 \cdot 0.6} = 26 \text{пар/км}^2$$

Данные по численности птиц должны быть зафиксированы в отчете по практике и внесены некоторые дополнения. Карточка учета птиц должна прилагаться с отчетом. (*Приложение 3).*

Для определения учета численности птиц используют три основные группы методик:

1) методики картографирования территорий (площадочные учеты) применяется при необходимости получить точные (близкие к абсолютным) данные о численности разных видов на данном конкретном участке территории;

2) методики линейных трансектов (маршрутные учеты) для получения силами ограниченного числа наблюдателей данных об относительных плотностях населения птиц в разных биотопах при их небольшой мозаичности;

3) методики точечных учетов (точечные учеты) для слежения за изменениями численности разных (модельных) видов, а также для исследований в очень мозаичном ландшафте.

Общие требования к применению методов маршрутных учетов птиц

Методики маршрутных учетов рассчитаны, в первую очередь, на обследование больших по площади территорий –площадью не менее 1 квадратного километра. При обследовании такого участка учетный маршрут следует проложить по-возможности по прямой (пользуясь, например, квартальными просеками) или слегка извилистой линии (например, по лесной дороге). Можно, при этом, закладывать и кольцевые маршруты, но так, чтобы диаметр кругового маршрута или периметр обследуемого квадрата были не меньше 1,5-2 км.

Если необходимо исследовать небольшой участок местности (и только именно этот) площадью менее 0,5 км^2, пользоваться маршрутным методом нежелательно – после пересчета данных на площадь он даст искаженные результаты. В этом случае лучше использовать площадочный учет или учет в точке.

В лесной местности маршрут удобно планировать по просекам и дорогам, если они достаточно узкие, что не влияет на размещение птиц. Следует избегать пролегания маршрута по границе между двумя разными биотопами (особенно – по опушкам).

Учетчик должен идти по маршруту медленно и часто останавливаться, чтобы слушать птиц и записывать наблюдения. Следует отметить, что поющие самец принимается за пару птиц. Если наблюдатель идет слишком быстро или слишком медленно, результаты будут не сравнимы. Рекомендуется учет проводить со скоростью от 1-1,5 км/час (в гнездовой сезон) до 2-5 км/час (зимой) – в зависимости от плотности птиц.

Не рекомендуется близко и надолго останавливаться возле сильно встревоженных птиц, поскольку тревожные крики могут привлечь соседних птиц к линии маршрута.

Регистрация наблюдений. Во время учета все встречаемые птицы (за исключением тех, что находятся позади наблюдателя) регистрируются на схеме карточки маршрута (рис.10.), на которой вертикальными линиями показан сам маршрут и полосы по 25 м по обеим его сторонам (главная полоса учета).

Оставляется место и для отметки птиц, которые обнаружены дальше 25 м в дополнительной полосе учета. Две полосы вместе образуют общую полосу обследования.

На правом краю листа (при необходимости на обоих краях) наносится краткая характеристика биотопа, для удобства – символами. Горизонтальными линиями показываются границы между биотопами и/или участки маршрута длиной 100 метров.

На схеме, начиная с нижнего края, отмечаются все наблюдения с использованием условных символов и сокращенных названий птиц. Птицы отмечаются отдельно в главной (25 + 25 м) и дополнительной полосах учета, а также отдельно для каждого биотопа и/ или для каждых 100 метров маршрута.

При желании получить **более точные данные** можно разбить обследуемую полосу на более дробные категории, например отмечая птиц отдельно в полосах до 10 метров (для этих птиц коэффициент будет равен 100), 20 метров (К=50), 50 м (К=20) и т. д.

Полученные для каждой полосы обнаружения произведения суммируются и записываются в графу | n выборки. После этого полученное число делится на количество пройденных с учетом километров.

Маршрут_____ Дата_____ Время_____
Погода_____

Дополнительная полоса	Главная полоса		Дополнительная полоса	Биотоп
Ворон	,,, П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Соловей , ,,, ,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	400м Грач 300м	Смешанный лес: Сосна 2, Береза4, Дуб 1.
Кукушка	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, Дятел	П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	200м 100м Начало учета	Сосновый лес

Рис. 10. Схема карточки учета птиц на маршруте.

Для птиц, встреченных **летящими,** пройденное расстояние (L) заменяется на суммарное время учета в часах (Н), умноженное на 30 – среднюю скорость полета птиц в км/час: **n / (Н×30)**.

В графе N данные по плотности «сидящих» и «летящих» птиц суммируются.

Данные по численности птиц должны быть зафиксированы в отчете по практике и внесены некоторые дополнения. Карточка учета птиц должна прилагаться с отчетом. (*Приложение 3).*

РАБОТА 4. УСТАНОВЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ПОЗВОНОЧНЫХ С ПОМОЩЬЮ ОБЩИХ ЗООЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Цель работы: освоить методики по признакам подтверждающие нахождение позвоночных животных обитающих в биотопах.

Оборудование и снаряжение: бинокль, карандаш, рулетка, веревка, фотоаппарат, бинокль, штангельциркуль.

Общие естественнонаучные методы полевой работы. Часто необходимые данные по микроклимату гнезд или нор, по защитным условиям различных местообитаний, параметрам среды обитания (например, почвенным), по состоянию кормовых ресурсов и т.д. получают, используя многочисленные приемы и методы.

Общие зоологические методы полевой работы обычно подразделяют на:

- методы фаунистических исследований, позволяющие установить видовой состав животных, обитающих на интересующей территории;
- методы количественной оценки популяций;
- методы изучения размножения позвоночных животных;
- методы изучения питания животных;
- методы изучения и регистрации активности животных;
- методы изучения сезонных перемещений животных, в частности – миграций птиц. Все эти группы методов имеют специфические особенности при изучении представителей разных классов позвоночных животных – круглоротых, костных рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. В рамках практики по зоологии позвоночных ознакомление с основными методами осуществляется на более доступных для наблюдений видах.

Подкарауливание. При умелом выборе места и времени наблюдения подкарауливание позволяет познакомиться с самыми сокровенными сторонами жизни диких животных и получить интереснейшие данные об их экологии и поведении. Особенно полезно устраивать засады около гнезд, нор, на местах кормежки, около водопоев и купалок, у солонцов, на берегах озер и рек, где боровая дичь собирает гальку, на тропах, путях переходов, перелетов или на местах остановок во время миграций. Как экскурсии, так и подкарауливание лучше всего проводить ранним утром или вечером.

Подкарауливание дает еще большие результаты, если применять *подманивание животных* на пищу, голос и т.д.

Методика коллектирования собранного материала. Отлов животных, их препарирование и обработка для длительного хранения, сбор продуктов жизнедеятельности животных и их хранение – непременные процедуры, сопровождающие зоологические исследования. Коллектирование животных, принадлежащих к разным классам позвоночных животных, имеет свои особенности и детально описывается в специальных руководствах. В рамках общей практики по зоологии предусматривается ознакомление с некоторыми приемами и методами отлова, препарирования и длительного хранения только амфибий и мелких млекопитающих. Для препарирования животных и снятия необходимых промеров

требуются следующие инструменты и материалы (рис. 9) : весы с разновесами, линейка, складной метр или рулетка, штангенциркуль, ножницы, скальпели, пинцеты, скребки для чистки черепов, плоскогубцы или круглогубцы, напильник, мелкозернистый брусок, иголки и нитки, ватман, бумага оберточная, иголки английские, вата и пакля, крахмал (мука картофельная), соль бария или мышьяковистый натр, кисти волосяные, нафталин или другие инсектициды, марля, несессер или футляр для хранения препаровальных инструментов.

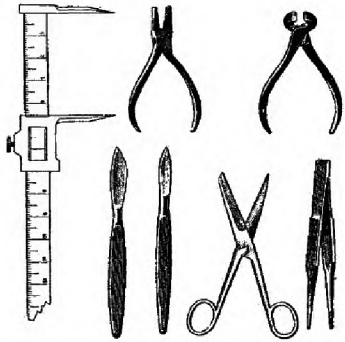


Рис. 9. Инструменты для препарирования животных: штангенциркуль, плоскогубцы, острогубцы, скальпели, ножницы, пинцет

Способы сохранения собранного материала

Пойманных и уснувших в морилке насекомых вытряхивают на лист чистой бумаги и слегка обсушивают, после чего производят накалывание их на энтомологические булавки. Способ накалывания зависит от строения тела насекомого.

Из рисунков 5 и 6 хорошо видно как накалывать представителей каждого отряда. Мелких насекомых можно наклеивать на маленькие треугольные листочки нитроцелюлёзным клеем (такой клей не мешает определению с использованием увеличительных приборов) с последующим накалыванием бумаги на булавку. Под каждое насекомое подкалываются этикетки из плотной бумаги размером 8×18 мм. На одной из них пишется название населённого пункта, биотоп, фамилия сборщика и дата. На второй этикетке название насекомого (латинское) и фамилия определившего вид насекомого (рис .7.).

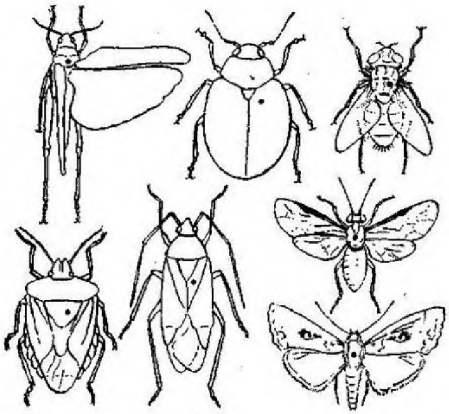


Рис. 7. Способы накалывания представителей разных отрядов

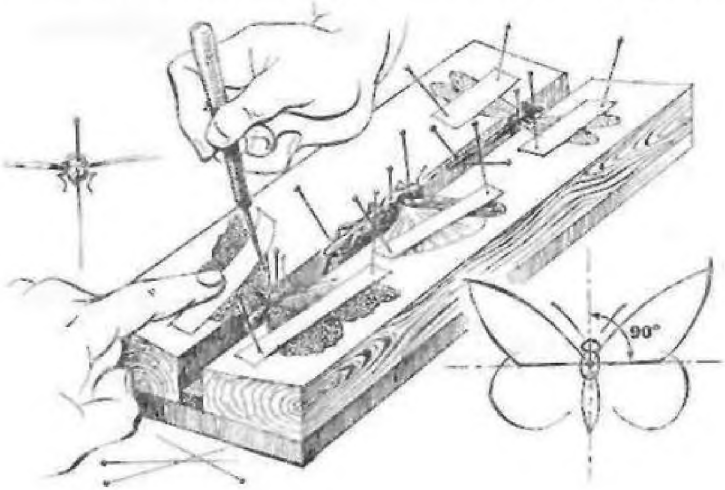


Рис. 8. Расправление бабочек, стрекоз и саранчи

Остальных насекомых раскладывают на ватные матрасики, изготовленные из бумаги и негигроскопичной ваты, сверху помещается этикетка с указанием населённого пункта, биотопа, погодных условий, даты и фамилия сборщика. Без этикеток материалы не имеют никакой научной ценности, поэтому к заполнению этикеток нужно отнестись ответственно (рис. 8).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа отчёта ознакомительной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультета биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных

Отчёт
об Ознакомительной практике

Студента/ки Зотова Юлия Александровна.
1 курса направления 06.03.01.Биология, профиль биоэкология
(«квалификация «бакалавр»)

Место практики: Самарский ГАУ п.г.т Усть Кинельский

Срок практики: начало 19.06.2022 г.
окончание 1.07.2022 г.

Руководители практики: Зайцева Лилия Михайловна
От кафедры : Биоэкология и физиология с/х животных

Кинель 20___

Приложение 2

Образец титульного листа задания ознакомительной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультета биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных

Задание
по ознакомительной практике

Студента/ки Зотова Юлия Александровна.
1курса направления 06.03.01. Биология, профиль биоэкология
(«квалификация «бакалавр»)

Место практики: Самарский ГАУ п.г.т Усть Кинельский

Срок прохождения практики: с 19.06.2022 г по1.07.2022 г.
Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов):_____
Индивидуальное задание_____
Дата выдачи задания «_»_____20_г.

Руководитель практики_____/_____/
подпись И.О.Фамилия

Принял к исполнению_____/_____/
подпись И.О.Фамилия

«___» _____20_г.

Руководители практики: Зайцева Лилия Михайловна
От кафедры : Биоэкология и физиология с/х животных

Кинель 20___

Приложение 3

Образец заполнения плана ознакомительной практики

План (график) прохождения практики

№ п/п	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
	Аудиторное занятие, знакомство студентов с этапами прохождения летней практики и с правилами техники безопасности. Определение биотопа для дальнейшего его исследования Используя методическое пособие, подбор методов для сбора материала. Определение видового состава флоры данного экотопа. Определение видового состава (беспозвоночных или позвоночных). Описание рельефа местности и нахождения в близи экотопа: автомагистральных дорог, промышленные предприятия, мусорные свалки и.т.д. Если тема практики связанна с гидробионтами, то нужно определить физико-химические свойства воды, pH. Составление отчёта по разделу практики; описание видов беспозвоночных и позвоночных не менее 30 особей, учитывая место обитания, размножения (**указать в какое время года размножаются особи и сколько раз за сезон, или месяц.** **Указать в отчете, методики для сбора материала, формулы для подсчёта плотности.** Презентация состоящая из слайдов с фотографиями входит в отчет.	19.06.22 20.06.22 21-22.06.22 23-24.06.22 25-26.06.22 27.06.22 28.06.22 29-30.06.22
	Зачет	1.07.22

Обучающийся _____/_____/
подпись И.О.Фамилия (обучающегося)

Руководитель практики от университета_____/_____/
подпись И.О.Фамилия

Приложение 4

Образец титульного листа дневника ознакомительной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультета биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных

ДНЕВНИК
Ознакомительной практики

Студента/ки Зотовой Юлии Александровны.
1курса бакалавриата по направлению 06.03.01- Биология,
профиль «Биоэкология»

Место практики Самарский ГАУ п.г.т Усть Кинельский

Срок практики: начало 19.06.2022 г
окончание 1.07.2022 г

Руководители практики: Зайцева Лилия Михайловна
От кафедры : Биоэкология и физиология с/х животных

Кинель 20___

Приложение 5

Образец заполнения дневника ознакомительной практики

Выполнение заданий и работ

Дата этапа	Описание задания выполненной работы	Примечания руководителя практики
19.06.22 20.06.22 21.06.22 23-24.06.22 27.06.22 28.06.22 29.06.22	Аудиторное занятие, знакомство студентов с этапами прохождения летней практики и с правилами техники безопасности. Студент самостоятельно пишет, что должен делать в течении практики Определение биотопа для дальнейшего его исследования Обучающийся самостоятельно описывает место на котором будут проводится дальнейшие исследования. В данном отчете о практике студент фиксирует все этапы в более раскрытой форме: описывают животных беспозвоночных, позвоночных учитывая их систематическое положение. Обязательно указать адаптационные (окрас, приспособление к окружающей среде) признаки этого периода. Также указать в какое время наступает брачный период, отличается ли самец от самки. Указать для животных млекопитающих, сколько детенышей появляется за один сезон; Для птиц–перелетные птицы или нет сколько яиц в кладке и какие яйца по цвету. Также нужно указать сколько раз за сезон эти птицы откладывают яйца. **По результатам отчета обучающийся делает вывод по своей практике (коротко излагает какие методики были применены , для сбора информации и если нужно использует биометрию по численности организмов.**	

Обучающийся _____/_____/
подпись И.О.Фамилия (обучающегося)

Руководитель практики от университета_____/_____/
подпись

И.О.Фамилия

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Нефедова, С.А. Биология с основами экологии : учебное пособие / С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин [и др.]. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2015. – 368 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58167

2. Верхошенцева, Ю.П. Биология с основами экологии: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки 020400.62 Биология, 020100.62 Химия и по специальности 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия / Ю.П. Верхошенцева .– Оренбург : ОГУ, 2013–146с. http://rucont.ru/efd/231690

3. Малышев, В.В. Методы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Воронеж : ВГЛТУ (Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова), 2014. – 86 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64153

4. Меледина, Т.В. Методы планирования и обработки результатов научных исследований : учебное пособие / Т.В. Меледина, М.М. Данина. – Спб. : НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2015. – 109 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70915

5. Викторова Т.В., Асанов А.Ю. Биология (1-е изд.) : учебное пособие. – 2011. – Издательский центр «Академия» (10)

6.Основы общей биологии. – Режим доступа: http://molbiol.ru/forums/index.php?showtopic=19119&hl=физиология++животных

7.Юнушева, Т.Ю. Методика научных исследований: методические указания / Т.Ю. Юнушева, Н.М. Шарымова. – Кинель, РИЦ СГСХА, 2014, 28с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Место практики в структуре ОПОП ВО 4
Правила прохождения летней практики 5
Основные этапы выполнения работы 8
Работа 1. Методики для сбора беспозвоночных животных и позвоночных 10
Работа 2. Сбор и учёт насекомых ловушками Барбера 16
Работа 3.Методы учета численности птиц 17
Работа 4. Установление видового состава позвоночных с помощью общих зоологических методов 22
Приложения 26
Рекомендуемая литература 31

Учебное издание

Зайцева Лилия Михайловна

ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА
Методические указания

Подписано в печать 17.06.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,86; печ. л. 2,0. Тираж 50. Заказ № 140.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608. E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

О. А. Малахова, В. В. Зайцев

Методы анализа

Учебное пособие

Кинель 2022

УДК 277.1 (075)
ББК 45.27
М18

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
Н. М. Троц;
д-р биол. наук, проф. кафедры «Экология, ботаника и охрана природы», Самарский университет,
О. Н. Макурина

Малахова, О. А.
М18 Методы анализа : учебное пособие / О. А. Малахова, В. В. Зайцев. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2020. – 125 с.
ISBN

Учебное пособие по дисциплине «Методы анализа» содержит теоретический материал для аудиторной и самостоятельной работы обучающихся, контрольные вопросы.

Учебное издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

УДК 277.1 (075)
ББК 45.27

ISBN

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Малахова О. А., Зайцев В. В., 2022

Предисловие

В учебном пособии рассмотрены основные теоретические положения современной неорганической и органической химии, представлено описание основополагающих методов проведения исследований, используемых при проведении экологического мониторинга и определении уровня загрязнений компонентов окружающей среды. Учебный материал структурирован и представлен в виде отдельных занятий по соответствующей тематике.

Цель учебного пособия – дать обучающимся теоретические знания по вопросам классификации основных лабораторных методов проведения исследований, ознакомить с такими видами исследований, как: качественный анализ, титриметрический анализ, спектральный метод анализа, абсорбционные методы анализа, вольтамперометрия и полярография и рядом других.

В процессе освоения дисциплины «Методы анализа» обучающиеся знакомятся с основным лабораторным оборудованием, применяемым в экологическом мониторинге, знакомятся с методами и средствами наблюдения и контроля за состоянием компонентов окружающей среды: контактными, дистанционными и биологическими. Осваивают теоретическую составляющую проведения контролирующих мероприятий по оценке уровня загрязнения атмосферно воздуха, водных объектов, а также почвенного покрова.

Представленный в учебном пособии материал в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы по направлению 06.03.01 «Биология» способствует формированию профессиональных навыков проведения экологического мониторинга, формированию базы знаний о лабораторных исследованиях и о лабораторных приборах и оборудовании.

Занятие 1. Аналитическая химия, ее предмет, задачи, значение и основные понятия. Классификация методов анализа. Техника безопасности при работе в лаборатории

Цель занятия – изучить классификацию методов проведения лабораторного анализа. Рассмотреть предмет и задачи аналитической химии.

Понятие «анализ» в философском смысле – это способ научного познания сущности целого путем мысленного или фактического разложения его на составные части. Сущность целого познают, воссоздавая его воображаемым синтезом, т.е. соединением данных, полученных анализом. В химии предметом исследования является вещество, свойства которого определяются его химическим составом. Анализом называют процедуру получения опытным путем данных о химическом составе вещества. Поскольку химический состав имеет качественную и количественную характеристики, то анализ подразделяют на качественный и количественный. Первым устанавливают, из каких компонентов состоит вещество (атомов, ионов, молекул, фаз, функциональных и структурных групп и др.), а вторым — их количественное содержание в веществе.

Способы определения химического состава вещества называют методами анализа. Аналитическая химия (АХ) – это наука о методах анализа, задачей которой является разработка их теоретического обоснования, создание новых и совершенствование существующих методов.

АХ – одна из древнейших наук. Методы анализа ряда материалов, в особенности драгметаллов, «сухим путем» (т.е. без перевода веществ в раствор) были известны еще в Древнем Египте и Древней Греции, когда чистоту металла устанавливали по цвету черты на черной базальтовой пластинке, звону монеты или глубине надкуса на ней и т.п. Например, широко известен способ определения содержания серебра в золотой короне Архимедом (III в. до н.э.) по плотности ее материала (денситометрический метод), когда необходимый для расчета плотности объем короны был найден по объему вытесненной ею воды. Развитие аптекарского дела, химии, металлургии, горнодобывающей промышленности потребовало обобщения различных известных приемов и методов анализа в научную дисциплину.

Считается, что начало АХ как науки было положено в середине XVII века химиком Робертом Бойлем, разработавшим основы анализа «мокрым» путем и введшим впервые в практику понятие «химический анализ». С тех пор значение АХ неуклонно росло и в наше время стало определяющим для состояния науки, промышленности, экологии и здоровья народонаселения в любом государстве. АХ – единственная из химий не только не загрязняет окружающей среды, но и способствует ее очистке. В настоящее время ни один материал не поступает в производство и не выходит из него без данных о химическом составе. Требования чрезвычайно жесткие. Обычным стало определение примесного состава на уровне $10^{-4}...10^{-6}$ массовых долей, %, а полупроводников – меньше 10-11%.

Задачи аналитического контроля в государственном масштабе решаются государственной службой аналитического контроля (ГСАК), которую условно можно представить трехуровневой системой. Верхний уровень занимают академические и отраслевые НИИ, которые могут самостоятельно разработать методику анализа и нормировать ее на уровне ГОСТ (государственного стандарта) или ОСТ (отраслевого стандарта). Средний – вузовские кафедры АХ и ЦЗЛ (центральные заводские лаборатории), которые могут самостоятельно разработать методику, а нормировать ее на уровне аттестата или ТУ (технического условия) на анализ, действующих только на отдельных предприятиях или в отдельных лабораториях. Низший уровень ГСАК занимают различные аналитические лаборатории, которые осуществляют анализы различных веществ и материалов по методикам, разработанным на более высоких уровнях. Это цеховые лаборатории, лаборатории сточных, очистных и водозаборных сооружений, экологических, войсковых и ГО подразделений, больниц и т.п.

В настоящее время разработано несколько тысяч методов анализа. Наиболее общим образом их можно подразделить на химические, физические и физико-химические. Химические методы основаны на проведении химических реакций между определяемым веществом и веществом-реагентом. Идентификация вещества в качественном анализе проводится по возможности протекания реакции с данным реагентом, а количественный анализ – по количеству вещества реагента, пошедшего на реакцию.

Физические методы основаны на регистрации какого-либо физического параметра, связанного с наличием или количеством определяемого вещества в анализируемом объекте (спектральной характеристики, электродного потенциала, тока растворения и др.).

Физико-химические методы являются комбинацией физических и химических методов. Например, с помощью химической реакции окрашивают раствор определяемого вещества, а по интенсивности его окраски находят содержание вещества. Поскольку физические свойства удобнее всего измерять с помощью физических приборов, то физико-химический анализ проводят на различных приборах и называют приборным или инструментальным. Методы анализа классифицируют по таким их характеристикам как предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, экспрессность, трудоемкость, эффективность, разрешающая способность, точность, воспроизводимость и надежность получаемых результатов, стоимость.

Предел обнаружения – это наименьшее количество (масса, концентрация) определяемого вещества, при котором вещество уверенно обнаруживается (идентифицируется) данным методом во всех повторных экспериментах. Диапазон определяемых содержаний – это диапазон количеств, выявляемого в ходе анализа вещества, которые можно измерить данным методом. По диапазону определяемых содержаний выделяют макро-, полумикро-, микро- и ультрамикрометоды (рис. 1):



Рис. 1. Классификация методов по диапазону измерений

Трудоемкость и эффективность метода анализа связывают с содержанием определяемого вещества в анализируемом объекте. Если содержание составляет больше 10 массовых долей, %, то вещество называют основой или главными составными частями;

10...0,01 массовых долей, % – примесями или побочными составными частями; меньше $10^{-2}...10^{-6}$ массовых долей, % – следовыми примесями. Каждым методом анализа выявляется то или иное свойство определяемого вещества, позволяющее его обнаружить и (или) измерить количество. Это свойство называют аналитическим сигналом (АС). Регистрация АС лежит в основе качественного анализа, а на измерении численного значения величины АС базируется количественный анализ. Величина АС, связанная с количественным содержанием определяемого вещества, называется интенсивностью АС. Например, темно-красная окраска раствора, приобретаемая им при добавлении KCNS, является АС, позволяющим идентифицировать ионы Fe^{+3} при качественном анализе, а интенсивность окраски – интенсивностью АС, измерение которой фотометрическим методом (разновидность физико-химического метода) позволяет установить количество (массу, концентрацию) этих ионов в растворе.

Синий осадок турнбулевой сини, обнаруживающий присутствие ионов Fe^{+2} при добавлении к их раствору раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ – это АС, а объем раствора $KMnO_4$ с известной концентрацией, пошедший на реакцию с этими ионами, является интенсивностью АС. На практике чаще сталкиваются со случаем одновременной регистрации нескольких АС, принадлежащих разным веществам. АС называют разрешимыми, если они могут быть измерены отдельно. Чем лучше разрешимы АС в условиях данного метода, тем лучше его разрешающая способность. Метод называют селективным, когда каждый компонент анализируемого объекта может быть определен независимо от других. Чем выше разрешающая способность метода, тем выше его селективность. Метод считается специфичным по отношению к одному какому-либо компоненту, если АС, полученный с помощью данного метода, превышает по интенсивности АС всех других компонентов.

Экспрессность метода определяется затратами времени на анализ при его использовании. Физические и физико-химические методы быстрее химических, они менее трудоемки и более эффективны, но анализ ими требует применения более дорогой аппаратуры и более высокой квалификации аналитика.

Искусство аналитика заключается в быстром выборе оптимального метода анализа и его успешной реализации при решении стоящей перед ним аналитической задачи. Выбор оптимального метода

анализа проводят путем последовательного рассмотрения условий аналитической задачи.

1. Вид анализа:

а) производственный, медицинский, экологический, судебный и т.п.;

б) маркировочный, экспрессный, арбитражный;

в) статический или динамический (непрерывный в потоке вещества, например, речной воды);

г) «сухой» или «мокрый»;

д) полный или частичный элементный (атомный), молекулярный (вещественный), функциональный (на наличие функциональных групп), структурный или фазовый;

е) качественный, полуколичественный, количественный основного компонента, примесей или их следов.

2. Характеристика пробы анализируемого вещества: количество, агрегатное состояние, происхождение (технология получения), однородность, примерный, качественный и количественный составы, некоторые физические характеристики ($t_{кип}$, $t_{плав}$ и т.п.).

3. Характеристика аналитических свойств определяемого вещества.

4. Возможность разрушения исследуемого объекта в процессе анализа: разрушающий (деструктивный) анализ или неразрушающий, капельный, поверхностный, локальный или послойный.

5. Имеющееся в распоряжении оборудование: физический, химический и физико-химический анализ.

6. Временные, трудовые, материальные и денежные затраты.

7. Точность и чувствительность метода.

Основными направлениями развития АХ являются:

1) разработка методов ультрамикроанализа;

2) создание методов с высокой избирательностью, т.е. методов, исключающих необходимость устранения мешающих компонентов;

3) разработка экспрессных методов анализа, позволяющих исследовать продукты сверхбыстрых реакций и нестабильные продукты (ядерные реакции, продукты жизнедеятельности организмов и т.п.);

4) математизация, автоматизация и компьютеризация методов анализа;

5) создание неразрушающих и дистанционных методов анализа (радиоактивные вещества, морская вода на больших глубинах, космические объекты).

На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории.

Вновь поступающие на работу допускаются к исполнению своих обязанностей только после прохождения *вводного инструктажа* о соблюдении мер безопасности, инструктажа на рабочем месте и после собеседования по вопросам техники безопасности.

Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу независимо от их образования, стажа работы и должности, а также для проходящих практику или производственное обучение.

Периодический инструктаж должен проводиться на рабочем месте дважды в год.

При переводе сотрудника на новые виды работ, незнакомые операции, перед работой с новыми веществами, а также в случае нарушения работником правил техники безопасности проводится *внеплановый инструктаж*.

Проведение всех видов инструктажа регистрируется в журнале. Распоряжением по лаборатории в каждом рабочем помещении назначаются ответственные за соблюдение правил техники безопасности, правильное хранение легковоспламеняющихся, взрывоопасных и ядовитых веществ, санитарное состояние помещений, обеспеченность средствами индивидуальной защиты и аптечками первой помощи с необходимым набором медикаментов.

Проведение вводного инструктажа, контроль выполнения правил техники безопасности во всей лаборатории и ведение журнала инструктажа осуществляет назначенное начальником лаборатории должностное лицо, в подчинении которого находятся ответственные рабочих помещений.

Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты.

Лабораторные запасы реактивов должны храниться в специально оборудованных, хорошо вентилируемых, сухих помещениях (складах) согласно разработанной в лаборатории схеме размещения реактивов. При размещении реактивов на складах следует неукоснительно соблюдать порядок совместного хранения пожаро- и

взрывоопасных веществ. Не разрешается совместное хранение реактивов, способных реагировать друг с другом с выделением тепла или горючих газов. Запрещается также совместно хранить вещества, которые в случае возникновения пожара нельзя тушить одним огнетушащим средством. Запрещается расфасовывать сыпучие вещества на складе. Основным правилом при хранении и отборе реактивов является предохранение их от загрязнения.

На всех склянках с реактивами должны быть этикетки с указанием названия, квалификации и срока годности.

Реактивы, которые нельзя хранить в стеклянной таре, помещают в тару из материалов, устойчивых к действию данного реактива. Например, плавиковую кислоту и щелочи хранят в бутылях из полиэтилена. Реактивы, разлагающиеся или изменяющие свои свойства под действием света (например, диэтиловый эфир, пероксиды, соли серебра), хранят в склянках из темного или желтого стекла. Гигроскопические вещества и вещества, окисляющиеся при соприкосновении с воздухом, должны храниться в герметичной таре. Для герметизации пробок используют парафин.

Отработанные реактивы необходимо сливать в отдельные склянки для последующей переработки или передачи в организации, занимающиеся утилизацией химических веществ. *Сливать концентрированные кислоты, щелочи, ядовитые и горючие вещества в канализацию запрещается!*

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

При работе с химическими реактивами в лаборатории должно находиться не менее двух сотрудников. Приступая к работе, сотрудники обязаны осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов.

Перед работой необходимо проверить исправность оборудования, рубильников, наличие заземления и пр. Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводится только в вытяжных шкафах.

Запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, для этой цели следует использовать резиновую грушу или другие устройства. При определении запаха химических веществ следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки. Работы,

при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

При работах в вытяжном шкафу створки шкафа следует поднимать на высоту не более 20-30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа. При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала и после окончания работ. Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.

При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

При нагревании жидкости в пробирке держать ее следует отверстием в сторону от себя и других участников процесса. Ни при каких обстоятельствах нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Перечислите вопросы, которые решает аналитическая химия.
2. Какие задачи решает государственная служба аналитического контроля?
3. Расшифруйте понятие «предел обнаружения вещества».
4. Какими критериями определяется экспрессность метода?
5. Назовите основные виды химического анализа.
6. Назовите виды инструктажа по технике безопасности при работе в лаборатории.

Занятие 2. Методы и средства наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Контактные методы контроля окружающей среды. Дистанционные методы контроля окружающей среды. Биологические методы контроля окружающей среды

Цель занятия – изучить основные методы и средства наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Изучить классификацию методов контроля окружающей среды.

В основе организации систем мониторинга учитываются общие теоретические и методологические принципы:

1. Структурно-организационный принцип – система мониторинга любого уровня, являясь многоуровневой иерархической структурой, должна строиться с учётом взаимодействия с высшими системами и низшими подсистемами.

2. Функциональный принцип – мониторинг функционирует во времени как взаимосвязанная и взаимообусловленная система цепи постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления.

3. Обучающий принцип – с течением времени в системе работающего мониторинга качество прогнозов и эффективность управления должны закономерно улучшаться, система мониторинга во времени должна непрерывно совершенствоваться и строиться как «самообучающаяся» система.

4. Пространственный принцип – пространственная структура системы пунктов получения информации формируется в зависимости от вида мониторинга и определяется природными геологическими и инженерно-геологическими особенностями территории, типом и особенностями инженерных сооружений на ней, а также состоянием на ней экосистемы.

5. Временной принцип – частота наблюдений и сбора информации во времени в системе мониторинга полностью определяется динамикой наблюдаемых (изучаемых) процессов.

6. Целевой принцип – система любого мониторинга должна строиться с учётом достижения его конечной цели – оптимизации управления, что достигается на базе прогнозных оценок её развития путём выработки оптимальных управляющих решений и рекомендаций.

Таким образом, основные цели экологического мониторинга состоят в обеспечении системы управления природоохранной деятельности своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем;
- выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются;
- создать предпосылки для определения мер по исправлению создающихся негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб.

В этой связи основными задачами экологического мониторинга являются:

- наблюдение за источниками и факторами антропогенного воздействия, за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;
- оценка фактического состояния природной среды, прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема мониторинга

Контактные методы контроля состояния окружающей среды представлены как классическими методами химического анализа, так и современными методами инструментального анализа. Классификация контактных методов контроля приведена на рисунке 3. Наиболее применяемые спектральные, электрохимические и хроматографические методы анализа объектов окружающей среды представлены на рисунках 3-6.

Эффективность любого метода наблюдений и контроля за состоянием объектов окружающей среды оценивается следующей совокупностью показателей:

- селективностью и точностью определения;
- воспроизводимостью получаемых результатов;
- чувствительностью определения;
- пределами обнаружения элемента (вещества);
- экспрессностью анализа.

Основным требованием к выбранному методу является его применимость в широком интервале концентраций элементов (веществ), включающих как следовые количества, в незагрязнённых объектах фоновых районов, так и высокие значения концентраций в районах технического воздействия.

Контактные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды дополняются неконтактными (дистанционными), основанными на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществлять взаимодействия с контролируемым объектом и переносить полученную информацию к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля. Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные и активные. В первом случае осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля, во втором производится приём отражённых, зондирующих полей, созданных источником.

Неконтактные методы наблюдения и контроля представлены двумя основными группами методов: аэрокосмическими и геофизическими. Основными видами аэрокосмических методов исследования являются оптическая фотосъёмка, телевизионная, инфракрасная, радиотепловая, радиолокационная, радарная и многозональная съёмка.

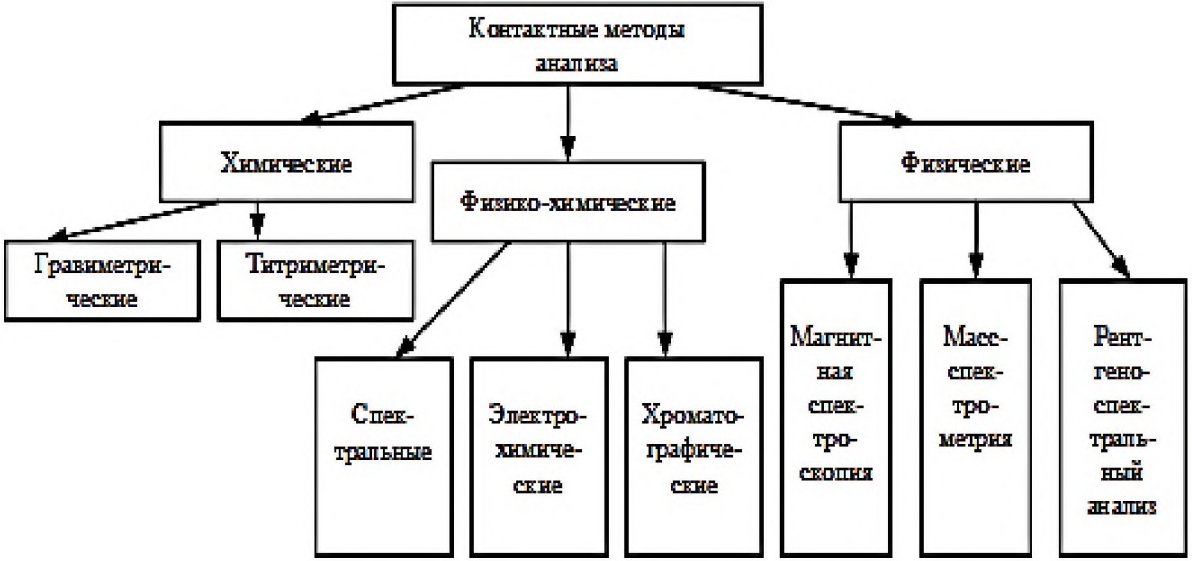


Рис. 3. Структура контактных методов наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды

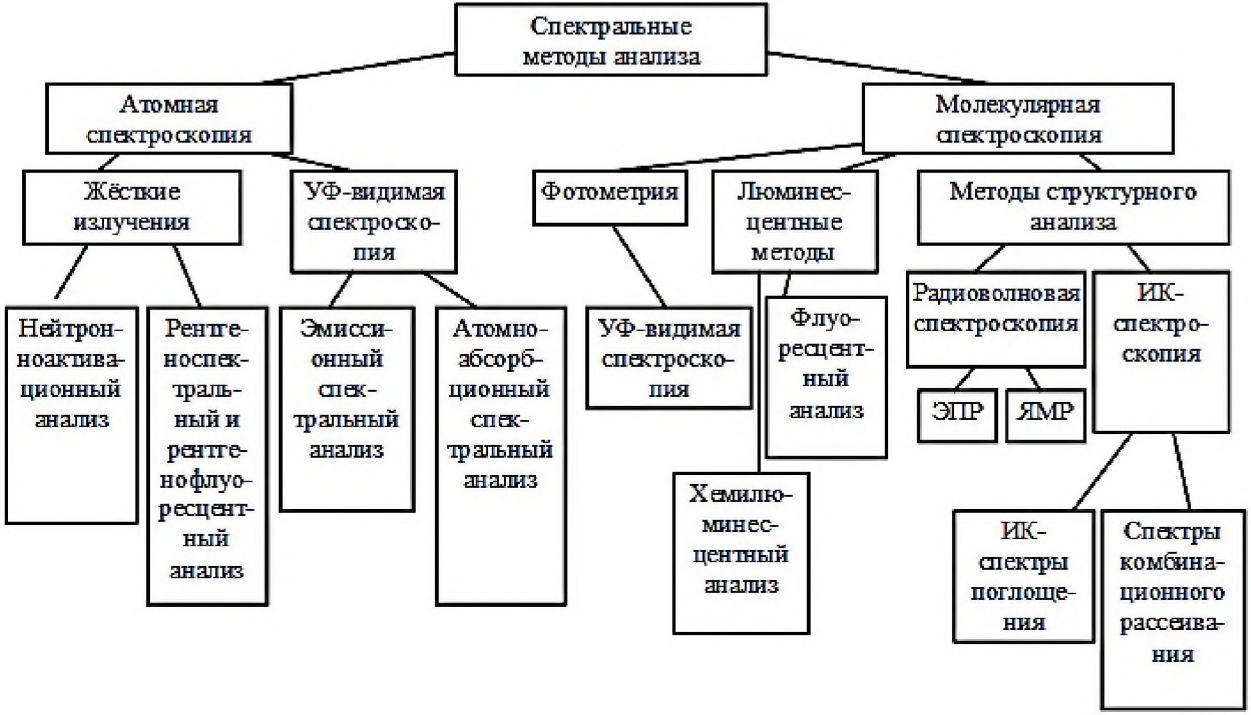


Рис. 4. Спектральные методы анализа объектов окружающей среды

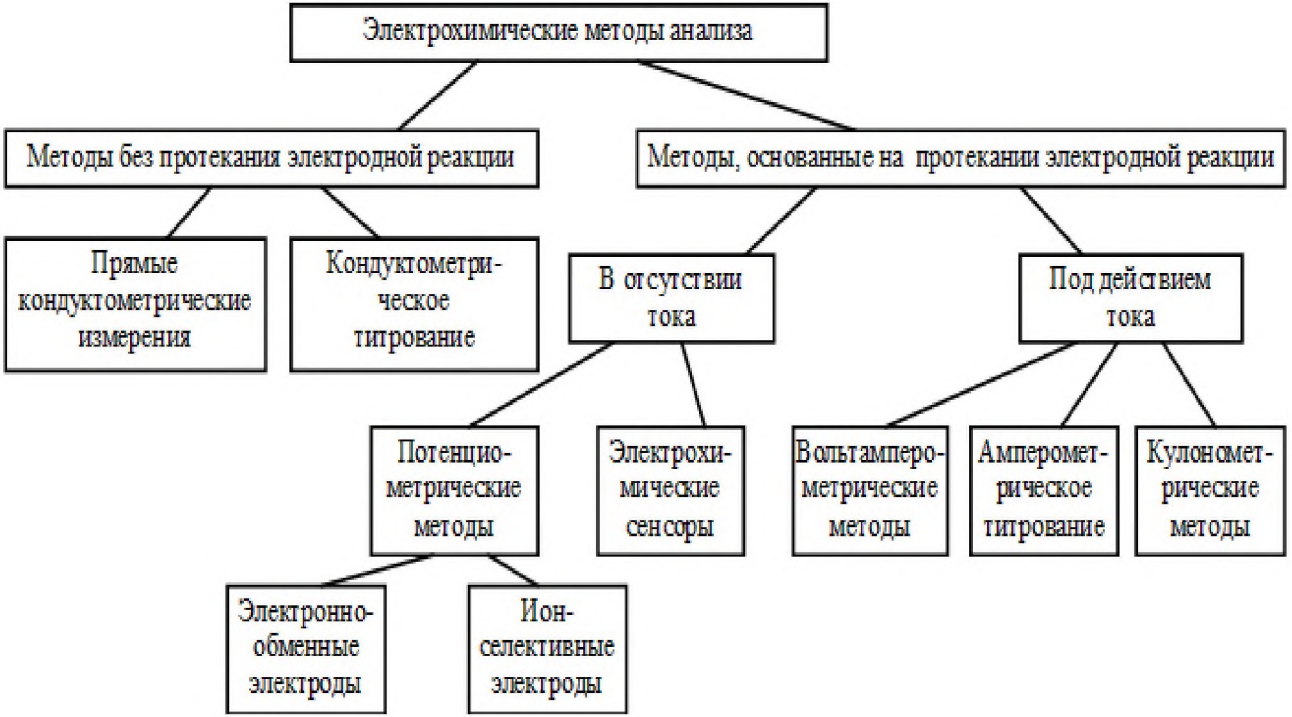


Рис. 5. Электрохимические методы анализа объектов окружающей среды



Рис. 6. Хроматографические методы анализа загрязняющих веществ

Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лидарных методов. Вначале радиоволны были использованы для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем сантиметровые волны применили для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы.

Область использования радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объёмами воздушной среды (около 1-2 км в радиусе) и допускает их функционирование в наземных условиях и на борту воздушных судов.

Спутниковые данные дистанционного зондирования позволяют решать следующие задачи контроля состояния окружающей среды.

Определение метеорологических характеристик:

- вертикальные профили температуры;
- интегральные характеристики влажности;
- характер облачности;
- контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов;
- получение карт крупных стихийных бедствий;
- определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;
- обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
- контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;
- обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;
- выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;
- регистрация дымных шлейфов от труб;
- мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;
- обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;
- контроль динамики снежных покровов и загрязнений снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий.

Совершенно очевидно, что оценка экологической обстановки на территории в ходе формирования эффективной системы государственного экологического мониторинга невозможна без использования методов биодиагностики качества окружающей среды.

Прямые (интегральные) методы оценки экологической обстановки в свою очередь тоже можно разделить на две группы – биоиндикации и биотестирования (последние называют также токсикологическими методами). Объектом исследования первых являются организмы или сообщества организмов-биоиндикаторов, наблюдаемые в естественных условиях обитания. Биоиндикаторами называются растительные и животные организмы, наличие, количество и состояние которых служат показателями изменения качества среды их обитания.

Глубина биоиндикации может быть различной от простой визуальной диагностики растений до изучения иммунных и генетических изменений в организме индикаторов.

Вторая группа методов изучает реакции тест-объектов — организмов, помещаемых в исследуемую среду. Они подразумевают оценку токсических свойств загрязняющих веществ с использованием модельных живых систем (тест-объектов). Оценка токсичности производится, как правило, в лабораторных условиях. Методы биоиндикации основаны на наблюдениях отдельных организмов, популяции или сообществ организмов в естественной среде обитания с целью определения по их реакциям (изменениям) качества окружающей среды. В сельском хозяйстве широко применяется метод биоиндикации для диагностики питания сельскохозяйственных культур. Данный метод визуальной биоиндикации основан на изучении внешних признаков фито- и биоценозов, которые отражают качественные среды обитания.

В качестве признаков визуальной биоиндикации используется внешний вид растений. Таких признаков, связанных с нарушением питания растений, множество, в частности: замедление роста стеблей, ветвей и корней; пожелтение; бурение; загибание листьев; «краевые ожоги»; образование гнили; одревеснение стеблей и др. Для целей биоиндикации качества окружающей среды могут применяться популяционные и экосистемные критерии, которые характеризуются показателями: численности и биомассы отдельных видов; соотношением в сообществах различных видов, их распределением по обилию и т.п.

Патолого-анатомические и гистологические методы биоиндикации особое внимание уделяют изучению репродуктивной системы, любые изменения которой непосредственно связаны с жизненно важными параметрами популяции. Репродуктивная система

очень чувствительна к стрессовым воздействиям, и любое нарушение можно рассматривать как сигнал о наличии неблагоприятных изменений в окружающей среде. Эмбриональные методы диагностики базируются на том обстоятельстве, что наиболее уязвимыми к воздействию внешних возмущений являются ранние стадии развития многоклеточных организмов. На стадиях дробления и формирования зародышевых органов и тканей даже незначительные воздействия, как правило, приводят к видимым уродствам более поздних стадий или даже гибели зародышей. В качестве биоиндикаторов обычно используются быстро развивающиеся и дающие многочисленное потомство организмы (рыбы, моллюски, земноводные, насекомые). Данные организмы могут быть использованы и как тест-объекты для биотестирования окружающей среды.

Более тонкими и точными методами биодиагностики являются иммунологические и генетические методы. Иммунологические методы основаны на измерениях показателей иммунной системы под воздействием внешних возмущающих факторов. В результате любого рода отрицательного воздействия на иммунную систему живых организмов в первую очередь изменяется функциональное состояние иммунокомпетентных клеток – спленоцитов и лимфоцитов. При введении в клетки организма специальных веществ – стандартных мутагенов (липополисахаридов и др.) – в зависимости от вида воздействия ингибирование реакции может свидетельствовать о нарушении иммунологического статуса организма. Генетические методы позволяют анализировать генетические изменения, возникающие вследствие неблагоприятных внешних воздействий.

В качестве такого токсиканта часто применяется дихромат калия ($K_2Cr_2O_7$). Важное условие правильного проведения биотестирования – использование генетически однородных лабораторных культур, так как они проходят поверки чувствительности, содержатся в специальных, оговорённых стандартами лабораторных условиях, обеспечивающих необходимую сходимость и воспроизводимость результатов исследований, а также максимальную чувствительность к токсическим веществам. Длительность биотестирования зависит от поставленных исследователем задач и целей.

Существуют следующие виды биотестов:

- острые биотесты (*acute tests*), выполняемые на различных тест-объектах по показателям выживаемости, длятся от нескольких минут до 24-96 ч;

- краткосрочные (*short-term chronic tests*) хронические тесты, длятся в течение семи суток и заканчиваются, как правило, после получения первого поколения тест-объектов;

- хронические тесты (*chronic tests*), распространяются на общую плодовитость ракообразных, охватывая три поколения.

Основные нормативные документы по биотестированию в России:

- РД 52.18.344-93 «Методика выполнения измерений интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования».

- ФР.1.39.2007.03222 «Методика определения токсичности воды, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний».

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные цели проведения экологического мониторинга.
2. Перечислите основные задачи проведения экологического мониторинга.
3. Из каких структурных элементов состоит схема проведения мониторинга качества объектов окружающей среды?
4. Перечислите группы методов, входящих в контактные методы анализа.
5. На какие группы подразделяются спектральные методы анализа?
6. На какие группы подразделяются электрохимические методы анализа?
7. Назовите группы, на которые подразделяются хроматографические методы анализа?

Занятие 3. Основные этапы анализа. Погрешности анализа. Математическая обработка результатов анализа и оценка их качества. Правильность, точность, воспроизводимость, надежность результатов анализа

Цель занятия – изучить этапы проведения анализа. Изучить понятие точности и воспроизводимости результатов проведенных исследований.

В ходе почти любого анализа можно выделить следующие основные этапы.

1. Отбор, усреднение пробы и взятие навески. Жидкие и газообразные материалы, как правило, однородны и их пробы уже являются усредненными. Твердые материалы неоднородны по объему, поэтому для их анализа отбирают части вещества из разных зон исследуемого материала. Эти части измельчают, смешивают и усредняют по составу, например, квартованием. При квартовании смесь делят на четыре части, две из которых отбрасывают а две оставшиеся снова смешивают и квартуют пока не получат среднюю пробу массой от 10 г до 1 кг.

Пробу обычно используют для неоднократного проведения анализа. Часть средней пробы с измеренной на аналитических весах массой называют навеской. Следовательно, средняя проба должна быть достаточно большой, чтобы получить несколько навесок.

По размерам пробы, взятой на анализ, методы АХ делятся на макро- (0,1-1,0 г или 1,0-10 $см^3$), полумикро- (0,01-0,1 г или 0,1-1,0 $см^3$), микро- (0,001-0,01 г или 0,01-0,1 $см^3$) и ультрамикрометоды ($10^{-6}...10^{-9}$ г или $10^{-3}...10^{-4}$ $см^3$).

2. Разложение (вскрытие) пробы. Этот этап заключается в переводе анализируемой пробы в удобное для анализа агрегатное состояние или соединение. Для перевода пробы в раствор в химических методах ее непосредственно обрабатывают жидкими растворителями (водой, кислотами, щелочами) или после разрушения путем прокаливания, сожжения, сплавления с плавнями (или другими способами) в соединения, способные растворяться. В физических методах перевод вещества в необходимое для анализа состояние (например газообразное) обычно производится воздействием по-

тока энергии (искры, индукционно-связанной плазмы, электрического тока и др.).

3. Разложение, выделение определяемого компонента и его концентрирование. Для разделения, выделения и концентрирования определяемого вещества используют химические, физические и физико-химические методы, разработкой которых также занимается АХ. Химические методы в основном базируются на реакции осаждения, в качестве физических методов используют отгонку, сублимацию, плавление и другие, а физико-химических используют экстракцию, ионный обмен, хроматографию и др.

4. Регистрация и измерение величины аналитического сигнала. АС определяемого вещества обычно сопутствуют АС, мешающие анализу других веществ, которые не были отделены или недостаточно полно были устранены на предыдущем этапе. АС мешающих веществ называют фоном (шумом). Метод анализа или его условия должны быть подобраны таким образом, чтобы АС определяемого вещества отчетливо выделялся из фона (шума). Желательно также, чтобы метод анализа обеспечивал линейную зависимость интенсивности АС от количества определяемого вещества.

5. Расчет результата анализа. По результатам количественного измерения интенсивности АС (A) рассчитывают количество (n), массу (m) или концентрацию (c) определяемого вещества в пробе с помощью уравнения связи:

$$A = K \times n\,(m,\ c). \qquad (1)$$

Таким уравнением связи, например в титриметрии, является закон эквивалентов, позволяющий по измеренному объему стандартного раствора реагента, пошедшего на титрование, рассчитать содержание анализируемого вещества. Закон Фарадея является уравнением связи в кулонометрическом титровании, по которому массу вещества в растворе можно найти по задаваемой при анализе величине тока и измеренной величине времени титрования.

Математическую функцию, выражающую зависимость A от n (m, c), называют градуировочной, а ее графическое изображение – градуировочным графиком. В уравнении связи коэффициент пропорциональности K называют чувствительностью (коэффициентом чувствительности) метода. Чем больше K, тем меньшую величину содержания можно установить этим методом. Если градуировочная

функция линейная, то K находится как тангенс угла наклона градуировочного графика к оси абсцисс. При нелинейной функции чувствительность находят, как первую производную от A при значениях n (m, c), отвечающих участку градуировочного графика, близкого к линейному:

$$\text{К} = \frac{dA}{dn} \text{ или } \text{К} = \frac{\Delta\text{A}}{\Delta\text{n}}. \quad (2)$$

При проведении расчета результатов анализа необходимо очень внимательно выполнять вычисления. Математическая погрешность, допущенная в числовых значениях, равносильна ошибке в анализе.

Числовые значения подразделяют на точные и приближенные. К точным, например, можно отнести число выполненных анализов, порядковый номер элемента в таблице Менделеева, к приближенным – измеренные значения массы или объема.

Значащими цифрами приближенного числа называют все его цифры, кроме нулей, стоящих слева от запятой, и нулей, стоящих справа после запятой. Нули, стоящие в середине числа, являются значащими. Например, в числе 427,205 – 6 значащих цифр, в числе 0,00365 – 3 значащие цифры, в числе 244,00 – 3 значащие цифры.

Точность вычислений определяется ГОСТ, ОСТ или ТУ на анализ. Если погрешность вычислений не оговорена заранее, то следует иметь в виду, что концентрация вычисляется до 4-й значащей цифры после запятой, масса – до 4-го десятичного знака после запятой, массовая доля (процентное содержание) – до сотых долей.

Каждый результат анализа не может быть точнее, чем это позволяют измерительные приборы (поэтому в массе, выраженной в граммах, не может быть больше 4-5 знаков после запятой, т.е. больше точности аналитических весов 10^{-4}…10^{-5} г).

Лишние цифры округляют по следующим правилам.

1. Последнюю цифру, если она 4, отбрасывают, если 5, добавляют единицу к предыдущей, если равна 5, а перед ней четная цифра, то добавляют единицу к предыдущей, а если нечетная, то отнимают (например, 12,465 ≈ 12,46; 12,475 ≈ 12,48).

2. В суммах и разностях приближенных чисел сохраняют столько десятичных знаков, сколько их было в числе с наименьшим их числом, а при делении и умножении – столько, сколько требуется для данной измеряемой величины (например, при вычислении массы по формуле:

$$m\,(A)=T(B/A)\times V(B). \qquad (3)$$

Несмотря на то, что V измеряют до сотых, результат должен быть вычислен до $10^{-4}\ldots10^{-5}$ г).

3. При возведении в степень в результате брать столько значащих цифр, сколько их было у возводимого в степень числа.

4. В промежуточных результатах брать на одну десятичную цифру больше, чем по правилам округления, а для оценки порядка вычислений округлять все числа до первой значащей.

6. Математическая обработка результатов анализа. На любом из перечисленных этапов количественного анализа могут быть допущены и, как правило, допускаются погрешности, поэтому чем меньшее число этапов имеет анализ, тем точнее его результаты.

Погрешностью измерения называют отклонение результата измерений Xi от истинного значения измеряемой величины μ.

Разность $Xi - \mu = \Delta Xi$ называется абсолютной погрешностью, а отношение $\frac{\Delta Xi}{\mu}$, выраженное в процентах $(\frac{\Delta Xi}{\mu} \times 100\%)$, называется относительной погрешностью.

Погрешности результатов количественного анализа подразделяют на грубые (промахи), систематические и случайные. На их основе проводят оценку качества полученных результатов анализа. Параметрами качества являются их правильность, точность, воспроизводимость и надежность.

Результат анализа считается правильным, если у него нет грубой и систематической погрешности, а если, кроме того, случайная погрешность сведена к минимуму, то точным, соответствующим истинному. Для получения точных результатов измерения количественные определения повторяют несколько раз (обычно нечетное).

Грубыми погрешностями (промахами) называются те, которые приводят к резкому отличию результата повторного измерения от остальных. Причинами промахов являются грубые оперативные ошибки аналитика (например, потеря части осадка при его фильтровании или взвешивании, неправильное вычисление или запись результата). Промахи выявляют среди серии результатов повторных измерений, как правило, с помощью Q-критерия. Для его расчета результаты выстраивают в ряд по возрастанию: $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_{n-1}, x_n$. Сомнительным обычно является первый или последний результат в этом ряду.

Q-критерий вычисляют как отношение взятой по абсолютной величине разности сомнительного результата и ближайшего к нему в ряду к разности последнего и первого в ряду. Разность $x_n - x_1$ называют размахом варьирования.

Например, если сомнителен последний результат в ряду, то:

$$Q = \frac{Xn - Xn - 1}{Xn - X1}. \quad (4)$$

Для выявления промаха рассчитанное для него Q сравнивают с табличным критическим значением $Qтабл$, приведенным в аналитических справочниках. Если $Q > Qтабл$, то сомнительный результат исключают из рассмотрения, считая промахом. Промахи должны быть выявлены и устранены.

Систематическими погрешностями считают те, которые приводят к отклонению результатов повторных измерений на одну и ту же только положительную или отрицательную величину от истинного значения. Их причиной может быть неправильная калибровка измерительных приборов и инструментов, примеси в применяемых реактивах, неправильные действия (например, выбор индикатора) или индивидуальные особенности аналитика (например зрение). Систематические погрешности могут и должны быть устранены. Для этого используют:

1) получение результатов количественного анализа несколькими различными по природе методами;

2) отработку методики анализа на стандартных образцах, т.е. материалах, содержание определяемых веществ в которых известно с высокой точностью;

3) метод добавок (метод «введено-найдено»).

Случайные погрешности – это те, которые ведут к незначительным отклонениям результатов повторных измерений от истинного значения по причинам, возникновение которых выяснить и учесть невозможно (например, колебания напряжения в электросети, настроение аналитика и т.п.). Случайные погрешности вызывают разброс результатов повторных определений, проведенных в идентичных условиях. Разброс определяет воспроизводимость результатов, т.е. получение одинаковых или близких результатов при повторных определениях. Количественной характеристикой воспроизводимости является стандартное отклонение S.

Выборной называют совокупность результатов повторных измерений. Сами результаты называют вариантами выборки.

Совокупность результатов бесконечно большого числа измерений (в титровании $n = 30$) называют генеральной выборкой, а вычисленное по ней стандартное отклонение обозначают σ. Стандартное отклонение $S\,(\sigma)$ показывает, на какую в среднем величину отклоняются результаты n измерений от среднего результата x или истинного μ.

Квадрат величины стандартного отклонения $S^2(\sigma^2)$ называют дисперсией результатов измерения. Она показывает среднеквадратичное отклонение результатов повторных измерений от среднего x или истинного значения.

В процентах воспроизводимость оценивают по величине относительного стандартного отклонения:

$$\Delta S = \frac{S}{X\text{ср}} \times 100\ \%. \qquad (5)$$

Обычно считают при $S = 1\ldots5\%$ воспроизводимость результатов измерения хорошей, при $S = 5\ldots10\%$ – удовлетворительной, при $S = 10\ldots15\%$ – плохой, хотя эта шкала воспроизводимости условна и зависит от метода анализа.

В соответствии с теорией погрешностей (ошибок) известная величина S позволяет утверждать, что в 68 случаях из 100 случайная погрешность $< \pm 1S$, в 95 из $100 < \pm 2S$, а в 99 из $100 < \pm 3S$.

Отношение числа случаев, в которых происходит некоторое событие, к общему числу рассматриваемых случаев называется доверительной вероятностью (статистической надежностью) P. Для вышеуказанного P составляет: 0,68 (68%), 0,95 (95%), 0,99 (99%).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные правила отбора и проведения процедуры усреднения пробы для проведения исследований.
2. Опишите проведение процедуры разложения анализируемой пробы.
3. Какую математическую функцию называют градуировочной? Что такое градуировочный график?
4. До какой цифры после запятой вычисляется концентрация вещества при проведении химического анализа?
5. Назовите основные правила округления математических данных при расчетах.
6. Назовите основные виды погрешности, возникающие при проведении количественного анализа.
7. Раскройте понятие стандартного отклонения и квадрата величины стандартного отклонения.

Занятие 4. Качественный анализ. Цель и возможные методы

Цель занятия – изучить цель проведения качественного анализа, а так же возможные методы проведения качественного анализа в лабораторных испытаниях.

Качественный анализ имеет своей целью обнаружение определенных веществ или их компонентов в анализируемом объекте. Обнаружение проводится путем идентификации веществ, то есть установления тождественности (одинаковости) АС анализируемого объекта и известных АС определяемых веществ в условиях применяемого метода анализа. Для этого данным методом предварительно исследуют эталонные вещества, в которых наличие определяемых веществ заведомо известно. Например, установлено, что присутствие спектральной линии с длиной волны 350,11 нм в эмиссионном спектре сплава, при возбуждении спектра электрической дугой, свидетельствует о наличии в сплаве бария; посинение водного раствора при добавлении к нему крахмала является АС на присутствие в нем I_2 и наоборот.

Качественный анализ всегда предшествует количественному. В настоящее время качественный анализ выполняют инструментальными методами: спектральными, хроматографическими, электрохимическими и др. Химические методы используют на отдельных стадиях инструментальных (вскрытие пробы, разделение и концентрирование и др.), но иногда с помощью химического анализа можно получить результаты более просто и быстро, например, установить наличие двойных и тройных связей в непредельных углеводородах при пропускании их через бромную воду или водный раствор $KMnO_4$. При этом растворы теряют окраску.

Детально разработанный качественный химический анализ позволяет определять элементный (атомный), ионный, молекулярный (вещественный), функциональный, структурный и фазовый составы неорганических и органических веществ.

При анализе неорганических веществ основное значение имеют элементный и ионный анализы, так как знание элементного и ионного состава достаточно для установления вещественного состава неорганических веществ. Свойства органических веществ определяются их элементным составом, но также и структурой,

наличием разнообразных функциональных групп. Поэтому анализ органических веществ имеет свою специфику.

Качественный химический анализ базируется на системе химических реакций, характерных для данного вещества – разделения, отделения и обнаружения.

К химическим реакциям в качественном анализе предъявляют следующие требования.

1. Реакция должна протекать практически мгновенно.
2. Реакция должна быть необратимой.
3. Реакция должна сопровождаться внешним эффектом (АС):
   а) изменением окраски раствора;
   б) образованием или растворением осадка;
   в) выделением газообразных веществ;
   г) окрашиванием пламени и др.

Реакции, позволяющие получить внешний эффект с определяемым веществом, называют аналитическими, а добавляемое для этого вещество – реагентом. Аналитические реакции, проводимые между твердыми веществами, относят к реакциям «сухим путем», а в растворах – «мокрым путем».

К реакциям «сухим путем» относятся реакции, выполняемые путем растирания твердого исследуемого вещества с твердым реагентом, а также путем получения окрашенных стекол (перлов) при сплавлении некоторых элементов с бурой.

Значительно чаще анализ проводят «мокрым путем», для чего анализируемое вещество переводят в раствор. Реакции с растворами могут выполняться пробирочным, капельным и микрокристаллическим методами. При пробирочном полумикроанализе его выполняют в пробирках вместимостью 2-5 $см^3$. Для отделения осадков используют центрифугирование, а выпаривание ведут в фарфоровых чашечках или тиглях. Капельный анализ осуществляют на фарфоровых пластинках или полосках фильтрованной бумаги, получая цветные реакции при добавлении к одной капле раствора вещества одной капли раствора реактива. Микрокристаллический анализ основан на обнаружении компонентов с помощью реакций, в результате которых образуются соединения с характерным цветом и формой кристаллов, наблюдаемых в микроскоп.

Для качественного химического анализа используют все известные типы реакций: кислотно-основные, окислительно-восстановительные, осаждения, комплексообразования и другие.

Качественный анализ растворов неорганических веществ сводится к обнаружению катионов и анионов. Для этого используют общие и частные реакции. Общие реакции дают сходный внешний эффект (АС) со многими ионами (например, образование катионами осадков сульфатов, карбонатов, фосфатов и т.д.), а частные – с 2-5 ионами. Чем меньше число ионов дают сходный АС, тем селективнее (избирательнее) считается реакция. Реакция называется специфической, когда позволяет обнаружить один ион в присутствии всех остальных.

Аммиак обнаруживают по запаху или по посинению красной лакмусовой бумажки, смоченной в воде и помещенной над пробиркой.

Селективность реакций можно повысить, изменяя их условия (pH) или применяя маскирование. Маскирование заключается в уменьшении концентрации мешающих ионов в растворе меньше предела их обнаружения, например путем их связывания в бесцветные комплексы.

Если состав анализируемого раствора несложен, то его после маскировки анализируют дробным способом. Он заключается в обнаружении в любой последовательности одного иона в присутствии всех остальных с помощью специфических реакций, которые проводят в отдельных порциях анализируемого раствора. Поскольку специфических реакций немного, то при анализе сложной ионной смеси используют систематический способ. Этот способ основан на разделении смеси на группы ионов со сходными химическими свойствами путем перевода их в осадки с помощью групповых реактивов, причем групповыми реактивами воздействуют на одну и ту же порцию анализируемого раствора по определенной системе, в строго определенной последовательности. Осадки отделяют друг от друга (например центрифугированием), затем растворяют определенным образом и получают серию растворов, позволяющих в каждом обнаружить отдельный ион специфической реакцией на него.

Существует несколько систематических способов анализа, называемых по применяемым групповым реактивам: сероводородный, кислотно-основный, аммиачно-фосфатный и другие. Классический сероводородный способ основан на разделении катионов на 5 групп путем получения их сульфидов или сернистых соединений при воздействии сероводорода (H_2S), сульфида аммония ($(NH_4)_2S$), Сульфид натрия (NaS) в различных условиях.

Более широко применяемым, доступным и безопасным является кислотно-основный метод, при котором катионы разделяют на 6 групп (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному способу

Номер группы	Катионы	Групповой реактив	Растворимость соединений
I	Ag^+, Pb^{2+}, Hg^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде
II	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	1M H_2SO_4	Сульфаты не растворимы в воде
III	Zn^{2+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Si^{4+}, As	4M NaOH	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
IV	Mg^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	25% NH_3	Гидроксиды нерастворимы в избытке NaOH или NH_3
V	Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}	25% NH_3	Гидроксиды растворяются в избытке NH_3 с образованием комплексных соединений
VI	Na^+, K^+, NH_4^+	Нет	Хлориды, сульфаты, гидроксиды растворимы в воде

Номер группы указывает на последовательность воздействия реактивом. Качественный химический анализ органических веществ подразделяют на ***элементный***, ***функциональный***, ***структурный*** и ***молекулярный***.

Анализ начинают с предварительных испытаний органического вещества. Для твердых измеряют температуру плавления ($t_{плав}$), для жидких – температуру кипения ($t_{кип}$) или показатель преломления. Молярную массу определяют по понижению $t_{замерз}$ или повышению $t_{кип}$, то есть криоскопическим или эбулиоскопическим методами. Важной характеристикой является растворимость, на основе которой существуют классификационные схемы органических веществ. Например, если вещество не растворяется в H_2O, но растворяется в 5% растворе NaOH или $NaHCO_3$, то оно относится к группе веществ, в которую входят сильные органические кислоты, карбоновые кислоты с более чем шестью атомами углерода, фенолы с заместителями в орто- и параположениях.

Структурным анализом устанавливают структурную формулу органического вещества или ее отдельные структурные элементы (двойные и тройные связи, циклы и так далее).

Молекулярным анализом устанавливают целиком вещество. Например, фенол можно обнаружить реакцией с $FeCl_3$ в пиридине.

Чаще молекулярный анализ сводится к установлению полного состава соединения на основании данных об элементном, функциональном и структурном составе вещества. В настоящее время молекулярный анализ проводят в основном инструментальными методами.

Контрольные вопросы

1. Назовите цель и задачи проведения качественного анализа.
2. Перечислите требования, предъявляемые к химическим реакциям в качественном анализе.
3. Какие реакции называются аналитическими?
4. Перечислите типы химических реакций, используемых для проведения качественного химического анализа.
5. Как можно повысить селективность реакций?
6. На какие группы подразделяется качественный химический анализ органических веществ?

Занятие 5. Теоретические основы количественного химического анализа. Требования к химическим реакциям. Растворы и растворители. Способы выражения концентрации растворов

Цель занятия – изучить основы количественного химического анализа. Изучить перечень требований к растворам и растворителям. Способы выражения концентрации растворов.

В основе количественного химического анализа (КХА) лежит химическая реакция между определяемым веществом и веществом – реагентом.

К химическим реакциям, применяемым в КХА, предъявляют следующие *требования:*

1) реакция должна протекать достаточно быстро и быть практически необратимой;

2) вещества, вступившие в реакцию, должны реагировать в строго определенных количественных соотношениях, т.е. реакция должна быть стехиометрической и не сопровождаться побочными реакциями;

3) в результате реакции должны получаться соединения с определенным молекулярным составом;

4) на ход реакции не должны оказывать влияние примеси, присутствующие в анализируемом веществе;

5) реакция должна позволять достаточно просто устанавливать момент ее окончания, а также массу продукта реакции или объем раствора реагента, затраченный на ее проведение.

Понятие эквивалента вещества является особенно важным для КХА, так как закон эквивалентов служит основой для расчета результатов титриметрического анализа.

Эквивалентом вещества *X* называется такая его реальная или условная частица, которая в кислотно-основных реакциях отдает, присоединяет или каким-либо другим способом эквивалентна одному протону (H^+-иону), а в окислительно-восстановительных реакциях – одному электрону.

Теоретической базой для большинства методов КХА является понятие «химическое равновесие» и закон действующих масс (ЗДМ), которые позволяют получить формулы для расчета различных характеристик реакционной смеси из определяемого вещества

и реагента в различные моменты протекания химической реакции.

Несмотря на требование необратимости, большинство аналитических реакций до конца не идут, поскольку продукты реакции взаимодействуют друг с другом с образованием исходных веществ. В начале химического обратимого процесса скорость прямой реакции максимальна, а обратной реакции равна нулю, но по мере прохождения процесса скорость прямой реакции уменьшается с уменьшением концентраций исходных веществ, а скорость обратной растет.

Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ выражается законом действующих масс (К. Гульберг, П. Вааге, 1867 г.): *скорость химической реакции при данной температуре пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.*

Константа скорости химической реакции – это ее скорость при единичных концентрациях реагирующих веществ. При постоянной температуре константа скорости зависит только от природы реагирующих веществ и не зависит от их концентрации, что позволяет сравнивать скорости различных реакций путем сравнения их констант. Зависимость $K = f(T)$ выражает уравнение Аррениуса $lnK = A/T + B$ (A и B – константы), а также империческое правило Вант-Гоффа: *при увеличении температуры на каждые 10°С скорость химической реакции увеличивается в 2... 4 раза.*

Состояние системы реагирующих веществ, при котором скорость прямой и обратной реакции равны между собой, называется *химическим равновесием.*

Константу КР называют *константой химического равновесия*, а уравнение для ее вычисления выражает *ЗДМ для химического равновесия:* при установившемся химическом равновесии отношение произведения концентрации продуктов к произведению концентрации реагирующих веществ в степенях, соответствующим стехиометрическим коэффициентам, есть величина постоянная для данной реакции при определенных условиях.

Физический смысл K_P в том, что она показывает, во сколько раз $V_1 > V_2$ или в сторону какой реакции смещено равновесие. Для аналитических целей чаще всего используют реакции, имеющие большую величину K_P и практически нацело смещенные в прямом направлении.

К сильным электролитам ЗДМ неприменим. В растворах сильных электролитов существенную роль играет электростатическое взаимодействие ионов и их ассоциация. Вследствие этого в химических реакциях участвует только часть ионов сильного электролита, пропорциональная так называемой активности. Активность – это концентрация раствора сильного электролита, взятая с поправкой на межионное взаимодействие с помощью коэффициента активности:

$$a = \gamma \times c, \qquad (6)$$

где a – активность, моль/л; γ – коэффициент активности; c – концентрация ионов в растворе без учета межионного взаимодействия, моль/л.

Большинство химических реакций в КХА проводят в растворе, так как этот способ их осуществления наиболее прост и удобен. Одной из основных характеристик растворов является концентрация.

Концентрация – это величина, показывающая количественное содержание одного вещества в другом в относительных единицах, таких, как

- процент (%), выражающий число частей данного вещества на 100 частей другого (или всего) вещества;
- промилле (‰, *pm*) – на тысячу частей;
- пропромилле (‰, *ppm*) – на миллион частей;
- пробилле (*рв*) – на миллиард частей.

Выражение концентрации через *pm*, *ppm*, *рв* используют в основном в фармацевтике (аптекарском деле).

В количественном химическом анализе наиболее часто используют массовую, молярную и процентную концентрации.

В качестве массовой концентрации широко применяется титр раствора. Различают «обыкновенный (простой)» и «условный» (по определяемому веществу) титры.

Простой титр (Т) равен отношению массы растворенного вещества Х к объему его раствора

$$T(X) = m(X) / V(X), \qquad (7)$$

где $m(X)$ и $V(X)$ – масса вещества X и объем его раствора соответственно.

В основном в качестве единицы $T(X)$ используют г/см³ (г/мл), но иногда пользуются и производными единицами: кг/м³, мг/см³ и др. Выраженный в г/см³ титр показывает сколько граммов вещества X содержится в 1см³ его раствора.

Несмотря на одинаковую размерность, *титр не следует путать с плотностью*! Величина плотности раствора показывает массу одного см³ раствора, а не массу вещества в нем.

Титр по определяемому веществу T(B/A), выраженный в г/см³, показывает сколько граммов определенного вещества *A* взаимодействует с 1 см³ стандартного раствора вещества *B*:

$$T(B/A) = m(A) / V(B). \quad (8)$$

В аналитической химии используют две молярные концентрации: молярную концентрацию вещества и молярную концентрацию эквивалента вещества.

Молярная концентрация вещества X, выраженная в моль/дм³, показывает количество вещества *X*, содержащееся в 1 дм³ (л) его раствора:

$$c(X) = n(X) / V(X), \quad (9)$$

где *n(X)* – количество вещества *X*, моль; *V(X)* – объем раствора вещества *X*, дм³.

На этикетке молярную концентрацию показывают числом молярных масс вещества, содержащихся в 1 л его раствора. Например, 0,1М H_2SO_4, 1М H_2SO_4 и т.п.

Молярная концентрация эквивалента вещества *X* (бывшая нормальность *N*), выраженная в моль/дм³ (моль/л), показывает количество эквивалентов вещества *X*, содержащееся в 1 дм³ (1 л) его раствора.

Нормальным называется раствор, содержащий 1 моль эквивалентов вещества в 1 дм³ (1 л). Такую концентрацию обозначают «1н.», от этой концентрации могут быть производные: 0,1н., 2н. и др. На этикетке раствора, концентрация которого соотнесена с концентрацией нормального раствора, должен быть указан фактор эквивалентности растворенного вещества. Например, 0,1 н. H_2SO_4, $f_{ЭКВ}$ (H_2SO_4) = ½.

В качестве растворителя в КХА в основном используют воду как наиболее доступный и дешевый растворитель, не требующий специальных условий работы с ним (например, вытяжных шкафов, защитной одежды и т.п.), легко поддающийся очистке дистилляцией. В аналитической практике используют дистиллят или бидистиллят воды (т.е. один раз или дважды продистиллированную воду) в зависимости от требуемой по методике анализа чистоты растворителя.

Анализ нерастворимых в воде веществ (например, органических) проводят в неводных средах с использованием неводных растворов кислот, оснований и т.п.

При классификации растворителей прежде всего выделяют характер их участия в процессе кислотно-основного взаимодействия. По этому признаку выделяют *апротонные и протолитические растворители.*

Молекулы апротонных растворителей не ионизированы, поэтому в кислотно-основных взаимодействиях они ведут себя как химически инертные вещества, не отдавая и не принимая протон, как безпротонные, что отражено в их названии. К апротонным растворителям относят углеводороды, например гексан, бензол и их галогенопроизводные (хлороформ, тетрахлорид углерода и др.)

К протолитическим относят растворители, способные к ионизации и отдаче или присоединению протона. Кислотно-основное равновесие в этих растворителях осуществляется с их участием.

Это участие является основой *идей протолитической (протонной)* теории кислот и оснований Бренстеда и Лоури (1927 г.). В отличие от теории электролитической диссоциации Аррениуса–Оствальда (1887 г.), в которой растворитель считался инертной средой, с точки зрения протонной теории кислота не выделяет протон самопроизвольно, а участвует в его переносе совместно с основанием, в качестве которого могут быть молекулы растворителя. Согласно протонной теории процесс передачи протона от кислоты к основанию называется *протолизом,* причем кислотой считают любое вещество, способное отдавать протон, а основанием – его принимать. Ионно-молекулярное равновесие, устанавливающееся после передачи протона, называют *протолитическим* или *кислотно-основным.*

Кислотно-основное взаимодействие по этой теории состоит в обратимом переносе протона от кислоты к основанию. В результате такого процесса образуется пара новых частиц, одна из которых опять способна отдавать протон, а другая – его присоединять. Таким образом, кислота оказывается в равновесии с сопряженным основанием, а основание – с сопряженной кислотой.

Кислоты и основания, теряющие и приобретающие протоны, называют *протолитами.* Протолитические растворители, ведущие себя в процессе растворения вещества как кислота, отдавая протон,

называют *протогенными* (от лат. протонорождающие). К ним относят жидкие галогеноводороды (HCl, HBr), серную, безводную муравьиную и уксусную кислоты и др. Они увеличивают основные свойства растворенных в них веществ и уменьшают кислотные. Например, слабое основание анилин в среде безводной уксусной кислоты является сильным.

Протофильные (от лат. протонолюбяшие) растворители способны принимать протоны в процессе растворения. Это, например, жидкий аммиак, пиридин, гидразин и др. Они увеличивают кислотность растворенных веществ.

Амфипротонные растворители способны как отдавать, так и принимать протоны (вода, спирты, кетоны, нитрилы и др.). Вещества с такими свойствами называют *амфолитами* или *амфипротонными*.

Большинство аналитических реакций в водных растворах проводят при определенных значениях pH. Во всех реакциях один компонент БР вступает во взаимодействие, а другой является ее продуктом (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика буферных растворов

Буферный раствор и его pH	Химическая реакция	
	при добавлении кислоты	при добавлении основания
Ацетатный БР ($CH_3COOH + CH_3COONa$) pH = 4,7	$CH_3COONa + HCl =$ $= CH_3COOH + NaCl$	$CH_3COOH + NaOH =$ $= CH_3COONa + H_2O$
Аммиачный БР ($NH_4OH + NH_4Cl$) pH = 9,3	$NH_4OH + HCl =$ $= NH_4Cl + H_2O$	$NH_4Cl + NaOH =$ $= NH4OH + NaCl$
Карбонатный БР ($Na_2CO_3 + NaHCO_3$) pH = 10,3	$Na_2CO_3 + HCl =$ $= NaHCO_3 + NaCl$	$NaHCO_3 + NaOH =$ $= Na_2CO_3 + H2O$
Фосфатный БР ($Na_2HPO_4 + NaH_2PO_4$) pH = 8	$Na_2HPO_4 + HCl =$ $= NaH_2PO_4 + NaCl$	$NaH_2PO_4 + NaOH =$ $= Na_2HPO_4 + H_2O$

Для поддержания заданного значения pH используют специальные буферные растворы (БР). БР содержат двойные смеси сопряженных кислот и оснований. Приготовленные БР специально вводят в реакционную систему, но БР могут и сами образовываться в ней за счет химических реакций слабых кислот (слабых оснований)

или гидролизующихся солей с сильными основаниями (сильными кислотами). БР обладают способностью не изменять заметно pH при их разбавлении, а также препятствовать изменению pH реакционной системы, в которую введен (или образовался) БР, при добавлении к ней небольших количеств сильной кислоты или оснований. Сущность буферного действия БР заключается в том, что его сопряженная кислота может связывать OH^--ионы, а сопряженное основание H^+-ионы в молекулы слабого электролита (воду, слабую кислоту или слабое основание).

Контрольные вопросы

1. Каким законом выражается зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ? Приведите его формулировку.
2. Что такое константа скорости реакции?
3. Что называется химическим равновесием?
4. Перечислите требования, которые предъявляются к химическим реакциям, применяемым в количественном химическом анализе.
5. Что называется эквивалентом вещества?
6. Раскройте понятие «концентрация вещества» и перечислите единицы выражения концентрации вещества.
7. Сформулируйте основные понятия протолитической идеи – теории кислот и оснований Бернстеда и Лоури (1927 г.)?

Занятие 6. Титриметрический анализ, основные понятия и инструменты титриметрии. Классификация титриметрических методов по химическим реакциям

и веществам реагентов

Цель занятия – изучить основы титриметрического анализа при проведении экологического мониторинга и проведении лабораторных исследований. Изучить классификацию титриметрических методов по химическим реакциям и веществам.

Количественный химический анализ подразделяют на титриметрический и гравиметрический. Вследствие длительности применения (более 150 лет) и разработанности методик их называют классическими методами анализа.

Под общим названием «титриметрический анализ» объединяют количественные определения, осуществляемые титрованием.

Титрование заключается в постепенном добавлении к строго определенной порции раствора анализируемого вещества или его навеске порций раствора реагента с точно известной концентрацией до полного прохождения химической реакции между реагентом и определяемым веществом. Эту реакцию называют реакцией титрования, а момент ее окончания регистрируют по изменению окраски специальных химических цветопеременных веществ – индикаторов или по изменению окраски титруемого раствора. Момент окончания титрования называют конечной точкой титрования (КТТ) или моментом (точкой) эквивалентности (МЭ, ТЭ), если он точно отвечает моменту химической эквивалентности определяемого вещества и вещества реагента. Раствор реагента с точно известной концентрацией, выраженной, как правило, в виде титра, называют титрованным, титрантом, стандартным или рабочим.

Содержание определяемого вещества в титриметрии рассчитывают по закону эквивалентов (уравнение связи), используя в качестве интенсивности аналитического сигнала измерений объем титранта, пошедший на титрование, поэтому старое название метода – объемный анализ.

По способу приготовления различают стандартные растворы с приготовленным и установленным титром. Растворы с приготовленным титром получают:

1) методом точной навески путем растворения точно взвешенной (до $10^{-4}...10^{-5}$ г) навески стандартного (исходного) вещества в точно отмеренном с помощью мерной колбы (до 10^{-2} мл) объеме растворителя;

2) из стандарт-титров (фиксаналов – старое название) растворением в мерной колбе определенной вместимости навески исходного вещества или определенного объема его концентрированного раствора, запаянных в стеклянную ампулу в заводских условиях.

К стандартным (исходным) веществам предъявляют строгие требования. Ими могут быть только химически чистые (примеси меньше 0,01%), химически устойчивые, хорошо растворимые вещества, состав которых строго соответствует химической формуле, с возможно большей молярной массой при возможно меньшем вкладе в нее молярной массы вещества реактива, чтобы уменьшить погрешность при взвешивании. Эти вещества должны удовлетворять требованиям к химическим реакциям в количественном химическом анализе.

Растворы с установленным титром готовят методом разбавления концентрированных растворов в три стадии. Этим способом готовят, например, стандартные растворы сильных кислот и щелочей, вещества которых вследствие своей агрессивности не отвечают требованиям, предъявляемым к исходным веществам. Первая стадия заключается в разбавлении концентрированного раствора до концентрации близкой к необходимой, в мерной посуде с приблизительной точностью измерения объема (1-10 $см^3$). Вторая стадия заключается в приготовлении специального установочного раствора с приготовленным титром. На третьей стадии титрованием устанавливают точную концентрацию рабочего раствора по концентрации установочного.

Инструментами для точного измерения объемов (до10^{-2} $см^3$) растворов в титриметрии служат аналитические пипетки, бюретки и мерные колбы различной вместимости, а массы – *аналитические весы* (до 10^{-4}…10^{-5} г). Для приблизительного измерения объемов – *мерные цилиндры, мензурки, стаканы и колбы с делениями* (до 50 $см^3$), а массы – *технические весы (до 10^{-2} г).*

Конкретное титрование в титриметрии принято изображать схемой в виде вертикальной стрелки (бюретки), справа вверху от которой указывают химическую формулу и концентрацию титранта, в середине – индикатор, а внизу – определяемое вещество.

При пипетировании для каждого повторного титрования аналитической пипеткой определенной вместимости $V_{пип}$ отбирают пробу *(аликвотную часть*) анализируемого раствора. Расчет массы определяемого вещества во всем объеме раствора, взятого на анализ

$V_{мк}$, проводят по формуле с поправочным коэффициентом $V_{мк}/V_{пип}$, называемым *фактором разбавления* (или просто разбавлением). $V_{мк}$ и $V_{пип}$ – объем раствора вещества А в мерной колбе и пипетке, взятые на анализ.

В титриметрии используют способы *прямого, обратного (по остатку) и заместительного (косвенного)* титрований.

При прямом титровании раствор определяемого вещества А непосредственно титруют стандартным раствором вещества В. Содержание вещества А *m(A)* и *ώ(A)* находят по закону эквивалентов: вещества реагируют равными количествами вещества их эквивалентов, т.е. *n(1/z A) = n(1/z B)*. Подстановкой в это соотношение различных выражений для количества вещества эквивалента (*n(1/z X)= = m(X)/M(1/z X)* или *n(1/z X) = c(1/z X)V(X)*) получают формулы для *m(A)* и *ώ(A)*, приведенные выше, а *c(1/z A)* рассчитывают по формуле (10):

$$c\left(\frac{1}{z}A\right) = \frac{c\left(\frac{1}{z}B\right)V(B)}{V(A)}. \qquad (10)$$

К случаю прямого титрования относят титрование раствора кислоты щелочью (или наоборот), окислителя восстановителем (или наоборот) и др.

Обратное титрование (по остатку) применяют, когда вещество А – неустойчиво, или А и В не взаимодействуют, или нельзя подобрать индикатор для регистрации КТТ (МЭ, ТЭ), тогда к аликвотной части раствора А добавляют строго отмеренный, заведомо избыточный по отношению к А, объем дополнительного титрованного раствора вещества С, реагирующего с А в эквивалентных количествах. На второй стадии остаток С оттитровывают основным титрантом В, как бы снова (обратно) возвращаясь к желаемому титранту (варианту титрования), что и отражено в названии метода. Например, достоинством перманганатометрии является возможность титрования без индикатора растворов веществ восстановителей стандартным раствором $KMnO_4$, являющимся сильным окислителем в кислой среде (E = 1,51 В). В МЭ титруемый бесцветный раствор меняет свою окраску на розовую. Однако $KMnO_4$ не реагирует с окислителями, поэтому в этом случае применяют обратное титрование. Например, перманганатометрическое определение содержания $K_2Cr_2O_7$ можно показать схемой (рис. 7):

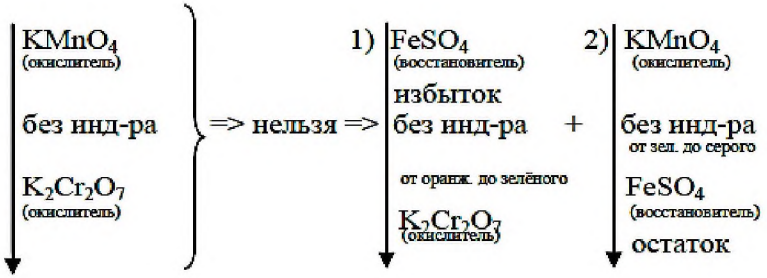


Рис. 7. Перманганатометрическое определение содержания $K_2Cr_2O_7$

Заместительное титрование применяют, например, при иодометрическом определении окислителей. Иодометрия – один из самых чувствительных титриметрических методов. Исключительная чувствительность объясняется применяемым индикатором – крахмалом, который синеет в присутствии ничтожных количеств молекулярного иода (J_2) в ТЭ иодометрического титрования. Отчетливое окрашивание титруемого раствора в интенсивный синий цвет позволяет очень точно определять ТЭ даже при следовых количествах определяемых веществ. Однако прямое титрование окислителей ($K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, $CuSO_4$ и др.) стандартным раствором KI (восстановителя) осуществить невозможно, так как нельзя применить крахмал как индикатор, поскольку первая же капля KI приведет к образованию I_2, раствор посинеет и дальнейшее добавление KI способствует только монотонному усилению этой окраски без резкого ее изменения в ТЭ. Поэтому, чтобы для определения окислителя применить иодометрическое титрование, его проводят в две стадии. На первой стадии к аликвоте раствора окислителя добавляют заведомый избыток нетитрованного раствора KJ для замещения всего количества вещества окислителя эквивалентным количеством I_2. Затем, на второй стадии, оттитровывают образовавшийся I_2 в присутствии крахмала стандартным раствором тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$.

Титриметрические методы классифицируют *по реакциям титрования.* Эти реакции могут быть обмена протонами или электронами, образования комплексных или малорастворимых соединений. Соответствующие группы титриметрических методов назы-

вают кислотно-основным титрованием *(протолиметрия)*, окислительно-восстановительным титрованием *(редоксиметрия),* комплексометрическим титрованием *(комплексометрия)* и осадительным титрованием (*седиметрия*).

Контрольные вопросы

1. Опишите принцип метода титрования в проведении количественного химического анализа.
2. Каким способом получают растворы с приготовленным титром?
3. Опишите принцип приготовления растворов с установленным титром.
4. Перечислите способы титрования в титриметрии.
5. По какому принципу классифицируют титриметрические методы?
6. Назовите лабораторное оборудование, с помощью которого проводят точное измерение объемов растворов.

Занятие 7. Физико-химические методы анализа, их классификация и основные приемы

Цель занятия – правила классификации основных физико-химических методов анализа и используемые приемы при проведении лабораторных исследований.

Физико-химический анализ объединяет большое число количественных методов, основанных на измерении различных физических свойств соединений или простых веществ с использованием соответствующих приборов. К таким свойствам относятся: плотность, поверхностное натяжение, вязкость, поглощение лучистой энергии, помутнение, излучение, комбинационное рассеяние света, вращение плоскости поляризации света, показатель преломления, дисперсия, флуоресценция и фосфоресценция, дифракция рентгеновских лучей и электронов, ядерный и электронный магнитный резонанс, полуэлектродные потенциалы, потенциалы разложения, электрическая проводимость, диэлектрическая постоянная, магнитная восприимчивость, температура фазовых превращений, теплота реакции, теплопроводность, радиоактивность и другие физические свойства (рис. 8).



Рис. 8. Классификация физико-химических методов анализа

Физико-химические методы анализа:
-спектральные
-электрохимические

-термические

-хроматографические

Практически все физико-химические методы исследования основаны на предварительно изученной зависимости состав – свойство. Первый этап разработки и применения любого физико-химического метода – установление зависимости между составом исследуемой пробы и тем или иным ее свойством, выраженным обычно математически в виде формулы или графика. Еще одна характерная черта физико-химических методов анализа – независимость показателей свойств вещества или системы в обычных условиях от его объема. Например, потенциал электрода не зависит от того, в какой объем раствора он погружен; интенсивность излучения веществом, которое вводят в пламя горелки, не зависит от общего объема введенного раствора, а определяется только скоростью его подачи и концентрацией. Классификация спектральных методов анализа представлена в таблице 3.

Таблица 3

Спектральные методы

Вид энергии возмущения	Измеряемое свойство	Название метода
Электромагнитное излучение	Длина волны и интенсивность спектральной линии в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой частях спектра	Оптические методы (ИК-спектроскопия, атомно-эмиссионный анализ, атомно-абсорбционный анализ, фотометрия, люминесцентный анализ, турбидиметрия, нефелометрия)
	То же, в рентгеновской области спектра	Рентгеновская фотоэлектронная, оже-спектроскопия
	Времена релаксации и химический сдвиг	Спектроскопия ядерномагнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного (ЭПР) резонанса

Кроме того, некоторые физико-химические методы позволяют изучать состав, строение, свойства почв и растений без каких-либо химических операций. Современная промышленность массово выпускает ионоселективные электроды для определения pH, pCa, pK, pNa, pNOs, pNH_4, pCl и др. Такие электроды можно погрузить в почву или ввести в растение непосредственно в поле и постоянно или периодически снимать показания как визуально, так и в авто-

матическом режиме. Метод инфракрасной спектроскопии дает подробную характеристику важнейших атомных групп и химических связей в неизменном образце почв или биообъектов. Классификация электрохимических, термических и хроматографических методов представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

Электрохимические методы

Вид энергии возмущения	Измеряемое свойство	Название метода
Поток электронов (электро-химические реакции в растворах и на электродах)	Напряжение, потенциал	Потенциометрия
	Ток поляризации электродов	Вольтамперометрия, полярография
	Сила тока	Амперометрия
	Сопротивление, проводимость	Кондуктометрия
	Импеданс (сопротивление переменному току, емкость)	Осциллометрия, высокочастотная кондуктометрия
	Количество электричества	Кулонометрия
	Масса продукта электро-химической реакции	Электрогравиметрия
	Диэлектрическая проницаемость	Диэлектрометрия

Таблица 5

Термические и хроматографические методы

Вид энергии возмущения	Измеряемое свойство	Название метода
Термические методы анализа		
Теплота	Температура	Термический анализ
		Термогравиметрия
	Количество теплоты	Калориметрия
	Энтальпия	Термометрический анализ
	Механические свойства	Дилатометрия
Хроматографические методы		
Энергия химических и физических (Ван-дер-Ваальсовые силы) взаимодействий	Электропроводность Теплопроводность Ток ионизации	Газовая, жидкостная, осадочная, ионообменная, гель-проникающая хроматография

Возможность работать с ненарушенными образцами имеет значение по двум причинам. Во-первых, при помощи этого приема мы получаем информацию об истинном состоянии почвы или растения

и их компонентов, тогда как при химическом анализе мы составляем лишь предположительное заключение об объекте на основе данных о составе растворов. Во-вторых, именно такие методы позволяют осуществлять дистанционные измерения как при помощи постоянно погруженных в почву датчиков, так и путем измерения спектров отражения почв и растений при помощи приборов, установленных на самолётах или искусственных спутниках.

Физико-химические методы анализа – это экспресс-методы. Несмотря на то, что при этом используют дорогостоящую аппаратуру, достигается большая экономия средств и сил благодаря быстроте определения. Вместе с тем большая часть методов обладает и высокой чувствительностью, что значительно расширяет возможности исследования и одновременно позволяет снизить расходы реактивов.

Почти во всех ФХМА применяются два основных методических приема: метод прямых измерений и метод титрирования.

В прямых методах используется зависимость аналитического сигнала от природы анализируемого вещества и его концентрации. В аналитической практике наибольшее распространение получили следующие методы прямого определения:

а) метод градуировочного графика. В этом методе измеряется интенсивность аналитического сигнала *I* у нескольких стандартных образцов или растворов и строится график в координатах *I=f(c),* где *c* – концентрация определяемого компонента в образцах или растворах. Затем в тех же условиях измеряется интенсивность сигнала у исследуемой пробы и по графику находят концентрацию вещества;

б) метод молярного свойства. Здесь также измеряется интенсивность аналитического сигнала I у нескольких стандартных образцов или растворов и рассчитывают молярное свойство А, т.е. интенсивность сигнала, пропорциональная 1 моль вещества *A=I/c*. Затем измеряют интенсивность сигнала у пробы и по соотношению *c=I/A* рассчитывают концентрацию анализируемого компонента;

в) метод добавок. В этом методе сначала измеряется интенсивность сигнала пробы *(Ix),* затем в пробу вводится известный объем стандартного раствора до концентрации $c_{ст}$ и снова измеряется интенсивность сигнала *(Ix + ct).*

В методах титрирования измеряется интенсивность аналитического сигнала и строится кривая титрирования в координатах *I, V*, где *V* – объем добавленного титранта, мл. Точка эквивалентности

находится по кривой титрирования.

Контрольные вопросы

1. Перечислите группы физико-химических методов анализа химических веществ и соединений.
2. Назовите принцип классификации спектральных методов анализа.
3. Назовите принцип классификации термических и хроматографических методов анализа.
4. Назовите принцип, который используют в прямых методах.
5. Какие методы прямого определения получили наибольшее распространение в аналитической практике?
6. Назовите два метода, которые используют практически во всех физико-химических методах анализа.

Занятие 8. Спектральные методы анализа. Спектры, способы их получения, особенности, классификация и использование для аналитических

целей. Эмиссионный спектральный анализ. Атомно-эмиссионный, спектральный, качественный и полуколичественный анализ. Ультрафиолетовая спектроскопия в видимой области. ИК-спектроскопия

Цель занятия – изучить спектральные методы проведения анализа. Изучить эмиссионный, атомно-эмиссионный и полуколичественный анализ.

К спектроскопическим методам относят физические методы, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом (или испускании электромагнитного излучения веществом после его возбуждения). Эти процессы приводят к различным энергетическим переходам, которые регистрируются экспериментально в виде поглощения, испускания, отражения и рассеяния электромагнитного излучения.

Спектроскопические методы подразделяют на атомные и молекулярные. Аналитическими сигналами в этих методах могут быть доля поглощенного атомами (молекулами) электромагнитного излучения или величина испускаемого атомами излучения (эмиссионные методы) (рис. 9).

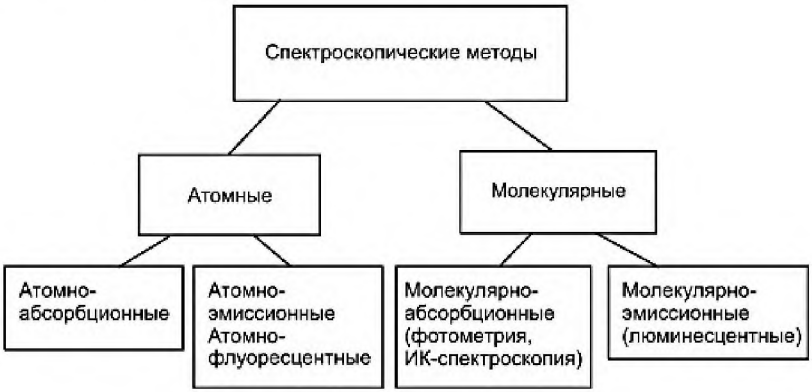


Рис. 9. Классификация спектроскопических методов

Спектры, расположенные в указанном диапазоне длин волн, называются оптическими, соответственно методы анализа, основанные на использовании этих спектров, – оптическими методами.

Их можно разделить на три группы: атомно-эмиссионная, атомно-абсорбционная и атомно-флуоресцентная спектроскопия.

Теоретические основы указанных методов базируются на учении о строении атомов (квантовая механика) и основных законах оптики.

В оптической атомной спектроскопии аналитический сигнал формируют возбужденные атомы, ионы (реже молекулы): в методах атомно-эмиссионной спектроскопии – возбужденные атомы, а невозбужденные свободные атомы – в методе атомно-абсорбционной спектроскопии.

В основе указанных методов лежат два основных положения:

1) спектр атомов каждого элемента характеризуется определенной совокупностью спектральных линий;

2) для каждой спектральной линии интенсивность испускания (поглощения) зависит от концентрации атомов указанного элемента в газовой фазе.

Для реализации методов оптической атомной спектроскопии необходимы следующие условия:

1) проба должна быть атомизирована, в атомно-эмиссионном методе образующиеся свободные атомы должны быть возбуждены;

2) испускаемые или поглощаемые характеристические линии определяемого элемента должны быть спектрально разделены (по длинам волн) с помощью соответствующей диспергирующей и детектирующей аппаратуры;

3) интенсивность линии определяемого элемента (испускания или поглощения) в спектре анализируемого образца должна быть сопоставлена с интенсивностями соответствующей линии в спектрах образцов сравнения.

В атомизаторе при высокой температуре происходят плавление, испарение вещества, диссоциация молекул на атомы. В результате соударений атомов с высокотемпературными частицами происходят их атомизация и возбуждение. В возбужденном состоянии атомы могут находиться 10^{-9}…10^{-7}с, затем самопроизвольно (спонтанно) возвращаются в основное или возбужденное состояние с меньшей энергией.

Пламенные способы атомизации и возбуждения спектров применяют давно при определении в растворах элементов с невысокими потенциалами возбуждения (около $8 \cdot 10^{-19}$ Дж, т. е. 5 эВ), главным образом, щелочных и щелочноземельных элементов. Принцип метода заключается в следующем: с помощью сжатого воздуха раствор вводят в атомизатор (пламя горелки) в виде аэрозоля. В пламени протекает ряд сложных физических и химических

процессов, приводящих к образованию атомов, ионов, молекул, их возбуждению и излучению. Из направленного в спектральный прибор излучения светофильтром или другим монохроматором выделяют излучение (линию) определяемого элемента.

Попадая на детектор, излучение преобразуется в фототок, который после усиления измеряют регистрирующим прибором. Зависимость между интенсивностью излучения и концентрацией элемента в растворе аппроксимируется прямой линией в определенном для каждого элемента интервале концентраций и зависит от выбранной спектральной линии, аппаратуры, состава горючей газовой смеси, условий диспергирования раствора.

Образование атомов в газовой фазе зависит от термодинамики и кинетики процессов испарения, атомизации, т. е. от тех процессов и факторов, которые определяют превращение твердых частиц пробы в атомы в газовой фазе и их возбуждение. К ним относятся:

1) температура пламени, соотношение в нем топлива и окислителя, зона пламени;

2) дисперсность вводимого в пламя аэрозоля;

3) физические свойства раствора: плотность, вязкость, поверхностное натяжение;

4) химический состав анализируемой пробы: присутствие элементов (A1, Ti, Zr, Hf, Mo, W, V и других), образующих труднолетучие соединения с определяемыми элементами (типа $CaAl_2O_4$, $SrAl_2O_4$, ZrO_3, MoO_4 и др.) и влияние анионов различных кислот, уменьшающееся в ряду H_3PO_4 > HCL > H_2SO_4 > > HNO_3 (анионный эффект).

Независимо от выбранного метода по образцам сравнения предварительно устанавливают интервал линейной зависимости величины аналитического сигнала – фототока *I,* мА (в пламенной фотометрии), оптической плотности – *A* (в атомной абсорбции) от концентрации определяемого элемента – *c*, мкг/мл.

Метод градуировочного графика. Из стандартных растворов определяемых элементов разбавлением готовят серию образцов сравнения. Диапазон концентраций элементов в серии устанавливают, исходя из предполагаемых концентраций определяемых элементов в анализируемом образце. При одинаковых параметрах работы измерительного прибора фотометрируют образцы сравнения и анализируемый образец. По результатам измерения для каждого

элемента строят градуировочный график. По оси абсцисс откладывают концентрации элемента в образцах сравнения – c, мкг/мл, по оси ординат – значения аналитического сигнала. По градуировочному графику определяют концентрацию элемента в анализируемом образце.

Метод ограничивающих растворов основан на сравнении интенсивностей излучения (или величин оптической плотности) линий определяемого элемента при последовательном введении в пламя анализируемого раствора и двух образцов сравнения. По серии образцов сравнения устанавливают диапазон линейной зависимости показаний измерительного прибора от концентрации определяемого элемента и в этих же условиях фотометрируют анализируемый раствор. В установленном диапазоне линейности выбирают образцы сравнения с концентрациями определяемого элемента c_1 меньшей, чем концентрация c_x в анализируемом растворе, и c_2 – большей, чем c_x ($c_1 < c_x < c_2$). Два выбранных образца сравнения и анализируемый раствор фотометрируют при одинаковых параметрах измерительного прибора.

Применение УФ-спектроскопии.

1. Идентификация органических соединений, содержащих хромофорные группировки – доказательство наличия в исследуемом веществе группировок-хромофоров – сопряженной диеновой, полиеновой и ароматической систем, а также карбонильной группы и нитрогруппы или их отсутствия; в простейших случаях, возможность определения типа хромофора, длины цепи сопряжения, числа алкильных групп при хромофоре. При сравнении спектра неизвестного соединения с известным идентичность спектров указывает на идентичность структур хромофоров.

2. Исследование деталей строения, используя величины коэффициента молярной экстинкции и длины волны в максимуме полосы поглощения. Полосы поглощения низкой интенсивности ($lg\varepsilon \leq 2$) относятся к группами, имеющим $n \rightarrow \pi^*$-переходы (C=O, C=S, C=N, N=N, NO_2, NO). Полосы поглощения в области 250-300 нм с $lg\varepsilon$ = 2-3 могут быть связаны с соединениями ароматического ряда, типа производных бензола, и в большинстве своем имеют колебательную структуру. Интенсивные полосы поглощения с $\lambda_{макс} > 224$ нм и $lg\varepsilon \geq 4$ характеризуют соединения с сопряженными связями. Относительное расположение хромофорных групп у

кратных связей влияет на спектры поглощения, что позволяет различить цис- и транс-изомеры. Длинноволновая полоса $\pi \rightarrow \pi^*$-перехода транс-изомера смещена батохромно и имеет большую интенсивность по сравнению с цисизомером.

3. Количественный анализ, включая контроль за ходом реакций и определение примесей в образце органического вещества, исследования процессов комплексообразования (определение состава комплексных соединений, константы устойчивости комплексных соединений). Обязательное условие для проведения количественного определения вещества спектрофотометрическим методом:
в интервале возможных концентраций поглощение должно подчиняться основному закону светопоглощения.

Определение концентрации вещества в анализируемом растворе проводят:

1) по молярному или удельному коэффициентам поглощения;

2) по калибровочному графику.

Современный спектрофотометр состоит из следующих частей (рис. 10):

1. Источник излучения.
2. Монохроматор.
3. Фотометр с кюветным отделением.
4. Кюветное отделение.
5. Приёмник (детектор).

Источником излучения обычно служит водородная (дейтериевая) лампа в УФ-области и лампа накаливания с вольфрамовой нитью в видимой области (в качестве источников используются также вольфрам-галогеновые лампы, импульсные источники и др.).

В спектрофотометре Shimadzu UV3600 используются дейтериевая и галогеновая лампы. Чтобы сфокусировать свет на входную щель монохроматора, используют поворачивающееся зеркало. Монохроматор – устройство, необходимое для выделения света с нужной длиной волны (обычно призма или дифракционная решётка). Материал призмы должен быть различным для отдельных областей спектра : CaF_2 или LiF для области вакуумного УФ, кварц для ближней и средней УФ области стекло для видимой области.

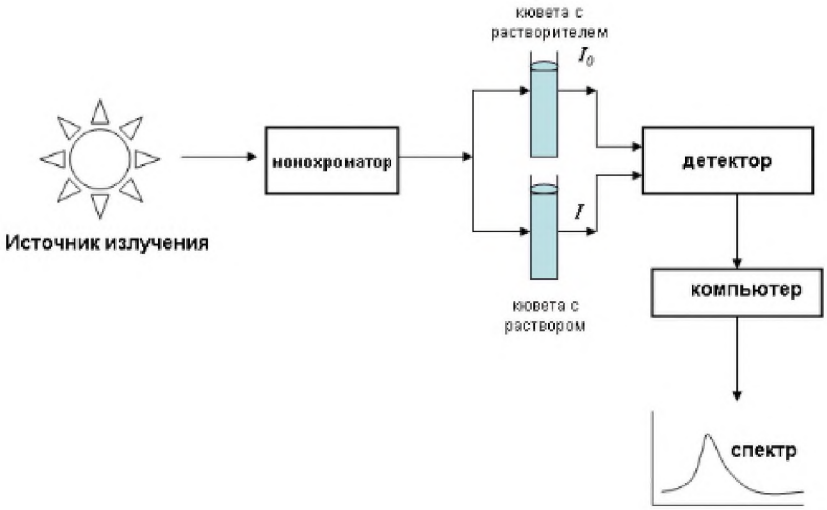


Рис. 10. Принципиальная схема оптического спектрофотометра

С помощью фотометра монохроматический свет делится на два одинаковых пучка, один из которых направляется на кювету с раствором вещества, а другой – на кювету сравнения (обычно чистый растворитель). Кювета изготавливается из прозрачного в исследуемой области материала. Чаще используется кварцевая кювета. В качестве приёмников излучения используются вакуумные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители (ФЭУ), а также твердотельные фотоэлементы и пластинки. Компьютер используется для автоматизации эксперимента и обработки результатов измерений.

ИК-спектроскопия – метод исследования веществ, основанный на поглощении инфракрасного (ИК) излучения исследуемым веществом. Колебательные движения, происходящие в молекулах в пределах основного электронного уровня, проявляются в ИК-области спектра, поэтому эти спектры называют колебательными.

К колебательным спектрам относятся и спектры комбинационного рассеяния (КР или Раман).

При поглощении инфракрасного излучения возбуждаются только те колебания, которые связаны с изменением дипольного момента молекулы. Все колебания, в процессе которых дипольный момент не изменяется, в ИК-спектрах не проявляются (рис. 11).

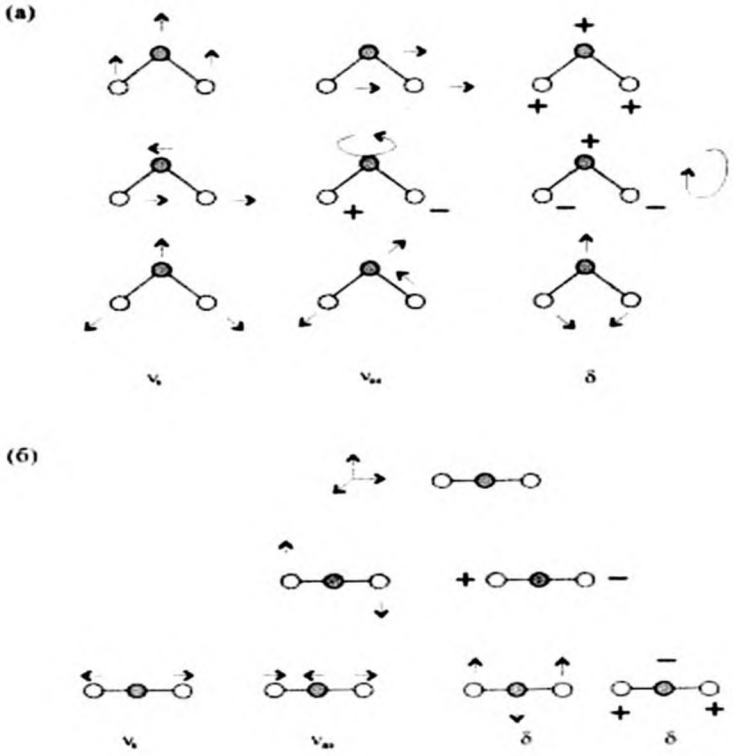


Рис. 11. Различные возможности движения трехатомных молекул:
а – молекула H_2O (нелинейная); б – молекула CO_2 (линейная)

По принципу получения спектра приборы для ИК-области можно разделить на две основные группы: диспергирующие и недиспергирующие.

Одно- и двухлучевые схемы. Сканирующие диспергирующие ИК-спектрометры по схеме освещения бывают *однолучевыми и двухлучевыми.* При однолучевой схеме спектр поглощения исследуемого вещества регистрируется на совпадающей с длиной волны кривой интенсивности и вместе с фоновым поглощением. Обычно используется двухлучевая схема, которая позволяет выравнивать фон, т.е. линию полного пропускания, и компенсировать поглоще-

ние атмосферных паров H_2O и CO_2, а также ослабление пучков окнами кюветы и, если необходимо, поглощение растворителей (рис. 12).

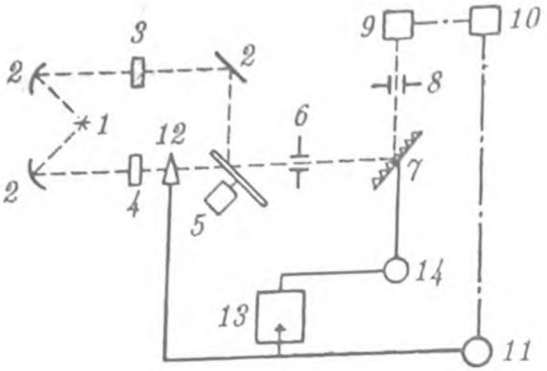


Рис. 12. Блок-схема двухлучевого сканирующего ИК-спектрометра:
1 – источник ИК-излучения; 2 – система зеркал; 3 – рабочий пучок и образец; 4 – пучок сравнения и компенсатор фона; 5 – прерыватель-модулятор; 6 – входная щель монохроматора; 7 – диспергирующий элемент (дифракционная решетка или призма с зеркалом Литтрова); 8 – выходная щель монохроматора, 9 – приемник; 10 – усилитель; 11 – мотор отработки; 12 – фотометрический клин; 13 – самописец; 14 – мотор развертки

В качестве *источников непрерывного ИК-излучения* используются обычно силитовый стержень – *«глобар»* (штифт из карбида кремния) или *штифт Нернста* (из оксидов редкоземельных элементов). Кривая интенсивности излучения этих источников, нагреваемых током до высоких температур, имеет вид кривой излучения абсолютно черного тела. Так, например, у глобара при температуре ~ 1300 °С максимум интенсивности излучения приходится на область ~ 5000 $см^{-1}$ (~ 2 мкм), а в области ~ 600 см-1 (16,7 мкм) интенсивность падает примерно в 600 раз.

Диспергирующие спектрометры. В качестве диспергирующего устройства используются призмы из материала с соответствующей ИК-диапазону дисперсией и дифракционные решетки. Обычно для средней ИК-области (400-5000 $см^{-1}$) применяют призмы из монокристаллов KBr, NaCl и LiF. В настоящее время

призмы находят незначительное применение и практически вытеснены дифракционными решетками, дающими большой выигрыш в энергии излучения и высокое разрешение. Но, несмотря на высокое качество этих приборов, они все больше заменяются на фурье-спектрометры, относящиеся к группе недиспергирующих приборов.

Контрольные вопросы

1. Какие методы относятся к спектроскопичестким методам анализа?
2. На какие группы подразделяются спектроскопические методы анализа?
3. Какие условия необходимы для реализации методов оптической атомной спектроскопии?
4. Дайте характеристику методу градуировочного графика.
5. В каких областях используют ультрафиолетовую спектроскопию?
6. Опишите принципиальную схему устройства оптического спектрофотометра.
7. С какой целью и в каких областях используют метод инфракрасной спектроскопии?

Занятие 9. Оптические приборы для спектрального анализа (спектрометры)

Цель занятия – изучить устройство оптических приборов для проведения спектрального анализа.

В практической спектроскопии существует следующая классификация спектральных приборов:

1. По типу оптической схемы – обычные приборы, имеющие отдельно коллиматорную (входную) и камерную (выходную) трубы, автоколлиматорные приборы, в которых конструктивно совмещены коллиматор и камера.

2. По принципу диспергирования – призменные приборы приборы, с дифракционными решетками интерференционные приборы.

3. По назначению – монохроматоры, выделяющие узкую спектральную область или спектральную линию;

- полихроматоры, выделяющие широкую или одновременно несколько узких областей спектра или несколько спектральных линий;

- спектрографы и спектроскопы, позволяющие получать или наблюдать одновременно широкие области спектра;

- спектрометры – приборы, сканирующие спектры при помощи фотоэлектрического, теплового приемника, ПЗС-линейки и регистрирующего устройства (компьютер).

4. По способу регистрации спектра – визуальные (спектроскопы) фотографические (монохроматоры, полихроматоры).

5. По области спектра – для инфракрасной области для видимой области, для ультрафиолетовой области, для вакуумной области.

Принципиальная схема спектрального прибора показана на рисунке 13.

Источник света через осветительную систему L освещает узкую входную щель прибора S. Фокусирующая оптика, состоящая из двух объективов O_1 и O_2 с параллельным ходом лучей между ними (наиболее часто встречающийся случай), в фокальной плоскости P дает изображение входной щели S. Разные направления лучей для различных длин волн обеспечиваются диспергирующей системой D. Совместно с диспергирующей системой фокусирующая система

дает монохроматические изображения входной щели, называемые спектральными линиями. Совокупность этих изображений (дискретная или непрерывная) называется спектрометром. В фокальной плоскости *P* может быть расположена фотографическая пластинка для регистрации спектра (спектрограф), окуляр за фокальной плоскостью *P* для визуального наблюдения спектра (спектроскоп), одна или несколько выходных щелей, выделяющих узкие участки спектра (монохроматор). Фокальная плоскость может быть плоской или цилиндрической. Для приборов с ахроматической фокусирующей оптикой фокальная плоскость или плоскость, касательная к ней, расположена под углом φ к оптической оси, близким к 90°. В остальных случаях угол φ значительно отличается от 90°. Спектральные приборы с вогнутой дифракционной решеткой не имеют особой фокусирующей оптики. Ее роль играет сама решетка.

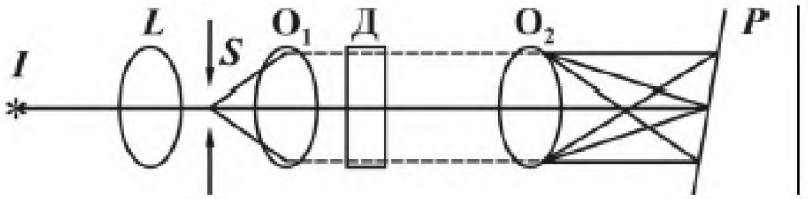


Рис. 13. Принципиальная схема спектрофотометра

Из спектральных призм чаще всего используется стеклянная призма, кварцевая призма Корню, призмы постоянного угла отклонения (призма Аббе, призма Водсворта), автоколлимационная призма Литтрова, призма Резерфорда-Броунинга. Как правило, призма или система призм располагается в минимуме угла отклонения, но не исключена возможность вывода отдельных составляющих системы призм из минимума угла отклонения для повышения угловой дисперсии прибора.

Дифракционные решетки используются двух видов – плоские и вогнутые. Плоские используются в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, имеют 1200, 600, 300 или 200 штрихов на 1 мм. Все они имеют специальный профиль нарезки и концентрируют свет в определенный порядок дифракции. Максимальная концентрация света – около 70 %.

1. По оптической схеме различают монохроматоры – приборы, выделяющие узкий участок спектра, и спектрографы – приборы, выделяющие протяженный участок спектра.

2. По методу регистрации и виду анализа различают:

1) Визуальное наблюдение:

а) спектроскоп – прибор для визуального наблюдения спектров излучения и поглощения, построенный по схеме спектрографа, применяемый для качественного анализа в металлургии, биологии, медицине;

б) стилоскоп – спектроскоп, приспособленный для грубого определения содержания различных элементов в сталях и сплавах (относительная ошибка до 50 %);

в) стилометр – прибор, построенный по схеме монохроматора, определяет тоже, что и стилоскоп, но более точно и быстро за счет использования ФЭУ.

2) Фотоэлектрические:

1. Спектрометр – прибор с фотоэлектрической регистрацией, построенный по схеме монохроматора с непрерывным сканированием спектра.

2. Спектрофотометр – прибор, предназначенный для абсорбционного количественного анализа, чаще всего это двухлучевой прибор, в котором производится сравнение двух монохроматических пучков, один из которых прошел через исследуемое вещество, а другой – через эталон.

3. Спектроанализатор – прибор, в котором реализована полная автоматизация процесса измерений.

3) Фотографические:

1. Спектрограф – прибор для качественного и точного количественного спектрального анализа, регистрации с использованием многоканального фотоэлектрического приемника;

2. Квантометр – прибор, построенный по схеме спектрографа, но регистрируется не весь спектральный диапазон, а отдельные линии, на месте фокусировки которых установлены ФЭУ (в зарубежных квантометрах число таких каналов может быть порядка 80).

Приборы этих классов делятся на группы по основным техническим характеристикам.

3. По спектральному диапазону различают приборы, предназначенные для работы в следующих областях:

- вакуумный ультрафиолет – 1-185 нм;

- ближний ультрафиолет – 185-400 нм;
- видимая область – 400-700 нм;
- ближняя инфракрасная область – 0,7-2,5 мкм;
- средняя инфракрасная область – 2,5-50 мкм;
- дальняя инфракрасная область – 50-1000 мкм.

4. По дисперсии:

- малая – десятки нанометр на миллиметр;
- средняя – несколько нанометр на миллиметр;
- высокая – сотые доли нанометр на миллиметр.

5. По типу диспергирующего элемента: призменные и дифракционные приборы.

6. По светосиле: малая, средняя и большая.

7. По характеру оптики: линзовые и зеркальные.

Контрольные вопросы

1. Опишите классификацию спектральных приборов, используемую в практической спектроскопии.
2. Опишите принципиальную схему спектрального прибора.
3. Какие типы приборов различают по методу регистрации и виду анализа?
4. Приведите пример классификации спектральных приборов в соответствии со спектральным диапазоном.
5. Опишите группы, на которые подразделяются спектральные приборы в соответствии с характеристикой и типом использования.

Занятие 10. Абсорбционные оптические методы. Атомно-абсорбционный анализ. Молекулярно-абсорбционный анализ. Фотометрия (колориметрия, фотоколориметрия, спектрофотометрия)

Цель занятия – изучить методы абсорбционного анализа, молекулярно-абсорбционный анализ.

В зависимости от поглощающих частиц определяют вид анализа:

1. Молекулярно-абсорбционный анализ (МАА), основанный на поглощении излучения молекулами или сложными ионами анализируемого вещества в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

2. Атомно-абсорбционный анализ (ААА), основанный на поглощении излучения изолированными атомами анализируемого вещества. При поглощении излучения (в литературе принят термин «свет») атомы и молекулы светопоглощающего вещества переходят в новое энергетически возбужденное состояние. Приобретенная энергия атомов и молекул в одних случаях расходуется на повышение их колебательной, вращательной или поступательной энергии, в других – выделяется в виде тепла или вторичного излучения, а также расходуется на фотохимические реакции.

Если вещество поглощает электромагнитное излучение, метод относят к абсорбционной спектроскопии; если в определенных условиях анализируемое вещество само становится источником излучения – к эмиссионной спектроскопии.

Атомно-абсорбционный анализ – метод аналитической химии, основанный на селективном поглощении электромагнитного излучения определенной длины волны свободными от всех молекулярных связей нейтральными атомами определяемого элемента. Для реализации метода атомно-абсорбционного анализа в наиболее распространенной схеме измерений необходимо иметь (рис. 14):

- селективный источник света изучаемого элемента (СИС);
- атомизатор (Ат) для перевода данного элемента из реальной пробы в атомарную форму;
- спектральный прибор (СП) для выделения аналитической линии этого элемента;

- электронную систему (ЭС) для детектирования, усиления и обработки аналитического сигнала поглощения.

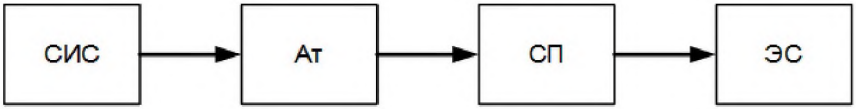


Рис. 14. Принципиальная блок-схема атомно-абсорбционного спектрометра:
СИС – селективный источник света; Ат – атомизатор;
СП – спектральный прибор; ЭС – электронная система регистрации

Наибольшее распространение получили однолучевые ААС спектрометры (рис. 15). Излучение от лампы *1* проходит через прерыватель *2*, затем – через атомный пар *3*. После этого происходит выделение аналитической линии монохроматором *4*. Приемником излучения служит фотоэлектронный умножитель *5*, анодный ток которого усиливается электронным блоком *6*. Выходной сигнал подается на отсчетное устройство *7* (в старых моделях спектрометров) или через интерфейсную плату на компьютер *8*.

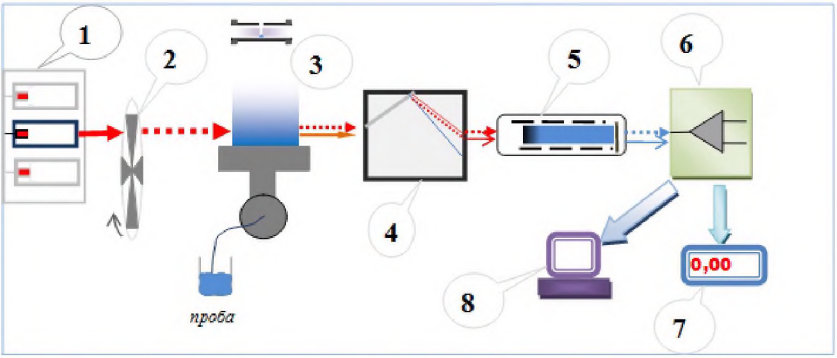


Рис. 15. Схема однолучевого атомно-абсорбционного спектрометра:
1 – лампы с полым катодом (4-8 шт.), закрепленные во вращающемся барабане; 2 – механический модулятор; 3 – атомизатор (щелевая горелка предварительного смешения или графитовая печь); 4 – монохроматор; 5 – ФЭУ; 6 – электронный блок; 7 – отсчетное устройство (миллиамперметр или цифровой вольтметр); 8 – компьютер

При сравнительно низких температурах (1700-2900^{0}С) атомы элементов находятся преимущественно в так называемом основном (невозбужденном) состоянии. В этом случае их внешние (валентные) электроны расположены на уровнях с минимально возможной энергией E_0. Если атомам извне сообщается термическим или другим способом дополнительная энергия, то эта энергия очень быстро перераспределяется между всеми атомами в результате их многочисленных столкновений. При получении атомами дополнительной энергии E их внешние электроны переходят на более высокие (возбужденные) энергетические уровни (рис. 16) с энергией E_i.

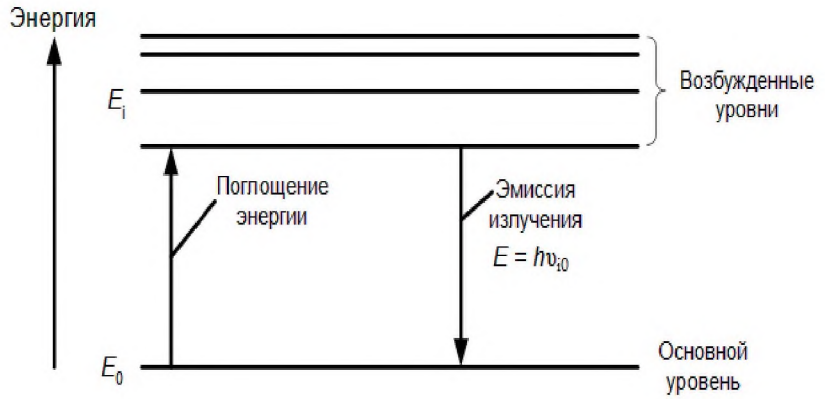


Рис. 16. Диаграмма энергетических уровней атома, показывающая переходы внешнего электрона при поглощении энергии (возбуждение – ↑) и освобождении от поглощенной энергии (девозбуждение, эмиссия – ↓)

Метод атомно-абсорбционного анализа является относительным (сравнительным), поэтому для установления вида градуировочной зависимости «Абсорбция – Концентрация элемента» используют градуировочные растворы, в которых концентрация С определяемого элемента известна. С помощью этих растворов строят градуировочный график в координатах (А,С).

В практике АА анализа для построения градуировочных кривых используют водные растворы солей элементов. Однако если в анализируемых растворах содержатся компоненты, отсутствующие в стандартах, чувствительность определений будет различной и может служить причиной систематических погрешностей.

Эти явления в ААС называются влияниями состава; в некоторых случаях они искажают результаты определений более, чем в 10 раз и заслуживают особого внимания. Отметим, что влияния ухудшают не только правильность, но и сходимость, и предел обнаружения. Образование свободных атомов в пламени является следствием совокупности процессов (рис. 17), которые и могут являться источником влияний:

а) получение аэрозоля из раствора анализируемой пробы;

б) испарение растворителя из раствора анализируемой пробы;

в) испарение твердых частичек аэрозоля и диссоциация молекул на атомы;

г) процессы возбуждения и ионизации атомов, а также образование новых соединений в результате реакций с радикалами, анионами, атомами кислорода и углерода, имеющимися в пламени, и проч.

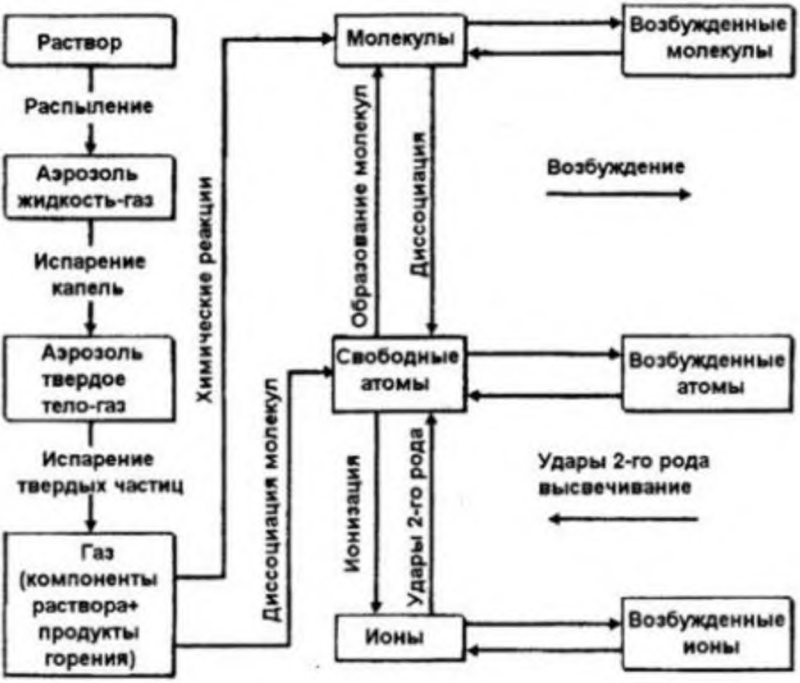


Рис. 17. Схема процессов, происходящих в пламени

Роль каждого процесса для конкретной ситуации следует оценивать особо, делая вывод о преобладающем процессе, влиянии его

на эффективность атомизациии, величину абсорбции, а также о путях устранения этого влияния. Матричный эффект – это совокупность нескольких различных по своей природе механизмов влияния, свойственных данной матрице.

В соответствии с вышесказанным, в пламени выделяются следующие виды влияний:

1. Влияния при получении и переносе аэрозоля.
2. Влияния в самом пламени:
   1) влияния в конденсированной фазе;
   2) влияния в газовой фазе.
3. Спектральные помехи.

Для проведения МАА анализируемый материал переводят в раствор и помещают в кювету – прозрачный сосуд с плоскопараллельными стенками, в которой раствор вводится в поток излучения. На кювету с раствором (рис. 18) подают световой поток с интенсивностью I_0 от какого-то источника излучения.

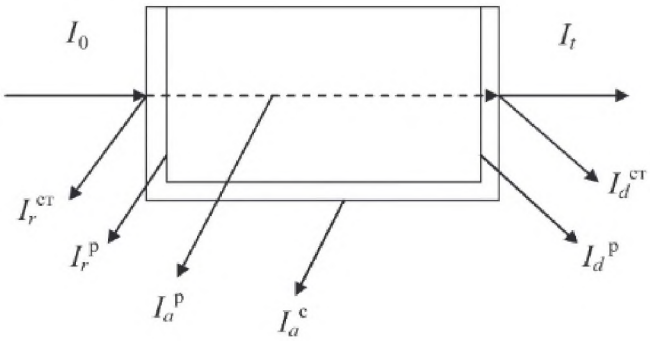


Рис. 18. Явления, возникающие при прохождении света через раствор:
Ir^{cm} – отражение от стенки кюветы; Ir^{p} – отражение от раствора;
Ia^{p} – поглощение светового потока от раствора;
Ia^{c} – поглощение светового потока от стенки кюветы

Через раствор пройдет световой поток интенсивности I_t (*transition* – пропускание), отраженную от кюветы часть светового потока обозначают I_r^{cm} (*reflection* – отражение), рассеянную – I_d^{cm} (*diffision* – рассеяние) и поглощенную раствором – I_a^{p} (*absorbtion* – поглощение). Уравнение баланса светового потока можно представить в следующем виде:

$$I_0 = I_t + I_a + I_r + I_d.$$

Выбор светофильтра для монохроматизации излучения подчиняется основному правилу: светофильтр должен максимально пропускать ту область спектра, в которой максимально поглощает раствор. Практически поступают следующим образом:

1. По спектру поглощения раствора и кривым пропускания светофильтра выбирают тот светофильтр, у которого λ максимума пропускания наиболее близка к λ максимума поглощения раствора.

2. Если спектральные характеристика раствора и светофильтра не известны, применяют практический способ выбора светофильтра. Для этого измеряют оптическую плотность раствора со всеми светофильтрами, имеющимися в приборе, и выбирают тот, с которым измеренная оптическая плотность раствора будет иметь максимальное значение.

3. Светофильтр можно выбрать по окраске анализируемого раствора – выбирают тот светофильтр, цвет которого является дополнительным цветом к цвету раствора (то есть при сложении цветов раствора и светофильтра получают белый цвет).

Фотометрия (от греч. *photós* – свет и греч. *metréo* – измеряю) – это раздел общей физики, занимающийся измерением света. Фотометрия широко применяется как вид молекулярно-абсорбционного анализа, основанного на пропорциональной зависимости между концентрацией однородных систем (например, растворов) и их светопоглощением в видимой, ИК- и УФ-областях спектра.Фотометрический метод включает визуальную фотометрию (колориметрию), фотоколориметрию и спектрофотометрию. Различия в фотометрических методах видны из таблицы 6.

Таблица 6

Характеристика различий в фотометрических методах

Название	Область спектра	Монохроматор	Способ регистрации светопоглощения
Колориметрия	Видимая	Без монохроматора или с ним (т.е. со светофильтром)	Визуальный
Фотоколориметрия	Видимая	Светофильтры	Фотоэлектрический
Спектрофотометрия	Видимая, УФ	Дифракционная решетка, призма	»

Фотометрические методы подразделяют на прямые и косвенные (фотометрическое титрование). Для обеспечения светопоглощения раствора используют окрашивание исследуемого раствора и монохроматизацию пропускаемого через него светового потока. Окрашивание обычно проводят комплексообразованием ионов определяемого вещества. Окраска комплексных ионов определяется наличием в них хромофорных групп. Хромофоры в наибольшей степени поглощают световой поток с цветом, дополнительным к их цвету. Дополнительным цветом светового потока (с длиной волны λ) называется тот, который при смешении с данным (с λ_0) дает белый или серый. Дополнительный цвет полихромного светового потока получают его монохроматизацией (выделением одной из его составляющих) с помощью светофильтров, призм и дифракционных решеток.

Фотоколориметрический метод основан на фотоэлектрическом измерении интенсивности окраски растворов. Общий принцип всех систем фотоэлектроколориметров заключается в том, что световой поток, прошедший через кювету с окрашенным раствором, попадает на фотоэлемент, преобразующий световую энергию в электрическую, измеряемую гальванометром. Фотоэлектроколориметры в зависимости от числа используемых при измерении фотоэлементов делят на две группы: 1) с одним фотоэлементом (однолучевые) – КФК-2 и др.; 2) с двумя фотоэлементами (двухлучевые) – ФЭК-М, ФЭК-56М, ФЭК-Н-57, ФЭК-60 и др.

Спектрофотометрический метод основан на измерении с помощью спектрофотометра светопоглощения раствора в монохроматическом потоке света, т.е. потоке света с определенной длиной волны. Светопоглощение в спектрофотометре также измеряется фотоэлементами. Однако в нем имеется призма или дифракционная решетка и щель, позволяющие разложить световой поток в спектр, отобрать и направить на кювету с анализируемым раствором свет с необходимой длиной волны или световой пучок с узким участком спектра, который преимущественно поглощает анализируемое соединение раствора.

Измерение светопоглощения при длине волны, соответствующей максимуму светопоглощения, увеличивает чувствительность и облегчает определение одного окрашенного соединения в присутствии другого. Для анализа используют спектрофотометры различного типа. Определение концентрации растворов в прямой

фотометрии проводят методами стандартной серии, сравнения и стандартной добавки. При этом два последних метода требуют строгого выполнения основного закона фотометрии

Контрольные вопросы

1. На какие группы в зависимости от поглощающих частиц делится абсорбционный анализ?
2. Что включает в себя проведение атомно-абсорбционного анализа?
3. Опишите принципиальную схему устройства для атомно-абсорбционного анализа.
4. Опишите схему однолучевого атомно-абсорбционного спектрометра.
5. Опишите процессы, происходящие в пламени атомно-абсорбционного прибора и приведите их классификацию.
6. Какие виды влияний выделяют в пламени при проведении атомно-абсорбционного анализа?
7. Перечислите основные различия в фотометрических методах.

Занятие 11. Теория хроматографии, хроматографический анализ, виды хроматографии. Хроматография: сущность, классификация, основные характеристики

Цель занятия – изучить принцип проведения исследований с использованием хроматографических методов. Изучить классификацию, основные характеристики хроматографического метода

Хроматография – это физико-химический метод разделения веществ, основанный на распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной. Неподвижной фазой обычно служит твердое вещество (сорбент) или пленка жидкости, нанесенная на твердое вещество. Подвижная фаза представляет собой жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу.

Параметры хроматографического пика. Хроматограмма – это зарегистрированная во времени последовательность показаний регистратора. Каждому разделенному компоненту смеси соответствует свой пик на хроматограмме. По оси абсцисс откладывается время (или расстояние), по оси ординат – величина аналитического сигнала, которая тем больше, чем выше содержание данного компонента в разделяемой смеси. На рисунке 19 схематически показан общий вид хроматограммы в случае разделения трехкомпонентной смеси, состоящей из компонента 1 и компонента 2, сорбируемых в колонке, и компонента, не сорбируемого в колонке.

Каждому из трех компонентов на хроматограмме отвечает свой пик. В данном случае по оси абсцисс отложено время. Вертикальной стрелкой отмечен момент ввода пробы, от которого отсчитывается время τ. Величина τ_1 – время удерживания компонента 1, величина τ_2 – время удерживания компонента 2, величина τ_0 – время выхода несорбируемого компонента. В данном случае оба компонента 1 и 2 разделяются полностью, поэтому их пики на хроматограмме не накладываются друг на друга (рис. 19).

Хроматографирование проводят на газовых (газожидкостных) хроматографах различной конструкции. На рисунке 20 показана принципиальная блок-схема.

Газ-носитель (азот, гелий, аргон, водород) из баллона *1* через редуктор поступает под некоторым давлением в блок подготовки газов *2*, с помощью которого измеряются давление и скорость потока газа-носителя.

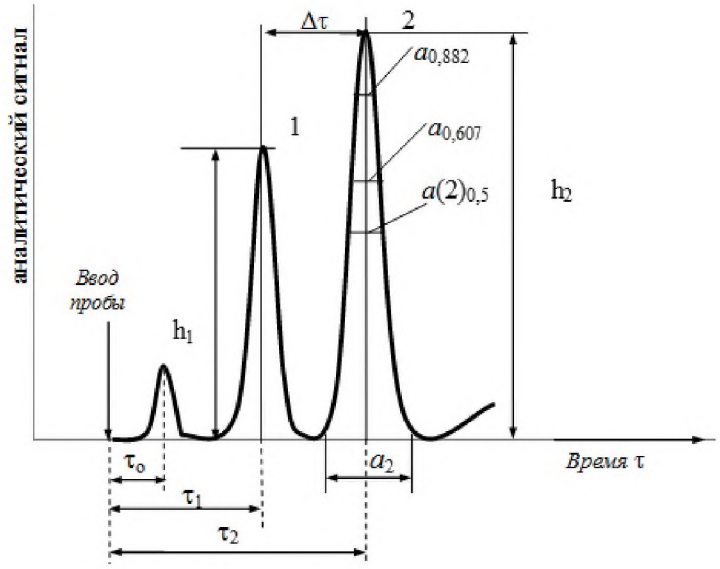


Рис. 19. Схематическое изображение хроматограммы в случае разделения трехкомпонентной смеси:

τ_0 – время выхода несорбируемого компонента; τ_1 – время удерживания компонента 1; τ_2 – время удерживания компонента 2; a_1 и a_2 – ширина пиков компонентов 1 и 2; $a(2)_{0,5}$, $a_{0,607}$ и $a_{0,882}$ – полуширина пиков компонентов 1 и 2: $\Delta\tau$ – разделение пиков

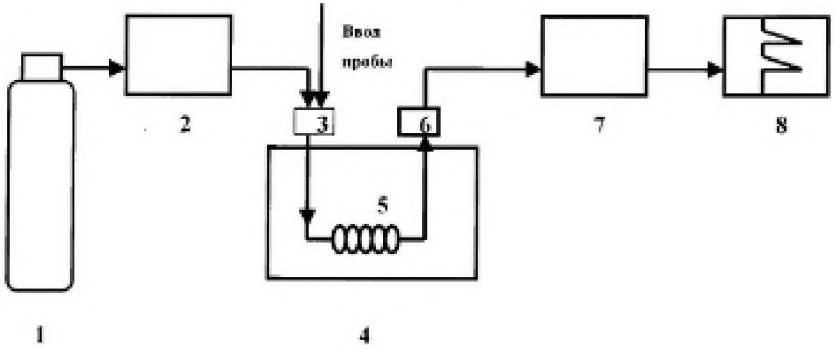


Рис. 20. Принципиальная блок-схема газового хроматографа:

1 – баллон с газом-носителем, *2* – блок подготовки газов, *3* – испаритель, *4* – термостат, *5* – хроматографическая колонка, *6* – детектор, *7* – усилитель, *8* – регистратор

В испаритель *3*, температура которого поддерживается достаточной для быстрого испарения смеси, с помощью микрошприца вводится анализируема я проба, которая испаряется и потоком газаносителя увлекается в хроматографическую колонку *5*, находящуюся в термостате *4*, температура которого обычно несколько ниже, чем температура испарителя. После разделения смеси на зоны компонентов последние поступают в детектор *6*, в котором генерируется электрический сигнал (тем больший, чем выше масса хроматографируемого компонента), усиливаемый усилителем *7* и преобразуемый регистратором *8* в виде записи хроматограммы на бумаге самописца схема газового хроматографа.

С помощью хроматографии возможны: разделение сложных смесей органических и неорганических веществ на отдельные компоненты, очистка веществ от примесей, концентрирование веществ из сильно разбавленных растворов, качественный и количественный анализ исследуемых веществ.

В основу классификации многочисленных хроматографических методов положены следующие признаки:

1) агрегатное состояние фаз;

2) механизм взаимодействия сорбент – сорбат;

3) способы проведения хроматографического анализа;

4) аппаратурное оформление (техника выполнения) процесса хроматографирования;

5) цель хроматографирования.

По агрегатному состоянию фаз хроматографию разделяют на газовую и жидкостную. Газовая хроматография включает газожидкостную и газотвердофазную, жидкостная – жидкостно-жидкостную и жидкостно-твердофазную. Первое слово в названии метода характеризует агрегатное состояние подвижной фазы, второе – неподвижной. По механизму взаимодействия сорбента и сорбата можно выделить несколько видов хроматографии:

- адсорбционная основана на различии в адсорбируемости веществ твердым сорбентом;

- распределительная основана на различной растворимости разделяемых веществ в неподвижной фазе (газожидкостная хроматография) или на различной растворимости веществ в подвижной и неподвижной фазах (жидкостная хроматография);

- ионообменная хроматография – на разной способности веществ к ионному обмену;

- эксклюзионная хроматография – на различии в размерах и формах молекул разделяемых веществ;

- аффинная хроматография – на специфических взаимодействиях, характерных для некоторых биологических и биохимических процессов (например, антитело и антиген, гормон и рецептор и др.).

Существует осадочная хроматография, основанная на образовании отличающихся по растворимости осадков разделяемых веществ с сорбентом, адсорбционно-комплексообразовательная, основанная на образовании координационных соединений разной устойчивости в фазе или на поверхности сорбента, и др.

Следует помнить, что классификация по механизму взаимодействия весьма условна: ее используют в том случае, если известен доминирующий механизм; часто процесс разделения протекает сразу по нескольким механизмам. По технике выполнения выделяют колоночную хроматографию, когда разделение проводится в специальных колонках, и плоскостную хроматографию, когда разделение проводится на специальной бумаге (бумажная хроматография) или в тонком слое сорбента (тонкослойная хроматография). В колоночной хроматографии используют насадочные или капиллярные колонки. Насадочную колонку заполняют сорбентом (насадкой), а внутреннюю стенку капиллярной колонки покрывают пленкой жидкости или пылью адсорбента. В зависимости от цели проведения хроматографического процесса различают аналитическую хроматографию (качественный и количественный анализ); препаративную хроматографию (для получения веществ в чистом виде, для концентрирования и выделения микропримесей); промышленную (производственную) хроматографию для автоматического управления процессом (при этом целевой продукт из колонки поступает в датчик). Хроматографию часто используют для исследовательских целей при изучении растворов, каталитических процессов, кинетики химических процессов и т.п.

Классификация по способам проведения анализа и получения хроматограмм подразделяет хроматографию на три вида (рис. 21):

1) фронтальный, 2) проявительный, 3) вытеснительный.

Фронтальный метод наиболее прост по выполнению. Через хроматографическую колонку с сорбентом непрерывным потоком пропускают раствор или газовую смесь исследуемых веществ, сорбируемость которых увеличивается в ряду A< B< C.

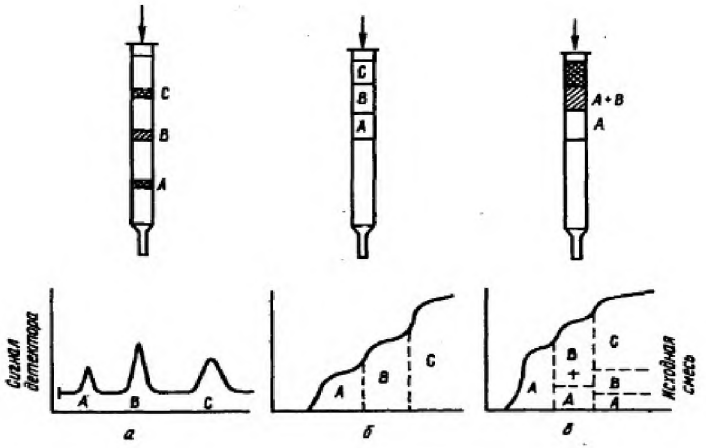


Рис. 21. Внутренние и внешние хроматограммы, полученные методом элюентной (а), вытеснительной (б) и фронтальной (в) хроматографии (сорбируемость веществ увеличивается в ряду A < B < C)

Если пропускать жидкость или газ, выходящие из колонки, через детектор концентраций и наносить показания его в течение всего опыта на график, то полученная выходная кривая будет иметь форму ступенчатой кривой (рис. 22).

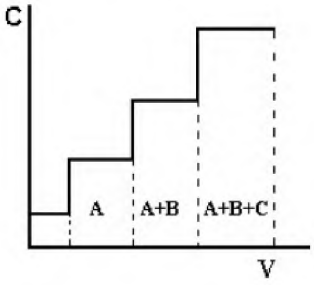


Рис. 22. Выходная кривая фронтального анализа (A, B, C – разделяемые вещества)

Проявительный (элюентный) метод выгодно отличается от фронтального тем, что он позволяет полностью разделить много – компонентную смесь. Хроматографическую колонку промывают

растворителем или газом-носителем (элюентом), обладающим меньшей сорбируемостью, чем любое из разделяемых веществ. Затем в колонку вводят исследуемую смесь в виде порции раствора или газа, а не непрерывно, и продолжают пропускать элюент. При этом разделяемые вещества перемещаются вдоль колонки с разными скоростями в соответствии с их сорбируемостью. На выходе из колонки детектор фиксирует непрерывно концентрацию компонентов, а связанный с ним регистрирующий прибор записывает выходную кривую в виде ряда пиков, число которых соответствует числу разделенных компонентов (рис. 23).

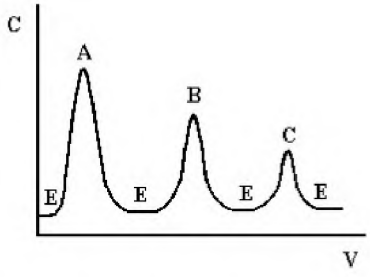


Рис. 23. Выходная кривая проявительного анализа:
A, B, C – разделяемые вещества, E – растворитель (элюент)

Вытеснительный метод отличается от фронтального и проявительного тем, что после введения пробы исследуемой смеси колонку промывают растворителем или газом-носителем, к которым добавляют раствор вещества (вытеснитель), обладающего большей сорбируемостью, чем любое из разделяемых веществ.

Контрольные вопросы

1. Раскройте понятие «хроматография».
2. Опишите устройство принципиальной блок-схемы газового хроматографа.
3. Какие процессы возможно осуществить с использованием хроматографии?
4. Какие признаки положены в основу классификации хроматографических методов?
5. На какие группы подразделяется хроматографический анализ по способам его проведения?
6. Что такое проявительный (элюентный) метод?

Занятие 12. Электрохимические методы анализа, их теоретические основы и классификация. Потенциометрия прямая и косвенная

Цель занятия – ознакомиться с методикой проведения различных видов потенциометрии. Изучить электрохимические методы анализа.

Электрохимические методы анализа (ЭХМА) основаны на изучении зависимости электрических параметров химической системы от концентрации, природы и структуры ее компонентов. Наибольшее распространение в практике анализа получили методы потенциометрии, кулонометрии, кондуктометрии и вольтамперометрии. Все методы высокоэффективны при выполнении количественного анализа. Одновременно определить количественный и качественный состав системы позволяют методы вольтамперометрии. В настоящее время в практике экоаналитических лабораторий широко используется метод инверсионной вольтамперометрии, позволяющий по результатам одного анализа определить более десяти микрокомпонентов (в том числе и ионов тяжелых металлов) в питьевых, природных и сточных водах при концентрации от 10^{-3} до 1 мг/дм^3. Высокая селективность этого метода дает возможность выполнять анализ многокомпонентных систем, не прибегая к сложной схеме разделения и выделения интересующего компонента с последующим его определением в изолированном виде.

Электрохимические методы характеризуются высокой чувствительностью, селективностью, экспрессностью и позволяют проводить измерения с достаточно высокой точностью (от 0,05 до 10%) и воспроизводимостью в широком интервале концентраций (от 10^{-9} до 1 моль/дм^3).

Согласно рекомендациям ИЮПАК (Международного союза теоретической и прикладной химии), электрохимические методы анализа делятся на две основные группы:

-методы, основанные на электрохимических реакциях;

-методы, в которых строение двойного электрического слоя не учитывается.

В первую группу входят методы потенциометрии, в которых электродная реакция происходит в отсутствие тока, и методы, основанные на частичном (вольтамперометрия) или полном (кулонометрия, электрогравиметрия) электрохимическом превращении

определяемого вещества под действием внешнего тока.

Вторая группа методов основана на измерении электропроводности анализируемой системы (кондуктометрия и высокочастотное титрование). Методически различают прямые и косвенные электрохимические методы анализа. В прямых измерениях используется зависимость «электрический сигнал – состав».

Для определения концентрации при этом применяют методы градуировочного графика, сравнения или стандартных добавок. Косвенные электрохимические методы используются для индикации конечной точки титрования при выполнении титриметрического анализа.

К ним относятся методы потенциометрического, кулонометрического, амперометрического, кондуктометрического и высокочастотного титрования.

Принцип потенциометрического метода анализа

Потенциометрические методы анализа основаны на измерении элекродвижущей силы (ЭДС) электрохимической ячейки в отсутствии тока. Роль электрохимической ячейки в потенциометрии выполняет гальванический элемент.

При этом один из электродов ячейки должен быть неполяризуемым индикаторным электродом, потенциал которого зависит от активности определяемого иона. Второй электрод выполняет функцию электрода сравнения. Его потенциал должен быть постоянен, известен и не зависеть от состава изучаемого раствора. Измерение ЭДС замкнутой гальванической цепи проводится практически в отсутствие тока. При этом величина ЭДС цепи равна разности потенциалов между электродами электрохимической ячейки.

Так как потенциометрический анализ должен проводиться в отсутствие внешнего тока, в практике измерений используются компенсационный и некомпенсационный методы измерения ЭДС электродной пары.

В компенсационном методе ЭДС исследуемого элемента точно компенсируется внешним источником напряжения, и через элемент ток практически не проходит. В такой системе отсутствуют процессы поляризации электрода, связанные с накоплением ионов одного знака у одного электрода и снижением – у другого, что могло бы вызывать возникновение концентрационной ЭДС с обратным знаком и привести к химическим или концентрационным изменениям в результате электролиза.

В экоаналитических лабораториях для измерения ЭДС гальванических элементов используют измерительные приборы, основанные на некомпенсационном методе. ЭДС гальванического элемента определяется непосредственно чувствительными измерительными приборами, последовательно с которыми включается большое и точно измеренное сопротивление (5000-20000 Ом) усилителя.

Большинство лабораторий комплектуются pH-метрами и микропроцессорными ионометрами с функцией потенциометрического титрования. Они могут быть использованы при автоматическом титровании как для измерения pH, так и измерения ЭДС окислительно-восстановительной реакции.

На рисунке 24 изображена потенциометрическая ячейка, представляющая собой химический стакан с анализируемым раствором, в который погружены два электрода (индикаторный и электрод сравнения), которые подключены к лабораторному ионометру И-160, позволяющему в зависимости от функции индикаторного электрода измерять pH, активность сульфид-, хлорид-, нитрат-, фторид-и других ионов.

При измерении pH и кислотно-основном потенциометрическом титровании электрохимическая ячейка обычно состоит из стеклянного индикаторного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения (рис. 24).



Рис. 24. Устройство для проведения потенциометрических измерений

Потенциометрические методы подразделяются на прямую потенциометрию, когда непосредственно измеряют активность того или иного иона в растворе, и косвенную, или потенциометрическое титрование, в котором потенциометрия служит для определения

точки эквивалентности в процессе титрования. Прямая потенциометрия (ионометрия) основана на непосредственном применении уравнения Нернста для определения активности или концентрации ионов по экспериментально измеренному потенциалу электродов.

При проведении измерений методом прямой потенциометрии предварительно, пользуясь растворами с известной концентрацией, градуируют электрод, т.е. опытным путем определяют зависимость его потенциала от концентрации потенциалопределяющего иона. Затем измеряют потенциал раствора с неизвестной концентрацией определяемого иона и по градуировочному графику находят его содержание. Этот метод называют ионометрией.

Он широко применяется для определения концентрации водородных ионов или pH растворов. Создание надежно работающих ионоселективных электродов значительно расширило практические возможности прямого метода. Ионометрия может быть использована для определения хлоридов, нитритов, нитратов, фторидов, ионов жесткости, а также при контроле содержания токсичных ионов: S^{2-},Cu^{2+}, CN^{-}. Причем благодаря высокой избирательности метода присутствие посторонних веществ в растворе не мешает определению анализируемого иона.

Потенциометрическое титрование основано на определении точки эквивалентности химической реакции между титрантом и определяемым веществом по изменению потенциала индикаторного электрода, величина которого зависит от концентрации определяемого иона. Для этого в ходе титрования измеряют и записывают ЭДС ячейки после добавления каждой порции титранта и строят кривую титрования. В качестве электродов сравнения, как правило, применяют электроды II рода.

Результаты определений методом потенциометрического титрования более точны, чем при использовании прямой потенциометрии, так как вблизи точки эквивалентности небольшому изменению концентрации соответствует большое изменение потенциала индикаторного электрода. Потенциометрические методы могут успешно применяться в анализе мутных и окрашенных растворов, а также при работе с растворами на основе смешанных и неводных растворителей. Достоинством метода является возможность полной или частичной его автоматизации. К недостаткам потенциометрического титрования можно отнести не всегда быстрое установление потенциала после добавления титранта.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основаны электрохимические методы анализа?
2. Какими основными критериями характеризуются электрохимические методы?
3. Опишите принципы осуществления потенциометрического метода анализа.
4. Опишите устройство для проведения потенциометрических измерений.
5. На каком принципе основано потенциометрическое титрование?
6. На какие группы подразделяются потенциометрические методы?

Занятие 13. Вольтамперометрия, полярография, инверсионая вольтамперометрия

Цель занятия – изучить методику проведения исследований с использованием метода вольтамперометрия, изучение инверсионной вольтамперометрии.

Вольтамперометрия относится к электрохимическим методам анализа и исследования, которые основаны на изучении и использовании процессов, протекающих на поверхности электрода или в приэлектродном слое. Любой электрический параметр (потенциал, сила тока, сопротивление и др.), функционально связанный с концентрацией определяемого компонента и поддающийся правильному измерению, может служить аналитическим сигналом.

Вольтамперометрия основана на изучении поляризационных или вольтамперных кривых (кривых зависимости силы тока I от напряжения E), которые получают в процессе электролиза раствора анализируемого вещества при постепенном повышении напряжения с одновременной фиксацией при этом силы тока. Электролиз проводят с использованием легкополяризуемого электрода с небольшой поверхностью, на котором происходит электровосстановление или электроокисление вещества. Вольтамперометрию, связанную с использованием ртутного капающего электрода (РКЭ), называют полярографией. Ее открытие в 1922 г. принадлежит чешскому ученому Я. Гейровскому, который в 1959 г. получил за этот метод Нобелевскую премию. Характерной особенностью полярографического метода является применение электродов с разной площадью поверхности. Поверхность одного из электродов, называемого микроэлектродом, должна быть во много раз меньше поверхности другого электрода. В качестве микроэлектрода чаще всего применяют РКЭ, представляющий собой капилляр, из которого равномерно с определенной скоростью вытекают капли металлической ртути.

Скорость прокапывания определяется высотой подвески емкости с ртутью, соединенной шлангом с капилляром. Второй электрод, поверхность которого во много раз больше поверхности микроэлектрода, служит электродом сравнения. В качестве него используют ртуть, налитую на дно электролитической ячейки, или насыщенный каломельный электрод. На эти электроды от внешнего

источника напряжения подают плавно изменяющееся напряжение. Плотность тока (А/см^2) на электроде сравнения, имеющего большую поверхность, ничтожно мала, поэтому потенциал его практически не изменяется, т.е. этот электрод не поляризуется. Плотность тока на РКЭ вследствие его малой поверхности высока. РКЭ изменяет свой равновесный потенциал, т.е. поляризуется. Реализацию метода осуществляют на приборах, называемых полярографами.

Сигнал в индикаторной электрохимической системе формируется на границе фаз электрод-раствор и зависит от состояния поверхности электрода, которая определяется природой материала, его дефектностью и механической неоднородностью. Модифицируя поверхность электрода, можно целенаправленно изменять его свойства и достигать необходимых аналитических и метрологических характеристик вольтамперометрического определения.

Электрохимическая реакция – это гетерогенная реакция на электроде, при которой ионы или электроны, переходя через границу раздела фаз, обуславливают протекание электрического тока. Электрод – система, состоящая из двух контактирующих между собой электропроводящих фаз, обладающих разной формой проводимости: электронной (металл) и ионной (раствор).

Для вольтамперометрических измерений используется трехэлектродная ячейка, изображенная на рисунке 25.

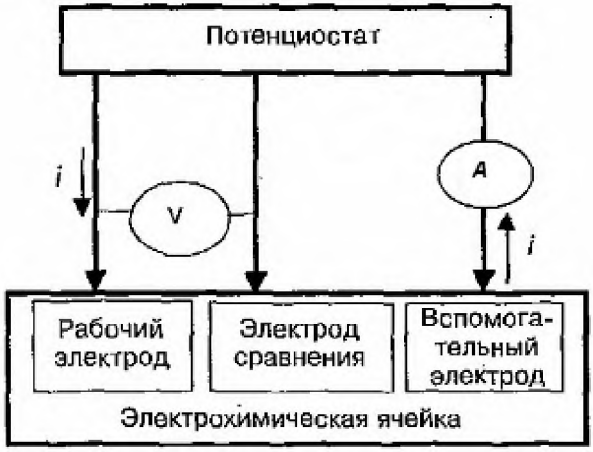


Рис. 25. Принципиальная схема трехэлектродной ячейки

Индикаторный электрод должен обратимо реагировать на изменение состава анализируемого раствора, чтобы по наличию (или отсутствию) аналитического сигнала и его интенсивности можно было судить о том, есть ли определяемый компонент в растворе и в каком количестве. Индикаторный электрод не должен реагировать с компонентами раствора, поэтому для их изготовления чаще всего применяют химически инертные токопроводящие материалы: благородные металлы (золото, платина), ртуть, углеродные материалы (графит, стеклоуглерод). Непременным условием вольтамперометрического анализа является применение индикаторного микроэлектрода, например ртутного с поверхностью ртутной капли не более 0,1 $см^2$, и вспомогательного макроэлектрода, поверхность которого в сотни раз выше, чем индикаторного.

На практике в качестве электрода сравнения чаще всего используют хлорсеребряный и каломельный электроды (рис. 26).

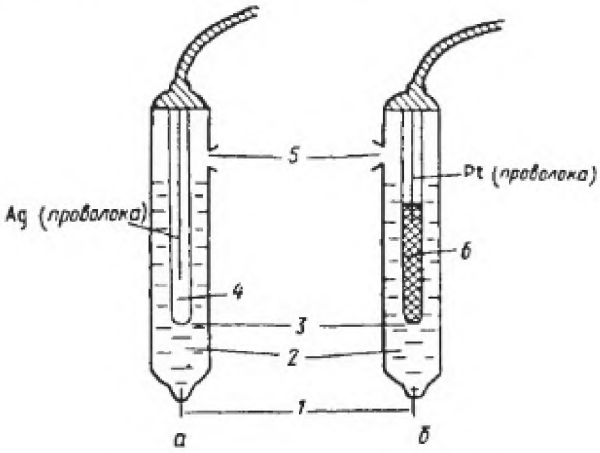


Рис. 26. Электроды сравнения хлорсеребряный (а) и каломельный (б) с двойным солевым мостиком:

1 – керамический мостик, обеспечивающий контакт с анализируемым раствором; *2* – внешний раствор KCl (насыщенный); *3* – крошечное отверстие для контакта; *4* – внутренний раствор KCl (насыщенный, AgCl); *5* – отверстие для ввода раствора KCl; *6* – паста из смеси Hg_2Cl_2, Hg и KCl (насыщенный)

Основное условие правильного проведения полярографического анализа – подавление миграционного и конвективного токов. Эти токи возникают вследствие того, что кроме диффузии доставка

деполяризатора к РКЭ может осуществляться миграцией, обусловленной действием электрического поля, и конвекцией при механическом перемешивании раствора или вследствие различий в плотности внутри раствора, вызванных перепадами концентрации или температуры. Поэтому в общем случае предельный ток складывается из диффузионного, миграционного и конвекционного токов. Но миграционный и конвекционный токи, в отличие от диффузионного, не связаны с концентрацией деполяризатора. Миграция и конвекция мешают диффузии ионов к РКЭ, следовательно, мешают полярографированию. Поэтому чтобы получить простую функциональную зависимость тока от концентрации, миграционную и конвекционную составляющую тока устраняют. Для этого в раствор добавляют приблизительно стократный избыток посторонних индифферентных (т.е. электрохимически неактивных) ионов сильного электролита, называемого фоном. В присутствии избытка ионов фона электрод будет экранизирован этими ионами, и доля миграционного тока будет ничтожно мала. Если в процессе регистрации полярограммы раствор не перемешивать и поддерживать постоянной его температуру, то практически исчезнет механическая и тепловая конвекция. В качестве фона применяют различные соли, кислоты, основания или буферные смеси, ионы которых имеют более отрицательные потенциалы выделения, чем определяемые ионы. Особенно часто применяют растворы солей щелочных и щелочноземельных металлов (KCl, KCNS, NH_4Cl, Na_2SO_4 и т.д.). Иногда в качестве фона применяют комплексообразующие реагенты (NH_4OH, цитраты, тартраты и т.д.), которые не только подавляют миграционный ток, но и изменяют потенциалы полуволны анализируемых ионов, позволяя определять ионы с близкими значениями $E_{1/2}$.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть электрохимической реакции в процессе вольтамперометрии?
2. Опишите принципиальную схему трехэлектродной ячейки.
3. Опишите принцип устройства хлорсеребряного и каломельного электродов.
4. В чем заключается принцип использования инверсионной вольтамперометрии?
5. Какие комплексообразующие реагенты применяют в качестве фона?

Занятие 14. Контроль загрязнения атмосферного воздуха. Состав атмосферного воздуха и классификация загрязнителей. Стандарты качества. Аппаратура и методика отбора проб. Современные методы контроля загрязнения воздушной среды

Цель занятия – изучить правила проведения контроля загрязнения атмосферного воздуха. Изучить основные методы и приемы, а также аппаратуру, используемую для проведения контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха.

В преамбуле Федерального закона об охране атмосферного воздуха говорится: «Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных». Загрязнение воздуха представляет серьезную угрозу для здоровья людей и окружающей среды в целом. В соответствии со ст. 4 Федерального закона «Об охране окружающей среды» объектами охраны окружающей среды являются атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

В целях наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, комплексной оценки и прогноза его состояния, а также обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и населения текущей и экстренной информацией о загрязнении атмосферного воздуха. Правительство Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления организуют государственный мониторинг атмосферного воздуха и в пределах своей компетенции обеспечивают его осуществление на соответствующих территориях Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований (ст. 23).

Выброс – это вещество, поступающее в атмосферу из источника примеси. Согласно ГОСТу 17.2.1.01-76 «Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Классификация выбросов по составу (с Изменением № 1)», выбросы в атмосферу классифицируются по четырем признакам:

- по агрегатному состоянию (газообразные, жидкие и твердые);
- по химическому составу;
- по размеру частиц (только твердых);

- по массе вещества (в кг/ч).

Эта классификация используется при учете выбросов загрязняющих веществ, в газоочистке, при нормировании выбросов и т.п. Важнейшим направлением атмосфероохранной деятельности является государственный контроль источников загрязнения атмосферного воздуха в целях получения объективной информации о выбросах вредных веществ в атмосферу промышленными предприятиями и транспортом и оценки соответствия фактических значений выбросов установленным нормативам.

Основные функции и задачи экологического контроля. Экологический контроль можно рассматривать с двух позиций. Во-первых, как функцию управления охраной окружающей природной среды. В этом смысле он представляет собой самостоятельный вид деятельности, в содержание которой входят сбор информации о подконтрольных объектах, ее обработка, оценка и передача для принятия управленческих решений в заранее определенных целях. Во-вторых, в качестве гарантии выполнения экологических мероприятий и реализации регулирующих их правовых норм, способа обеспечения законности в экологическом управлении.

Задачи экологического контроля делятся на две группы.

Первая – наблюдение за состоянием окружающей природной среды и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности. Вторая состоит в проверке выполнения планов и мероприятий по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды, соблюдению требований природоохранительного законодательства и нормативов качества окружающей природной среды. Они должны уточняться применительно к конкретному виду контроля.

Основные антропогенные источники загрязнения атмосферы могут быть объединены в три группы.

К первой группе относятся источники, которые образуют загрязняющие вещества в результате сжигания топлива: авиация, автомобильный, морской, речной и частично железнодорожный транспорт, предприятия теплоэнергетики. К числу основных загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопных газах, относятся CO, NOx, CmHn, соединения свинца, альдегиды, полициклические ароматические углеводороды, пыль, сажа, SO_2 и др.

Ко второй группе антропогенных источников загрязнения

воздуха относятся промышленные предприятия. Все выбросы в атмосферу этих предприятий можно разделить на следующие виды: пыль (оксиды и другие соединения химических элементов), дымы; газообразные соединения с резким запахом; компоненты с фотохимическим эффектом. В составе пыли чаще всего преобладают SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Na_2O, C, PbO, ZnO, SeO_2, MgO, CaF_2, AlF_3 и др. Газообразная составляющая выбросов промышленных предприятий чаще всего содержит CO_2, CO, SO_2, SO_3, NO, NH_3, HF, HCl. Неприятные запахи, характерные для выбросов предприятий, часто обусловлены присутствием в них меркаптанов: $CH_3–S–H$ (метилмеркаптан), $C_2H_5–S–H$ (этилмеркаптан). Неприятные запахи могут быть также связаны с присутствием в выбросах акролеина ($CH_2=CH–COOH$), фенола (C_6H_5OH) и других органических соединений.

Третья группа источников загрязнения атмосферного воздуха связана с утилизацией бытовых и промышленных отходов. В эту группу входят полигоны для захоронения бытовых отходов и мусоросжигательные установки, от которых в атмосферу поступают углеводороды, в том числе и полициклические ароматические, диоксины, оксиды серы, азота, угарный газ, аммиак, пыль и другие вещества. В практической охране окружающей среды на предприятиях разделяют понятия:

- источник загрязнения (предприятие, производство, технологический процесс);
- источник выделения вредных веществ (оборудование, котел, агрегат, станок, рабочее место);
- источник выброса (в атмосферу) (труба, шахта, аэрационный фонарь, свалка (куча) и т. п.)

Источники выбросов классифицируют по высоте (высокие, низкие) и площади (точечные, линейные). Отходящие вредные вещества (или выбросы) классифицируются:

- по организации отвода и контроля – организованные и неорганизованные;
- по режиму осуществления – непрерывные и периодические;
- по температуре – нагретые (температура пылегазовых смесей в которых выше температуры наружного воздуха) и холодные;
- с учетом сферы образования – образующиеся в основном, вспомогательном и подсобном производстве;

- по признакам очистки – выбрасываемые без очистки (организованные и неорганизованные) и после очистки (организованные);

- по химическому составу и размерам (дисперсности) частиц.

Осуществление мероприятий по контролю промышленных выбросов является одной из необходимых мер по их снижению. В основе этих мероприятий лежит система государственных и отраслевых стандартов, регламентирующих нормы содержания загрязняющих веществ в выбросах, методы и средства измерения. При контроле выбросов в атмосферу используются следующие методы:

1. Инструментальный метод. Основан на применении автоматических газоанализаторов, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в выбросах контролируемых источников. Инструментальным методом целесообразно контролировать основные ЗВ (пыль, SO_2, NOx, CO) и наиболее распространенные специфические ЗВ (CxHx, NH_3, Cl_2, HF и др.).

2. Инструментально-лабораторный метод. Основан на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях и на автоматических и полуавтоматических приборах. Метод применяют для контроля широкого спектра специфических ЗВ, не обеспеченных средствами инструментального контроля.

3. Индикаторный метод. Основан на использовании селективных индикаторных элементов (колористических трубок), изменяющих свою окраску в зависимости от концентрации ЗВ в отбираемой пробе газа. Метод применяют для экспресс-анализа и предварительной оценки концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в источниках загрязнения атмосферы (ИЗА).

4. Расчетный метод. Основан на определении массовых выбросов ЗВ по данным о составе исходного сырья и топлива, технологическом режиме и т.п. Метод применяют для предварительной оценки и при невозможности или экономической нецелесообразности прямых измерений.

5. Метод контроля выбросов по результатам анализа фактического загрязнения атмосферы. Основан на определении фактических уровней загрязненности воздуха выбросами предприятия за его пределами и последующем их сравнении с эталонными (с учетом направления и скорости ветра). Метод применяют для контроля большого числа мелких источников, в том числе неорганизованных,

рассредоточенных по территории предприятия. Результаты контроля оформляют для предприятия (промышленной площадки) в целом и сравнивают с нормативами, установленными для предприятия (промышленной площадки) в целом.

В настоящее время основной объем данных о количественном составе выбросов в атмосферу получают на основе измерений с помощью инструментально-лабораторных методик или газоанализаторов (переносных или стационарных).

Как правило, газоанализаторы используются для определения приоритетных газовых примесей (SO_2, NOx, CO) и наиболее важных специфических загрязняющих веществ (NH_3, H_2S, фториды, меркаптаны, галогены и др.). Но уже сейчас число веществ, подлежащих контролю, достигло нескольких сотен, что делает невозможным создание автоматических приборов для каждого из загрязняющих веществ. Таким образом, в ближайшие годы, очевидно, сохранится ведущая роль инструментально-лабораторных методов как источников получения информации о выбросах в атмосферу и основных средств контроля за соблюдением технических нормативов и нормативов ПДВ.

Выполнение измерений массовых концентраций загрязняющих веществ физико-химическими методами технически обеспечивается общелабораторным оборудованием и приборами, которые применяются при анализе не только промышленных выбросов, но и всех других сред. Схема проведения измерений концентраций загрязняющих веществ в выбросах с помощью лабораторно-инструментальных методов обычно состоит из следующих этапов:

- отбор проб отходящих газов на источнике промышленных выбросов;
- транспортировка отобранной пробы в аналитическую лабораторию (хранение пробы);
- анализ пробы (подготовка пробы, перевод ее в аналитическую форму и получение аналитического сигнала);
- контроль точности выполненных измерений;
- оформление результатов измерении.

Отбор проб атмосферного воздуха проводится в соответствии с руководством по контролю загрязнения атмосферы.

При отборе проб необходимо учитывать следующие требования:

- предохранять пробы от потери в результате растворения в конденсационной влаге;

- гарантировать неизменность давления и температуры для предотвращения ошибок анализа;

- обеспечить герметичность контейнера для отбора проб.

При отборе проб необходимо учитывать основные метеорологические параметры, к числу которых относятся: скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, атмосферные явления, состояние погоды.

Важно, чтобы в месте отбора пробы воздуха не было препятствий, мешающих проведению отбора. Воздухозаборное устройство следует располагать на расстоянии не менее 1 м от любого препятствия.

При определении приземной концентрации примеси в атмосфере отбор проб и измерение концентрации примеси проводятся на высоте от 1,5 до 3,5 м от поверхности земли. Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций примесей должна составлять 20-30 мин.

Пробы подразделяются на разовые (период отбора 20-30 мин) и средние суточные (определяются путем осреднения не менее четырех разовых проб атмосферного воздуха, отобранных через равные промежутки времени в течение суток). Обычно для получения средних суточных значений концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе пробы воздуха отбирают в 7, 13, 19 и 01 ч по местному декретному времени. Средняя суточная концентрация может быть получена и при более частых отборах проб воздуха в течение суток, но обязательно через равные промежутки времени. Наилучшим способом получения средних суточных значений является непрерывный отбор проб воздуха в течение 24 ч.

Метод ручного определения загрязнения воздуха основан на прокачивании его через поглотительное устройство для улавливания газообразных соединений.

Используют также ручные насосы и резиновые груши. При отборе проб аспирационным методом необходимая эффективность поглощения примесей достигается сочетанием скорости аспирации воздуха через поглотительную среду и конструкции примененного поглотительного прибора. Наиболее часто используемые поглотительные приборы представляют собой полые стеклянные трубочки, концы которых присоединены к аспиратору (рис. 27).

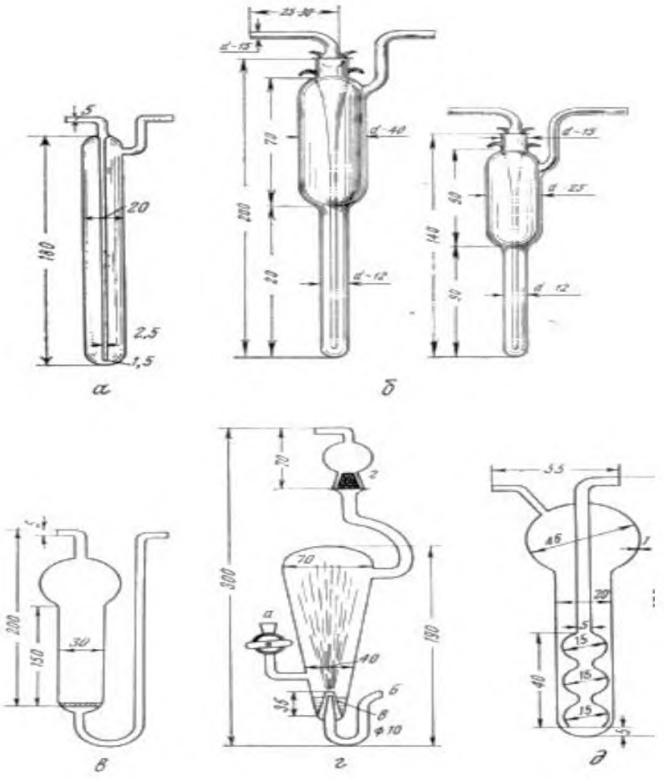


Рис. 27. Поглотительные приборы:
а – Петри; б – Полежаева; в – с пористой пластинкой; г – Гернет; д – Рихтера

При выполнении измерений концентраций загрязняющих веществ, находящихся как в газовой, так и в аэрозольной фазах, применяются почти все известные физико-химические методы (атомная абсорбция, спектрофотометрия, газовая и жидкостная хроматография, полярография, потенциометрия и т. д.).

Различие между анализом газовой и аэрозольной фазы лежит в основном в отборе проб. Для анализа аэрозолей необходимо проводить отбор проб с соблюдением условий изокинетичности, тогда как при отборе газовых компонентов выполнение этого условия необязательно.

Отбор газовых проб регламентируется для каждого конкретного загрязняющего вещества в конкретной методике. Однако

можно выделить несколько основных способов отбора проб:

- отбор проб в газовые пипетки, стеклянные шприцы или полимерные емкости; преимущество этого метода состоит, прежде всего, в простоте отбора (нет необходимости поддерживать или точно измерять скорость отбора газа и соответственно измерять объем отбираемой пробы, измерять температуру и давление в процессе отбора). Однако этот метод применим только для малореакционных газов, таких, как CO, легкие углеводороды и т.п., при этом срок хранения пробы, за исключением оксида углерода, в значительной мере ограничен;

- отбор проб в жидкостные поглотители (абсорбция, хемосорбция) преимущества метода – достаточно высокая эффективность, возможность подобрать поглотительный раствор практически для любых компонентов.

Недостатки метода – необходимость строгого контроля условия отбора (температура, давление или разрежение в газоходе и скорость отбираемого газа), ограничение применения при отрицательных температурах для водных растворов и неудобство транспортировки;

- отбор проб на твердые сорбенты (адсорбция на полимерных сорбентах, на силикагелях или на различных активированных углях, сажах, волокнистых углеродистых сорбентах) или на пленочные сорбенты (обычно хемосорбция); недостатки те же, что и при отборе проб в жидкостные поглотители и, кроме того, обычно более жесткие условия к соблюдению рекомендуемой скорости отбора, учитывающие возможность проскока. К достоинствам следует отнести удобство транспортирования пробы, возможность работы при отрицательных температурах и в большинстве случаев более длительные сроки хранения отобранных проб.

Отбор проб аэрозолей осуществляется двумя методами: методом внутренней фильтрации (фильтрующий элемент находится внутри газохода) и методом внешней фильтрации (фильтрующий элемент находится вне газохода). Оба этих метода имеют свои достоинства и недостатки. Однако предпочтение следует отдавать методу внутренней фильтрации. В качестве фильтрующих элементов используются бумажные фильтры (различные фильтры на основе целлюлозы), фторопластовая, стеклянная или для очень высоких температур кварцевая вата.

Измерение концентраций загрязняющих веществ в выбросах

может проводиться с помощью газоанализаторов. Однако при выборе и применении газоаналитической техники ситуация значительно сложнее. В настоящее время на рынок газоаналитической техники поступило значительное количество многокомпонентных и однокомпонентных газоанализаторов как отечественных, так и импортных, основанных на различных физико-химических принципах. Основными методами являются: электрохимические, оптические (абсорбционные в УФ-, ИК- и видимой областях спектра и эмиссионные) и плазменно-ионизационный. В основе работы многокомпонентных приборов лежат измерения ряда компонентов (CO, SO_2, NOx, O_2 и пр.) малоселективными датчиками, обсчет по заданной программе аналитических сигналов от каждого датчика с учетом взаимовлияния компонентов и последующей выдачи данных. В основе работы однокомпонентных приборов лежат измерения селективными датчиками. Значения измеряемых концентраций, указываемые в инструкциях по эксплуатации, устанавливают диапазоны измеряемых концентраций с учетом только приборной погрешности и не учитывают влияние на погрешность измерения концентраций неизмеряемых компонентов, а также других эксплуатационных погрешностей. Анализ парка газоанализаторов показывает, что практически все газоанализаторы, применяемые для выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ, внесены в Государственный реестр средств измерений РФ. Однако только для некоторых газоанализаторов разработаны и аттестованы в установленном порядке методики выполнения измерений, соответствующие действующим государственным стандартам или другим нормативным документам.

Физико-химические методы инструментального анализа выбросов. Для инструментального анализа состава газовых смесей применяют ряд физико-химических методов газового анализа, наиболее же распространены электрохимические, оптические, хроматографический и пламенно-ионизационный методы.

Электрохимические методы подразделяют на кондуктометрический и кулонометрический. Работа кондуктометрических анализаторов заключается в регистрации изменений электропроводности раствора, возникающих в результате поглощения газовой смеси. Кондуктометрический метод не требует применения сложной аппаратуры, приборы обладают высокой чувствительностью, быстродействием и компактностью. Недостатком метода является то, что

все растворяющиеся в реактиве с образованием ионов газы сильно влияют на электропроводность электролита, на точность показаний влияет температура внешней среды, прибор нуждается в частой смене электролита и имеет нелинейную шкалу.

Кулонометрический метод состоит в непрерывном автоматическом титровании вещества реагентом, электрохимически генерируемым на одном из электродов в реакционной схеме. При этом ток электродной реакции служит мерой содержания определяемого вещества в реакционной среде. Кулонометрический метод анализа обладает высокой чувствительностью и широким динамическим диапазоном. Современные кулонометрические анализаторы имеют сравнительно простое устройство, небольшие габариты и массу, сравнительно низкую стоимость. К недостаткам кулонометрических приборов можно отнести низкую селективность и необходимость периодической смены электролита.

Оптические методы анализа включают в себя абсорбционные и эмиссионные методы.

Абсорбционные методы анализа основаны на способности веществ избирательно поглощать лучистую энергию в характерных участках спектрального диапазона. В свою очередь абсорбционные методы делят на недисперсионные и дисперсионные. Недисперсионный метод анализа основан на выделении нужной спектральной области без разложения излучения в спектр. Для такого выделения чаще всего используют газовые фильтры.

Дисперсионный метод основан на выделении нужной спектральной области путем разложения излучения в спектр. Существует множество вариантов построения газоанализаторов: однолучевые, многолучевые, одноканальные, многоканальные и т.д. В качестве диспергирующего элемента, разлагающего излучение в спектр, можно использовать призмы, решетки и интерферометры. Метод является в настоящее время одним из высокочувствительных, однако приборы, основанные на этом методе, пока существенно дороже и сложнее недисперсионных. Среди абсорбционных методов в отдельную группу выделяют лазерные методы. Перспективность метода обусловлена специфическими особенностями лазерного излучения – монохроматичностью, высокой энергетической плотностью, направленностью и др.

Фотоколориметрические методы анализа – одна из разновидностей абсорбционного оптического анализа. Принцип действия

фотоколориметрических газоанализаторов основан на измерении интенсивности окраски цветного соединения, образующегося при взаимодействии измеряемого компонента со вспомогательным реагентом. В зависимости от среды, где происходит эта реакция, фотоколориметры делят на жидкостные и ленточные.

Эмиссионные методы анализа основаны на измерении интенсивности излучения анализируемой газовой смеси. Для анализа используют как спектры теплового излучения, так и молекулярную люминесценцию. Сущность метода состоит в том, что исследуемые молекулы тем или иным способом приводят в состояние оптического возбуждения и затем регистрируют интенсивность люминесценции или флуоресценции, возникающей при возвращении их в равновесное состояние. Хемилюминесцентный метод в настоящее время является одним из основных эмиссионных методов измерения, используемых при контроле окислов азота. Метод основан на свойстве NO выделять квант света при взаимодействии с атомарным кислородом. Реакция окисления NO до NO_2 сопровождается люминесцентным свечением в диапазоне длин волн 590-2500 нм с максимумом свечения при 1200 нм.

Пламенно-ионизационный метод применяют при контроле углеводородов. Он основан на измерении изменения тока ионизации, полученного при введении в пламя водорода органических веществ. В отсутствие органических примесей ток ионизации, возникающий в чистом водородном пламени, ничтожно мал. Молекулы органических веществ, вводимые в водородное пламя, легко ионизируются, в результате чего электропроводность пламени резко возрастает.

Среди инструментально-лабораторных методов контроля особое место занимает хроматографический анализ.

Хроматография – это физико-химический метод разделения смеси веществ, основанный на распределении компонентов между двумя фазами, одна из которых неподвижна, а другая подвижна. Существуют несколько вариантов хроматографического разделения, основными из которых являются газовая и жидкостная хроматография. В газовой хроматографии подвижная фаза газообразна, в жидкостной -жидкая.

Различают два варианта газовой хроматографии – газоадсорбционную и газожидкостную. В газоадсорбционной хроматографии неподвижной фазой является адсорбент (активизированный уголь,

силикагель, графитированная сажа, полимерные сорбенты). В газожидкостной хроматографии в качестве неподвижной фазы используют слой жидкости, нанесенной на поверхность твердого инертного носителя.

Индикаторный метод. Основан на использовании селективных индикаторных элементов (колористических трубок), изменяющих свою окраску в зависимости от концентрации ЗВ в отбираемой пробе газа. Метод применяют для экспресс-анализа и предварительной оценки концентрации ЗВ в ИЗА. Для повышения эффективности контроля ИЗА используют газоопределители колориметрического типа и индикаторные трубки, основанные на химических реакциях определяемых компонентов с нанесенными на твердый сорбент реагентами, в результате которых образуются окрашенные продукт.

Контрольные вопросы

1. Раскройте суть понятия «выброс».
2. На какие группы подразделяются выбросы в атмосферу?
3. Перечислите основные функции и задачи проведения экологического контроля.
4. Назовите группы основных источников антропогенного загрязнения атмосферы.
5. Назовите методы, которые используются при контроле выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
6. Назовите этапы, из которых состоит схема проведения измерений концентрации загрязняющих веществ в выбросах.
7. Какие метеорологические параметры необходимо учитывать при отборе проб?
8. Перечислите основные физико-химические методы инструментального анализа выбросов.

Занятие 15. Контроль загрязнения водных объектов. Источники и загрязнители гидросферы. Нормирование качества воды и организация контроля. Отбор проб и правила их транспортирования. Методы контроля загрязнения водных объектов

Цель занятия – изучить методы контроля загрязнения водных объектов. Изучить основные источники загрязнения гидросферы. Изучить методику отбора проб для проведения исследований.

Государственный мониторинг водных объектов представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц. Государственный мониторинг водных объектов является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).

Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в целях:

- своевременного выявления и прогнозирования негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;
- оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;
- информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе для федерального государственного экологического контроля (надзора) и регионального государственного экологического контроля (надзора).

Государственный мониторинг водных объектов включает в себя:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохранных зон, зон затопления, подтопления;
- сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений;

- внесение сведений, полученных в результате наблюдений, в государственный водный реестр;

- оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Государственный мониторинг водных объектов состоит из:

- мониторинга поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;

- мониторинга состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохранных зон;

- мониторинга подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;

- наблюдений за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и сбросе вод, в том числе сточных вод, в водные объекты.

Государственный мониторинг водных объектов осуществляется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей.

Организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов проводятся уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти с участием уполномоченных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Основными источниками загрязнения водных объектов являются промышленные и городские сточные воды, дренажные воды с орошаемых земель, сточные воды животноводческих комплексов, организованный (ливневая канализация, дренажные воды) и неорганизованный поверхностный сток с территории поселений, промышленных площадок и сельскохозяйственных полей, водный транспорт.

Для осуществления действенного санитарно-эпидемиологического надзора в области санитарной охраны водных объектов необходимо знать критерии, которые бы позволили определить пределы техногенного и антропогенного воздействия на водный объект. К

критериям качества воды водного объекта относятся ПДК химических веществ в воде водных объектов и санитарные показатели состояния водных объектов.

В основу современного водно-санитарного законодательства, направленного на гигиеническую регламентацию загрязнения водных объектов, положено представление о ПДК. ПДК химического вещества в воде водных объектов называется максимальная концентрация, которая при воздействии на человека в течение всей его жизни прямо или опосредованно (через изменение органолептических свойств воды) не вызывает отклонений в состоянии организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования населения.

Теоретической базой этого определения является принцип пороговости биологического эффекта, который предполагает существование концентраций (или доз) химического агента, не проявляющих токсического или иного неблагоприятного влияния на организм.

В современной отечественной гигиене утвердилось мнение, что за пороговый уровень воздействия должны быть приняты физиологические реакции, носящие приспособительный, адаптивный характер и свойственные здоровому организму; их следует отличать от компенсаторных физиологических реакций, целью которых является замещение нарушенной функции, а не адаптация здорового организма. Несмотря на ясность в теоретическом плане, в практике гигиенического нормирования при оценке полученных экспериментальных данных обоснование пороговых доз (концентраций) остается одним из самых сложных вопросов. Вторым принципом гигиенического нормирования являются необходимость и возможность использования биологических моделей для обоснования степени вредности и опасности нормируемого агента (вещества).

Рекомендуемая ПДК должна гарантировать отсутствие неблагоприятного влияния на человека по всем трем направлениям. Это условие обеспечивается соблюдением третьего принципа – учета лимитирующего показателя вредности.

Лимитирующим показателем вредности называется тот из трех показателей (санитарно-токсикологический, органолептический и общесанитарный), который имеет наименьшую абсолютную пороговую (подпороговую) концентрацию, т.е. тот показатель, по которому устанавливается ПДК.

Четвертый принцип гигиенического нормирования – проверка результата эксперимента, ПДК, наблюдения в условиях практической деятельности санитарной службы.

Указанные принципы легли в основу методической схемы экспериментальных исследований по гигиеническому нормированию химических веществ в воде водных объектов, предложенной в 1945 г. проф. С. Н. Черкинским, которая с накоплением опыта наполнялась новым содержанием и совершенствовалась (табл. 7).

Таблица 7

Схема исследований по гигиеническому нормированию химических веществ в воде водных объектов

Направление исследований	Стабильность вещества в водной среде	Влияние на санитарный режим водного объекта	Влияние на органолептические свойства воды	Токсические свойства
Задачи	Изменение характеристик вещества в водной среде и их скорость	Скорость минерализации и нитрификации органических загрязнений (по динамике БПК, соединений азота и бактериальной флоры) или скорость окисления	Характер и степень изменения органолептических свойств воды (запах, привкус, окраска, образование пленки или пены)	Уровень токсичности, степень кумулятивности. Механизм и отдаленные эффекты токсического действия
Результат	Класс стабильности; для нестабильных и умеренно стабильных – характеристика продуктов трансформации	Пороговая концентрация по общесанитарному показателю вредности	Пороговая концентрация по органолептическому показателю вредности	Подпороговая (недействующая) концентрация по санитарно-токсикологическому показателю вредности
Конечная цель		ПДК и лимитирующий показатель вредности		

Ориентировочный допустимый уровень (ОДУ) вещества в воде водных объектов – временный гигиенический норматив, разработанный на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии санитарного надзора за проектированием или строительством объектов.

Санитарный показатель состояния водного объекта – химическая, биохимическая или иная характеристика, отражающая санитарный режим водного объекта.

Совокупность санитарных показателей позволяет оценить возможность использования водного объекта в качестве источника питьевого водоснабжения, в хозяйственно-бытовых или рекреационных целях.

Гигиенические требования к качеству воды поверхностных водоемов в зависимости от видов водопользования в нашей стране регламентированы СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (табл. 8). Требования СанПин 2.1.5.980-00 распространяются на все (большие и малые, проточные и непроточные) поверхностные водоемы.

Таблица 8

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования (СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»)

<table>
<tr><td rowspan="2">Показатели</td><td colspan="2">Категории водопользования</td></tr>
<tr><td>Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий</td><td>Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Взвешенные вещества</td><td colspan="2">При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более, чем на</td></tr>
<tr><td>0,25 мг/дм^3</td><td>0,75 мг/дм^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Для водных объектов, содержащих более 30 мг/дм^3 природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются</td></tr>
</table>

Окончание табл. 8

1	*2*	*3*
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм^3 в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня.	
Биохимическое потребление кислорода (БПК5)	Не должно превышать при температуре 20°С	
	2 мг O_2/дм^3	4 мг O_2/дм^3
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать	
	15 мг O_2/дм^3	30 мг O_2/дм^3
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	

Целью отбора проб является получение дискретной пробы, отражающей качество (состав и свойства) исследуемой воды.

Отбор проб проводят для:

- исследования качества воды для принятия корректирующих мер при обнаружении изменений кратковременного характера;
- исследования качества воды для установления программы исследований или обнаружения изменений долгосрочного характера;
- определения состава и свойств воды по показателям, регламентированным в нормативных документах (НД);
- идентификации источников загрязнения водного объекта.

Объем взятой пробы должен соответствовать установленному в нормативных документах (НД) на метод определения конкретного

показателя с учетом количества определяемых показателей и возможности проведения повторного исследования. При этом для получения одной пробы, отражающей состав и свойства воды в данной точке отбора, допускается неоднократно отбирать воду в этой точке отбора за максимально короткий период времени.

Метод отбора проб выбирают в зависимости от типа воды, ее напора, потока, температуры, глубины пробоотбора, цели исследований и перечня определяемых показателей с таким расчетом, чтобы исключить (свести к минимуму) возможные изменения определяемого показателя в процессе отбора.

Отбор проб проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб», ГОСТ Р 56237-2014 «Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах», ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа». ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» устанавливает общие требования к отбору, транспортированию и подготовке к хранению проб воды, предназначенных для определения показателей ее состава и свойств. ГОСТ Р 56237-2014 «Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах» устанавливает требования к отбору проб питьевой воды централизованных систем питьевого (непрерывного) водоснабжения на любом этапе использования, включая точку фактического потребления в распределительной сети.

ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа» устанавливает требования к отбору, транспортированию и хранению проб воды, предназначенных для микробиологического анализа.

Отбор проб воды производится после получения заявки от заказчика с определённым перечнем анализов состава и свойств, оплаты услуг выполнения анализов и планирования времени исполнения заявки.

При отборе проб в одной и той же точке для различных целей первыми отбирают пробы для химического анализа. Объем отбираемой пробы установлен в НД на метод определения конкретного показателя с учётом количества определяемых показателей и возможности проведения повторного исследования. Одна проба может состоять из нескольких емкостей.

Выбранный метод подготовки отобранных проб к хранению должен быть совместим с методом определения конкретного показателя, установленного в НД. При этом, если в НД на метод определения указаны условия хранения проб, то соблюдают условия хранения проб, регламентированные в этом НД.

При нарушении условий транспортирования или хранения исследование пробы проводить не рекомендуется. Все процедуры отбора проб должны быть строго документированы. Записи должны быть четкими, осуществлены надежным способом, позволяющим провести идентификацию пробы в лаборатории без затруднений. При отборе проб должны строго соблюдаться требования безопасности, отвечающие действующим нормам и правилам.

Критериями для выбора емкости, используемой непосредственно для отбора проб и их хранения до начала проведения анализов, являются:

- предохранение состава пробы от потерь определяемых показателей или от загрязнения другими веществами;

- устойчивость к экстремальным температурам и разрушению; способность легко и плотно закрываться; необходимые размеры, форма, масса; пригодность к повторному использованию;

- светопроницаемость;

- химическая (биологическая) инертность материала, использованного для изготовления емкости и ее пробки (например, емкости из боросиликатного или известково-натриевого стекла могут увеличить содержание в пробе кремния или натрия);

- возможность проведения очистки и обработки стенок, устранения поверхностного загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Допускается применение одноразовых емкостей для отбора проб.

Для отбора полужидких проб используют кружки или бутыли с широким горлом. Емкости для проб на паразитологические показатели должны быть оснащены плотно закрывающимися пробками.

Емкости с закручивающимися крышками должны быть снабжены инертными прокладками. Не допускается применять резиновые прокладки и смазку, если емкость предназначена для отбора проб с целью определения органических и микробиологических показателей.

Для хранения проб, содержащих светочувствительные

ингредиенты (включая морские водоросли), применяют емкости из светонепроницаемого или неактиничного стекла с последующим размещением их в светонепроницаемую тару на весь период хранения пробы.

Емкости для проб, предназначенных для определения микробиологических показателей, должны:

- выдерживать высокие температуры при стерилизации (в том числе пробки и защитные колпачки);
- предохранять от внесения загрязнений;
- быть изготовлены из материалов, не влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов;
- иметь плотно закрывающиеся пробки (силиконовые или из других материалов) и защитные колпачки (из алюминиевой фольги, плотной бумаги).

Пробоотборники должны:

- минимизировать время контакта между пробой и пробоотборником;
- быть изготовлены из материалов, не загрязняющих пробу;
- иметь гладкие поверхности;
- быть сконструированы и изготовлены применительно к пробе воды для соответствующего анализа (химический, биологический или микробиологический).

Пробы отбирают вручную специальными приспособлениями или с применением автоматизированного оборудования. При разработке и выборе автоматизированного оборудования для отбора проб воды учитывают следующие основные факторы с учетом программы отбора проб:

- прочность конструкции;
- устойчивость к коррозии и биоповреждениям в воде;
- простота эксплуатации и управления;
- возможность самопроизвольной очистки от засорения твердыми частицами;
- возможность измерения отобранного объема пробы;
- обеспечение корреляции аналитических данных с пробами, отобранными вручную;
- емкости для проб должны легко выниматься, очищаться и собираться;
- обеспечение минимального объема пробы (0,5 $дм^3$);

- обеспечение хранения пробы в темноте и обеспечение хранения температуро- и времязависящих проб при температуре 4°С на период не менее 24 ч при температуре окружающей среды до 40°С;

- регулировка, при необходимости, движения жидкости для предотвращения разделения фаз;

- наличие выпускного устройства с минимальным внутренним диаметром 12 мм и установленной заслонкой по потоку для предотвращения загрязнения и накопления твердых частиц;

- возможность повторных поступлений проб в отдельные емкости для отбора проб;

- защита конструкции пробоотборника от избыточной влажности (атмосферной и испарений исследуемой воды) и от обледенения в холодный период года.

Оборудование переносного пробоотборника должно быть легким, защищенным от воздействия атмосферных явлений и приспособленным к работе в широком диапазоне условий окружающей среды.

Для подготовки отобранной пробы к хранению в зависимости от определяемого показателя проводят при необходимости:

- фильтрование (центрифугирование);

- консервацию;

- охлаждение (замораживание).

Методы контроля загрязнения водных объектов (табл. 9) более разнообразны, чем методы контроля загрязнения воздушной среды, так как контроль качества вод проводится по различным группам показателей. Наиболее распространенные инструментальные методы контроля загрязнения водной среды.

Таблица 9

Методы контроля загрязнения водных объектов

Метод определения	Наименование показателей
1	*2*
Атомно-абсорбционная спектрофотометрия	Cr, Al, Ag, Be, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn, Se, Hg, As
Атомно-эмиссионная спектрофотометрия	Zn, Cr, Sr^{2+}, Se, Pb, Ni, As, Cu, Mn, Cd, Fe, B, Be, Ba, Al, Mo
Эмиссионная пламенная фотометрия	Sr^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}
Фотометрия	Si, Al, Ba, Mn, As, Pb, Ni, Fe, Cr (VI), Cd, Mo, NH^{+}, Cu, Zn, фосфаты, фенолы, формальдегид, нитриты, нитраты, анионактивные ПАВ, полиакриламид, цианиды, фториды
Турбидиметрия	Сульфаты

Окончание табл. 9

1	*2*
Флуориметрия	Al, Be, B, F , Se, Pb, NO_2^-, Cu, Zn, формальдегид, бенз(а)пирен, ПАВ
ИК-спектрофотометрия	Нефтепродукты
Потенциометрия (ионометрия)	F, pH
Инверсионная вольтамперометрия	Zn, As, Cu, Pb, Cd
ГЖ хроматография	Хлороформ, ДДТ, хлорзамещённые углеводороды, нефтепродукты, толуол, ксилол, стирол, бензол
Ионная хроматография	Нитраты, нитриты, сульфаты, хлориды, фториды
Титриметрия	Хлориды, окисляемость перманганатная, жёсткость общая
Гравиметрия	Жиры, сухой остаток, сульфаты
Радиометрия	Радионуклиды

Благодаря использованию современного лабораторного оборудования можно достичь получения оперативной и точной информации о состоянии и уровне содержания контролируемых веществ.

Контрольные вопросы

1. В каких целях осуществляется государственный мониторинг водных объектов?
2. Назовите мероприятия, из которых состоит государственный мониторинг водных объектов.
3. Какой организацией проводится государственный мониторинг водных объектов?
4. Какой показатель вредности называется лимитирующим?
5. Опишите схему исследований по гигиеническому нормированию химических веществ в воде водных объектов.
6. Раскройте понятие «ориентировочно допустимый уровень».
7. Перечислите правила проведения отбора проб воды и выбора емкости с целью хранения и транспортировки образцов.

Занятие 16. Контроль загрязнения почв. Отбор проб и методы контроля загрязнения почв

Цель занятия – изучить методы проведения контроля загрязнения почв. Изучить правила отбора проб и методов контроля загрязнения почв.

Основными критериями, используемыми для оценки степени загрязнения почв, должны быть предельно допустимые количества (ПДК) и ориентировочные допустимые количества (ОДК) химических веществ в почве по ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения», нормативы допустимых количеств загрязняющих веществ в смежных природных средах и в сельскохозяйственной продукции, показатели санитарного состояния почв по ГОСТ 17.4.2.01-81 «Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния».

К категории загрязненных следует относить почвы, в которых количество загрязняющих веществ находится на уровне или выше предельно допустимых количеств. Почвы, отнесенные к категории загрязненных, должны находиться под постоянным контролем внутриведомственных и государственных служб контроля. Почвы выводятся из этой категории и постоянный контроль заменяется на периодический, когда количество в них загрязняющих веществ становится ниже допустимого уровня.

Особое внимание следует уделять почвам, прилегающим к предприятиям и объектам промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйств, транспорта, которые по характеру своей деятельности могут загрязнять почву посредством выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод. При проведении контроля за загрязнением почв следует учитывать класс опасности химических веществ по ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения», степень опасности патогенных и условно-патогенных организмов и соблюдать следующие требования:

- использовать физико-химические и биологические методы, позволяющие получить достоверную качественную и количественную информацию о наличии загрязнителей в почве. Пределы обнаружения контролируемых веществ должны быть не выше нормативов допустимого количества этих веществ в почве;
- регистрировать в журналах качественный и количественный

состав, объемы и даты выбросов, сбросов, отходов, стоков и осадков сточных вод; применение средств химизации с указанием объема и ассортимента фактически применяемых химических веществ, размеров обрабатываемой территории, способов и даты их внесения;

- определять количество загрязняющих веществ, способных придавать почве фитотоксические свойства, а также оказывать отрицательное воздействие на качество почвы и растительной продукции в почвах, предназначенных для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях защищенного грунта.

Санитарное состояние почвы – совокупность физико-химических и биологических свойств почвы, определяющих качество и степень ее безопасности в эпидемическом и гигиеническом отношениях. Химическое загрязнение почвы – изменение химического состава почвы, возникшее под прямым или косвенным воздействием фактора землепользования (промышленного, сельскохозяйственного, коммунального), вызывающее снижение ее качества и возможную опасность для здоровья населения. Биологическое загрязнение почв – составная часть органического загрязнения, обусловленного диссеминацией возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, а также вредными насекомыми и клещами, переносчиками возбудителей болезни человека, животных и растений. Показатели санитарного состояния почв – комплекс санитарно-химических, микробиологических, гельминтологических, энтомологических характеристик почвы.

Буферная способность почвы – способность почвы поддерживать химическое состояние на неизменном уровне при воздействии на почву потока химического вещества. Приоритетный компонент загрязнения почвы – вещество или биологический агент, подлежащий контролю в первую очередь. Фоновое содержание (загрязнение) – содержание химических веществ в почвах территорий, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени. Предельно допустимая концентрация химического вещества в почве представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, т.к. используемые при ее обосновании критерии отражают возможные пути воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. Обоснование ПДК химических веществ в почве

базируется на 4 основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально: транслокационном, характеризующим переход вещества из почвы в растение, миграционный водный характеризует способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники, миграционный воздушный показатель вредности характеризует переход вещества из почвы в атмосферный воздух, и общесанитарный показатель вредности характеризует влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность. При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания по каждому показателю вредности. Наименьший из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК.

Программа обследования почвы определяется целями и задачами исследования с учетом санитарно-эпидемиологического состояния района, уровня и характера техногенной нагрузки, условий землепользования. При выборе объектов в первую очередь обследуют почвы территорий повышенного воздействия на здоровье населения (детские дошкольные, школьные учреждения, селитебные территории, зоны санитарной охраны водоемов, питьевого водоснабжения, земли, занятые под сельхозкультуры, рекреационные зоны и т.д.).

Отбор, транспортирование, хранение, подготовка к анализу и анализ проб осуществляется в соответствии с утверждаемыми нормативными.

Контроль за загрязнением почв населенных пунктов проводится с учетом функциональных зон города. Места отбора проб предварительно отмечаются на картосхеме, отражающей структуру городского ландшафта. Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположение мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

При контроле за загрязнением почв промышленными источниками площадки для отбора проб располагают на площади

трехкратной величины санитарно-защитной зоны вдоль векторов розы ветров на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 5000 м и более от источника загрязнения (ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»).

Для контроля санитарного состояния почв детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений, игровых площадок и зон отдыха отбор проб проводят не менее 2 раз в год – весной и осенью. Размер пробной площадки должен быть не более 5 × 5 м. При контроле санитарного состояния почв территорий детских учреждений и игровых площадок отбор проб проводится отдельно из песочниц и общей территории с глубины 0-10 см. С каждой песочницы отбирается одна объединенная проба, составленная из 5 точечных. При необходимости возможен отбор одной объединенной пробы из всех песочниц каждой возрастной группы, составленной из 8-10 точечных проб.

Пробы почвы отбирают либо с игровых территорий каждой группы (одна объединенная из не менее пяти точечных), либо одна объединенная проба с общей территории из 10 точечных, при этом следует учитывать наиболее вероятные места загрязнения почв.

При контроле почв в районе точечных источников загрязнения (выгреба, мусоросборники и т.п.) пробные площадки размером не более 5 × 5 м закладываются на разном расстоянии от источника и в относительно хистом месте (контроль).

При изучении загрязнения почв транспортными магистралями пробные площадки закладываются на придорожных полосах с учетом рельефа местности, растительного покрова, метео- и гидрологических условий.

Пробы почвы отбирают с узких полос длиной 200-500 м на расстоянии 0-10, 10-50, 50-100 м от полотна дороги. Одна смешанная проба составляется из 20-25 точечных, отобранных с глубины 0-10 см.

При оценке почв сельскохозяйственных территорий пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0-25 см.

На каждые 0-15 га закладывается не менее одной площадки размером 100-200 м^2 в зависимости от рельефа местности и условий землепользования. Перечень показателей химического и биологического загрязнения почв определяется исходя из:

- целей и задач исследования;

- характера землепользования;

- специфики источников загрязнения, определяющих характер (состав и уровень) загрязнения изучаемой территории;

- приоритетности компонентов загрязнения в соответствии со списком ПДК и ОДК химических веществ в почве и их класса опасности по ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почва. Классификация химических веществ для контроля загрязнения».

Определение концентраций химических веществ в почве проводится методами, использованными при обосновании ПДК (ОДК).

Контрольные вопросы

1. Какие почвы относятся к категории загрязненных?
2. Раскройте понятие «санитарное состояние почвы».
3. Назовите основные показатели санитарного состояния почвы.
4. Дайте характеристику понятия «буферная способность почвы».
5. Опишите правила проведения отбора почвенных образцов в зависимости от назначения.
6. На основании каких показателей определяется перечень показателей химического и биологического загрязнения почв?

Глоссарий

Аналитическая химия (АХ) – наука о методах анализа, задачей которой является разработка их теоретического обоснования, создание новых и совершенствование существующих методов.

Аналитический сигнал – свойство определяемого вещества, позволяющее его обнаружить и (или) измерить количество.

Амфипротонные растворители – способны как отдавать, так и принимать протоны (вода, спирты, кетоны, нитрилы и др.). Вещества с такими свойствами называют амфолитами или амфипротонными.

Атомно-абсорбционный анализ – метод аналитической химии, основанный на селективном поглощении электромагнитного излучения определенной длины волны свободными от всех молекулярных связей нейтральными атомами определяемого элемента.

Биодиагностика [от гр. *bios* – жизнь и *diagnosticos* – способный распознавать] – выявление причин или факторов изменения состояния среды на основе видов биоиндикаторов с узко специфичными реакциями и отношениями. Включает биоиндикацию и биотестирование.

Биоиндикация – оценка качества природной среды по состоянию её биоты. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов.

Государственная служба аналитического контроля (ГСАК) – система, позволяющая получить данные о химическом составе (реже – химическом строении веществ), которые необходимы для материального производства, рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, научных исследований.

Государственный отраслевой стандарт (ГОСТ) – региональный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств. На территории Евразийского экономического союза межгосударственные стандарты применяются добровольно.

Градуировочный график – строят на миллиметровой бумаге или в электронной форме при помощи Excel, откладывая на оси абсцисс, указанную в методике определения концентрацию, а по оси ординат – измеренные значения оптической плотности.

Дисперги́рование (от лат. *dispersio* – рассеяние), **эмульгирование**, **эмульга́ция** – тонкое измельчение твёрдых тел или жидкостей, в результате чего получают порошки, суспензии, эмульсии. При диспергировании твёрдых тел происходит их механическое разрушение. В лабораториях и промышленности для диспергирования твердых тел используют мельницы различных видов (вибрационные, шаровые, струйные и др.), для жидкостей применяют гомогенизаторы, высокоскоростные мешалки пропеллерного или турбинного типа.

Диапазон определяемых содержаний — это диапазон количеств, выявляемого в ходе анализа вещества, которые можно измерить данным методом.

ИК-спектроскопия – метод исследования веществ, основанный на поглощении инфракрасного (ИК) излучения исследуемым веществом. Колебательные движения, происходящие в молекулах в пределах основного электронного уровня, проявляются в ИК области спектра, поэтому эти спектры называют колебательными.

Воспроизводимость – (*reproducibility* англ. *replication*) – близость друг к другу отдельных значений в серии результатов повторных (параллельных) измерений, степень разброса относительно среднего.

Вольтамперометрия относится к электрохимическим методам анализа и исследования, которые основаны на изучении и использовании процессов, протекающих на поверхности электрода или в приэлектродном слое.

Временной принцип – частота наблюдений и сбора информации во времени в системе мониторинга, полностью определяется динамикой наблюдаемых (изучаемых) процессов

Предел обнаружения – это наименьшее количество (масса, концентрация) определяемого вещества, при котором вещество уверенно обнаруживается (идентифицируется) данным методом во всех повторных экспериментах

Отраслевой стандарт (ОСТ) – устанавливается на те виды продукции, нормы, правила, требования, понятия и обозначения, регламентация которых необходима для обеспечения качества продукции данной отрасли.

Обучающий принцип – с течением времени в системе работающего мониторинга качество прогнозов и эффективность

управления должны закономерно улучшаться, система мониторинга во времени должна непрерывно совершенствоваться и строиться как «самообучающаяся» система.

Катализаатор – химическое вещество, ускоряющее реакцию, но не расходующееся в процессе реакции.

Качественный анализ – имеет своей целью обнаружение определенных веществ или их компонентов в анализируемом объекте.

Квантометр – прибор, построенный по схеме спектрографа, но регистрируется не весь спектральный диапазон, а отдельные линии, на месте фокусировки которых установлены ФЭУ (в зарубежных квантометрах число таких каналов может быть порядка 80).

Концентрация – это величина, показывающая количественное содержание одного вещества в другом в относительных единицах, таких, как

- процент (%), выражающий число частей данного вещества на 100 частей другого (или всего) вещества;
- промилле (%, pm) – на тысячу частей;
- пропромилле (%, ppm) – на миллион частей;
- пробилле (рв) – на миллиард частей.

Молярная концентрация эквивалента вещества X (бывшая нормальность N), выраженная в моль/дм³ (моль/л), показывает количество эквивалентов вещества X, содержащееся в 1 дм³ (1 л) его раствора.

Метод добавок – представляет собой разновидность метода сравнения. Определение концентрации раствора этим методом основано на сравнении оптической плотности исследуемого раствора и этого же раствора с добавкой известного количества определяемого вещества.

Монохроматор – спектральный оптико-механический прибор, предназначенный для выделения монохроматического излучения. Принцип работы основан на дисперсии света.

Пространственный принцип – пространственная структура системы пунктов получения информации. Формируется в зависимости от вида мониторинга и определяется природными геологическими и инженерно-геологическими особенностями территории, типом и особенностями инженерных сооружений на ней, а также состоянием на ней экосистемы.

Протофильные растворители (от лат. протонолюбяшие) – способны принимать протоны в процессе растворения. Это, например,

жидкий аммиак, пиридин, гидразин и др. Они увеличивают кислотность растворенных веществ.

Полихроматор – оптический прибор, который предназначен для проведения одновременного наблюдения многих участков спектра. Может выступать как часть прибора или представлять самостоятельное устройство. Для сканирования спектра поворачивается диспергирующий элемент или специальное зеркало.

Погрешность измерения – отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

Спектроскоп – прибор для визуального наблюдения спектров излучения и поглощения, построенный по схеме спектрографа, применяемый для качественного анализа в металлургии, биологии, медицине.

Спектрометр – прибор с фотоэлектрической регистрацией, построенный по схеме монохроматора с непрерывным сканированием спектра.

Спектрофотометр – прибор, предназначенный для абсорбционного количественного анализа, чаще всего это двухлучевой прибор, в котором производится сравнение двух монохроматических пучков, один из которых прошел через исследуемое вещество, а другой – через эталон.

Селективность – критерий, применяемый в химии для количественной оценки эффективности протекания целевой реакции при наличии побочных процессов. Различают полную, или интегральную селективность, определяемую как соотношение между количеством полученного целевого продукта и всех продуктов процесса, а также мгновенную, или дифференциальную селективность, определяемую как соотношение между скоростью целевой реакции и скоростью расходования исходного реагента. Селективность также является одной из основных характеристик катализатора.

Структурно-организационный принцип – система мониторинга любого уровня. Являясь многоуровневой иерархической структурой, должна строиться с учётом взаимодействия с высшими системами и низшими подсистемами.

Структурный анализ – устанавливает структурную формулу органического вещества или ее отдельные структурные элементы (двойные и тройные связи, циклы и так далее).

Случайные погрешности – это те, которые ведут к незначительным отклонениям результатов повторных измерений от истинного значения по причинам, возникновение которых выяснить и учесть невозможно (например колебания напряжения в электросети, настроение аналитика и т.п.).

Экспрессность метода – определяется затратами времени на анализ при его использовании.

Функциональный принцип – мониторинг функционирует во времени как взаимосвязанная и взаимообусловленная система цепи постоянных наблюдений, оценки, прогноза и управления.

Фотометрия (от греч. *photós* – свет и греч. *metréo* – измеряю) – это раздел общей физики, занимающийся измерением света.

Хроматография – это физико-химический метод разделения веществ, основанный на распределении компонентов между двумя фазами – подвижной и неподвижной.

Хроматограмма – это зарегистрированная во времени последовательность показаний регистратора. Каждому разделенному компоненту смеси соответствует свой пик на хроматограмме.

Целевой принцип – система любого мониторинга должна строиться с учётом достижения его конечной цели – оптимизации управления, что достигается на базе прогнозных оценок её развития путём выработки оптимальных управляющих решений и рекомендаций.

Рекомендуемая литература

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : федер. закон : [принят Гос. Думой 20.12.2001 г. № 7-ФЗ ; одобрен Советом Федерации 26.12.2001 г. ; в ред. от 10.01.2002]. – Режим доступа: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW

2. ГОСТ 17.2.1.01-76. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу [Электронный ресурс]. – Введ. 1977-01-01. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200004383

3. ГОСТ 31861-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-01-01. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/-1200097520

4. ГОСТ Р 56237-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах [Электронный ресурс]. – Введ. 2016-01-01. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/-document/1200115794

5. ГОСТ 31942-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-01-01. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/-1200097811

6. РД 52.18.344-93. Методика выполнения измерений интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования. Методические указания [Электронный ресурс]. –

Введ. 1.041994. – М., 1993. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/-document/471813990

7. Вершинин, В. И. Аналитическая химия : учебник для вузов / . И. Вершинин, И. В. Власова, И. А. Никифорова. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 428 с.

8. Вольфсон, М. Б. Анализ данных : методические указания / М. Б. Вольфсон. – СПб. : СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, 2013. – 47 с.

9. Гельфман, М. И. Химия : учебник / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. – 4-е изд. – СПб. : Лань, 2021. – 480 с.

10. Гельфман, М. И. Неорганическая химия : учебное пособие / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 528 с.

11. Долгоносов, А. М. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование / А. М. Долгоносов, О. Б. Рудаков, А. Г. Прудковский. – СПб. : Лань, 2022. – 468 с.

12. Егоров, В. В. Неорганическая и аналитическая химия. Аналитическая химия : учебник / В. В. Егоров, Н. И. Воробьева, И. Г. Сильвестрова. – СПб. : Лань, 2022. – 144 с.

13. Саргаев, П. М. Неорганическая химия : учебное пособие / П. М. Саргаев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Лань, 2021. – 384 с.

14. Саргаев, П. М. Общая и неорганическая химия : учебник для СПО / П. М. Саргаев. – СПб. : Лань, 2022. – 276 с.

15. Юдина, Т. Г. Аналитическая химия : учебное пособие для СПО / Т. Г. Юдина, Л. В. Ненашева ; под общей редакцией Т. Н. Литвиновой. – СПб. : Лань, 2022. – 248 с.

Алфавитно-предметный указатель

Абсорбционные методы анализа - 96
Аналитическая химия – 4
Аналитический сигнал – 7, 24
Апротонные растворители – 38
Амфипротонные растворители – 39
Атомно-абсорбционный анализ - 64
Биоиндикация – 20
Буферная способность почвы - 111
Вольтамперометрия – 83
Выброс - 88
Государственный стандарт – 5
Государственная служба аналитического контроля (ГСАК) – 10
Государственный мониторинг - 99
Двухлучевые схемы – 57
Диспергирующие спектрометры – 58
Дисперсионный метод - 96
Иодометрия – 44
ИК-спектроскопия – 56
Источники непрерывного ИК-излучения – 58
Индикаторный электрод – 85
Инструментально-лабораторный метод – 90
Индикаторный метод - 90
Качественный анализ – 29
Квантометр - 62
Количественный химический анализ - 33
Контактные методы наблюдения – 14

Константа химического равновесия – 35
Конечная точка титрования – 41
Метод градуировочного графика – 49, 53
Метод ограничивающих растворов – 54
Метод контроля выбросов - 90
Мониторинг – 13
Монохроматоры - 60
Молярная концентрация вещества – 37
Молекулярно-абсорбционный анализ - 64
Нормальный раствор – 37
Одно лучевые схемы - 57
Окислительно-восстановительное титрование – 45
Оптические методы – 46
Ориентировочно допустимый уровень (ОДУ) - 103
Полихроматоры - 60
Предел обнаружения – 6
Потенциометрические методы анализа - 79
Протолитические растворители – 38
Протофильные растворители – 39
Проявительный (элюентный) метод – 76
Предельно допустимые концентрации -
Разложение (вскрытие) пробы – 23
Расчетный метод – 90
Санитарное состояние почв – 111
Систематическая погрешность – 27
Спектроскоп – 62
Стилоскоп – 62
Стилометр - 62
Спектральные методы наблюдения – 16, 47
Спектральные помехи - 68
Спектрометр – 62
Спектрофотометр – 62
Спектроанализатор - 62
Случайная погрешность – 27
Титр по определяемому веществу – 37
Фиксанал – 42
Фотометрия – 69
Фотоколориметрический метод – 70, 96
Электрохимические методы наблюдения – 17, 46

Электрохимические методы анализа – 78
Электрохимическая реакция – 84
Экологический контроль - 88
Хроматографические методы наблюдения – 18, 48
Хроматография – 70
Хроматограмма - 72
Химическое равновесие - 35

Оглавление

Предисловие……	3
Занятие 1. Аналитическая химия, ее предмет, задачи, значение и основные понятия. Классификация методов анализа. Техника безопасности при работе в лаборатории….....	4
Занятие 2. Методы и средства наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Контактные методы контроля окружающей среды. Дистанционные методы контроля окружающей среды. Биологические методы контроля окружающей среды.....	12
Занятие 3. Основные этапы анализа. Погрешности анализа. Математическая обработка результатов анализа и оценка их качества. Правильность, точность, воспроизводимость, надежность результатов……....	23
Занятие 4. Качественный анализ. Цель и возможные методы	29
Занятие 5. Теоретические основы количественного химического анализа. Требования к химическим реакциям. Растворы и растворители. Способы выражения концентрации растворов…	34
Занятие 6. Титриметрический анализ, основные понятия и инструменты титриметрии. Классификация титриметрических методов по химическим реакциям и веществам реагентов….....	41
Занятие 7. Физико-химические методы анализа, их классификация и основные приемы……...	46
Занятие 8. Спектральные методы анализа. Спектры, способы их получения, особенности, классификация и использование для аналитических целей. Эмиссионный спектральный анализ.	51

Атомно-эмиссионный, спектральный. Качественный и полуколичественный анализ. Ультрафиолетовая спектроскопия и спектроскопия в видимой области ИК-спектроскопия……....	
Занятие 9. Оптические приборы для спектрального анализа (спектрометры)…….....	60
Занятие 10. Абсорбционные оптические методы. Атомно-абсорбционный анализ. Молекулярно-абсорбционный анализ. Фотометрия (колориметрия, фотоколориметрия, спектрофотометрия)…….....	64
Занятие 11. Теория хроматографии, хроматографический анализ, виды хроматографии. Хроматография: сущность, классификация, основные характеристики…….....	72
Занятие 12. Электрохимические методы анализа, их теоретические основы и классификация. Потенциометрия прямая и косвенная…….....	78
Занятие 13. Вольамперометрия, полярография, инверсионная вольтамперометрия……..	83
Занятие 14. Контроль загрязнения атмосферного воздуха. Состав атмосферного воздуха и классификация загрязнителей. Стандарты качества. Аппаратура и методика отбора проб. Современные методы контроля загрязнения воздушной среды…..	87
Занятие 15. Контроль загрязнения водных объектов. Источники и загрязнители гидросферы. Нормирование качества воды и и организация контроля. Отбор проб и правила их транспортирования. Методы контроля загрязнения водных объектов…..	99
Занятие 16. Контроль загрязнения почв. Отбор проб и методы контроля загрязнения почв……	110
Глоссарий……	115
Рекомендуемая литература……...	120
Алфавитно-предметный указатель.....	126

Учебное издание

Малахова Олеся Анатольевна
Зайцев Владимир Владимирович

Методы анализа

Учебное пособие

Подписано в печать 13.06.2018. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 9,59, печ. л. 10,31.
Тираж 300, 500. Заказ №176.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Экология и рациональное природопользование

Методические указания
для проведения практических занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 577.4 : 502.7(07)
ББК 40.08 : 40.9 Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Экология и рациональное природопользование : методические указания. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 41 с.

В методических указаниях обобщены научные основы в области природопользования и охраны окружающей среды. Изложены современные представления о методах исследований, основные законы, правила и принципы основ природопользования и охраны природы. Рассмотрены особенности и приёмы государственного управления природопользованием и охраны окружающей среды.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология и других биологических специальностей.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Петряков В. В., 2022

Предисловие

Человек, вооруженный техникой и стремящийся к максимальному потреблению, стал самым опасным живым существом на планете Земля. Он не только уничтожает редкие виды животных и растений, но и изобретает все более разрушительные виды оружия массового поражения, включая ядерное, бактериологическое, химическое, тектоническое, климатическое и др.

Необходимость изменения поведения человечества приводит к появлению нового «экологического» стиля мышления и экологизации всей системы знаний. Экология внедряется не только в естественнонаучные или технические дисциплины, но и в гуманитарные. Экологизация экономики привела к формированию нескольких новых областей исследования, соответствующих различным стадиям процесса природопользования. В этой связи на первое место выступает грамотное, рациональное природопользование и охрана природной окружающей среды.

Целью издания методических указаний является формирование у студентов представлений о взаимоотношениях человеческого общества с окружающей средой; формирование новых ценностных ориентаций по рациональному отношению к природной среде, населению, хозяйству, человеку, направленных на изучение возможностей долговременного, экологически безопасного использования благ природы для развития общества в обстановке мощных и растущих антропогенных нагрузок на природную среду.

Практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в экологические процессы и явления.

ЗАНЯТИЕ 1
Исторический и географический типы природопользования

Цель занятия: изучить классификацию типов природопользования

Исторический тип природопользования

Взаимодействие человеческого общества с окружающей средой – ключевая проблема географической (и не только географической) науки, остающаяся в центре её внимания со времён античности. Общепризнанно, что человеческое общество могло развиваться только в рамках природопользования, т.е. системы взаимоотношений человека с природой, складывающихся в соответствии с характером исторических, социальных и географических условий.

Различают несколько типов природопользования, различающиеся не только по величине валового национального продукта на душу населения, но и по характеру используемых источников энергии и существующих технологий. В соответствии с этим признаком выделяют следующие этапы и типы природопользования:

Каждому историческому этапу соответствует определённый исторический тип природопользования.

1. Исторический тип природопользования, включающий в себя следующие его разновидности (подтипы):

1.1 Доиндустриальный, существовавший с древнейших времён. Характеризуется господством мускульной силы человека и животных в качестве источников энергии, а также натуральных продуктов в производстве и потреблении.

1.2 Индустриальный, возник из доиндустриального в результате промышленной революции, произошедшей в 18-19 веках в наиболее передовых странах, несколько позже – в среднеразвитых.

Данный подтип базируется на топливной энергетике и механизированном изготовлении предметов производства и потребления.

Положительной стороной данного типа природопользования был ознаменован резким возрастанием объёмов производства, ускорившие экономическое и социально-политическое развитие; возрастание политического и социального развития.

Основными проблемами являлись истощение природных ресурсов и интенсивное загрязнение всех сред.

1.3 Постиндустриальный, возник из индустриального вовремя, когда обществу удалось решить острые социально-экономические проблемы и достичь устойчивого материального благосостояния преобладающей части своих граждан.

Данный подтип предполагает, как минимум, преобладание возобновимых (альтернативных) источников энергии и автоматизированных производств.

Географический тип природопользования

Взаимодействие естественных природных условий и характера деятельности человека формируют функциональные типы использования территории, или типы природопользования, присутствующие постоянно, но по-разному проявляющиеся на различных исторических этапах.

В каждом из географических типов природопользования существуют свои проблемы, связи с трансформацией потоков вещества и энергии.

Классификация географических типов природопользования разработана А.Б. Басаликасом в 1977 году и включает ряд подтипов и видов.

2.1. Промышленно-урбанистический подтип природопользования – это города и промышленные зоны: пункты и ареалы концентрации населения и производства, связывающие их сухопутные транспортные коммуникации.

Для данного типа характерна максимальная нагрузка на среду, вследствие чего происходят самые глубокие преобразования ландшафта, затрагивающие все его компоненты.

2.1.1. Городской селитебный вид включает жилые, общественные и рекреационные зоны населённых пунктов (парки, скверы, газоны, водные объекты).

2.1.2 Транспортно-промышленный вид включает промышленные и транспортные зоны, расположенные внутри и вне населённых пунктов. В этих зонах происходит концентрированное образование и выброс различных видов отходов, с чем и связаны основные проблемы природопользования.

2.1.3. Горнопромышленный вид, отличительной особенностью которого является преобладание прямого ресурсопотребле-

ния в форме добычи полезных ископаемых при несколько меньших (не всегда) масштабах загрязнения. Происходящее при добыче полезных ископаемых нарушение земельных ресурсов сближает данный вид природопользования с сельскохозяйственным подтипом («третья природа»).

2.1.4. Сельский селитебный вид в качестве переходного между промышленно-урбанистическим и с/х подтипами природопользования. Для него характерно сочетание трансформации всех компонентов ландшафтов.

2.2. Сельскохозяйственный подтип природопользования, подразделяются на следующие виды, различающиеся степенью преобразования ландшафта, связанных и не связанных с обработкой земель.

2.2.1. Ирригационно-земледельческий вид, в которых естественная растительность полностью уничтожена и заменена искусственной, почва может быть преобразована в разной степени или в сторону улучшения, или в сторону истощения.

2.2.2. Лугово-сенокосный вид, используемый в качестве естественных кормовых угодий.

2.2.3. Пастбищно-животноводческий вид, (равнинные, предгорные и низкогорные степи, полупустыни и пустыни) используемые как пастбища.

2.2.4. Горно-пастбищный вид создаёт наибольшие предпосылки для усиления экзогенных процессов (эрозий почв).

2.2.5. Тундрово-оленеводческий вид, характеризуется специфической разновидностью природопользования и незначительным воздействием на экосистемы.

2.3. Лесохозяйственный подтип природопользования, объединяет лесные ландшафты всех природных зон, в тех или иных формах, используемых человеком.

Различают следующие виды лесохозяйственного подтипа:

2.3.1. Собственно лесохозяйственный, при котором человек пользуется готовыми плодами леса (сбор грибов, ягод).

2.3.2. Лесопромышленный (равнинные леса, периодически вырубаемые на отдалённых участках).

2.3.3 Промышленно-лесохозяйственный (леса освоенных районов с ограниченными рубками, проводимыми в целях ухода за лесными насаждениями).

2.3.4 Водо- и почвоохранный (леса, произрастающие в защитных полосах, играющие ландшафтно-стабилизирующую роль).

2.3.5 Рекреационный и санитарно-гигиенический (леса зелёных зон городов, курортных местностей, заповедников, не используемых в промышленных целях, но обычно подверженных повышенной рекреационной нагрузке).

Задание 1. Изучите особенности и классификацию исторического типа природопользования.

Задание 2. Изучите особенности и классификацию географического типа природопользования.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет исторический тип природопользования?
2. Какова классификация географического типа природопользования?

ЗАНЯТИЕ 2
Аспекты природопользования

Цель занятия: изучить классификацию и характеристику основных аспектов природопользования.

Социально-политический аспект

Социально-политический аспект связан с решением проблемы охраны природы в масштабах всего человечества при наличии разных социальных систем. Возникновение социально-политической проблемы создания и внедрения в глобальном масштабе природоохранных мер по предотвращению истощения ресурсов и загрязнения среды обусловлено объективными факторами.

Во-первых, в связи с неделимостью биосферы загрязнение природной среды невозможно удержать в территориальных границах страны, в которой это происходит. При этом развивающиеся страны служат важным источником сырья для развитых стран, которые стремятся размещать в них добывающую промышленность, использовать их минеральное и сельскохозяйственное сырье.

Во-вторых, каким бы мощным экономическим и научно-техническим потенциалом не обладала отдельная страна, она не может полностью решить такую сложную и многогранную проблему, поэтому потребовалось принятие необходимых мер не только на национальном, но и на международном уровне.

Наибольшие проблемы встают при совместном использовании запасов рыбы и мигрирующих животных и птиц, ведь для биогеоценозов не существует государственных границ.

Разрешение всех этих проблем возможно только на путях международного сотрудничества, которое может осуществляться на двусторонней или многосторонней основе. Формами сотрудничества могут быть организации научных практических встреч; создание международных организаций, координирующих совместные усилия по охране природы; заключение официальных договоров и соглашений; деятельность международных общественных партий и организаций.

Правовой аспект

Правовой аспект охраны окружающей среды можно сформулировать как установленную законом систему мер, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование, восстановление и умножение природных богатств. Правовая основа охраны природы в России базируется на ряде важнейших принципов: в основном, природные ресурсы составляют государственную собственность и предоставляются только в пользование; охране подлежат как вовлеченные в хозяйственный оборот, так и не эксплуатируемые природные объекты; рациональное использование природных ресурсов; контроль за рациональным использованием природных ресурсов и охраной природы; ответственность за несоблюдение законодательства об охране природы.

Региональный аспект

Природопользование в отдельных регионах мира и страны отличается особенностями, определяемыми, как экологическим потенциалом территорий (климатом, рельефом, водообеспеченностью, наличием и составом природных ресурсов), так и расстоянием от центров жизнедеятельности населения. По мере антропогенного освоения природных богатств региона все большее значение приобретает способность среды ассимилировать попадающие в

нее загрязнения и восстанавливать изъятые или изувеченные элементы экосистем. В глобальных масштабах (в масштабах отдельных биомов) необходимо учитывать, что наиболее ранимы и практически невосстановимы экосистемы тундры и тропических лесов. Следовательно, размещение и развитие материального производства на определенной территории должно осуществляться в сочетании с ее экологической выносливостью.

Эколого-экономический аспект

Эколого-экономический аспект – важнейшая сторона охраны природы, потому что любые продукты, употребляемые людьми, создаются за счет расходования природных ресурсов. В хозяйственный оборот вовлечена масса природных веществ, а запасы многих из них малы (например, ртути, меди, серебра, олова, свинца), поэтому происходит быстрое их истощение.

Современные темпы экономического развития обострили проблему ограниченности природных ресурсов, в связи с чем возникла необходимость учета экологических требований к экономике. Следует подчеркнуть, что само экономическое развитие внутренне противоречиво: с одной стороны, оно порождает ряд острых экологических проблем, а с другой – в самом экономическом развитии заложена основа для устранения этих противоречий.

Научно-технический аспект

Данный аспект предполагает организацию производства по принципу безотходности, а точнее малоотходности (полная безотходность нереальна, хотя бы из-за неизбежных потерь энергии и распыления вещества при его обработке).

Современная научно-технологическая база промышленности не позволяет осуществлять глубокую очистку воды и воздуха, используемых предприятиями ввиду исключительной дороговизны этого мероприятия. Разработка новых технологических процессов, на основе которых может быть создано безотходное производство, обеспечит не только высокие технико-экономические показатели, но и комплексное использование природных ресурсов.

Здравоохранительный аспект

Такой аспект отражает принцип приоритета охраны здоровья и сохранения благоприятных гигиенических условий жизни чело-

века. Чистая вода, воздух, лес – необходимые условия нормальной жизнедеятельности людей, благоприятно действующие на здоровье человека, широко используются в оздоровительных целях, поэтому, именно в местах с хорошо сохранившейся природой, располагают санатории, дома отдыха, туристические базы. Загрязнение окружающей среды вредными веществами наносит большой ущерб здоровью людей. В связи с этим оздоровительный аспект охраны природы приобретает исключительно важное значение.

Научно-познавательный аспект

Он связан с необходимостью сохранения для исследований естественных, ненарушенных человеком территорий. Важность сохранения видового разнообразия живых организмов на Земле ни у кого не вызывает сомнения - без этого невозможна эволюция биосферы в прогрессивном направлении. С потерей видов навсегда теряются оригинальные свойства, которые можно было бы использовать в генной инженерии будущего. Кроме того, для контроля за степенью антропогенных изменений в природе и их последствиями необходимо сохранить эталоны (образцы) нетронутых биогеоценозов, причем не только в каких-либо экзотических, редких местах, но и во всех типичных природных зонах Земли.

Эстетический аспект

Природа – источник не только материальных благ, но и удовлетворения эстетических потребностей человека. С глубокой древности она вызывала у людей положительные эмоции, вдохновляла поэтов, художников на творчество. Чарами природы проникнута поэзия А.С. Пушкина, М.Ю. Лермонтова, С.А. Есенина, проза И.С. Тургенева, В.В. Бианки и др. Величие и красоту природы передают музыка П.И. Чайковского, живопись И.И. Шишкина, произведения многих писателей и поэтов, художников и композиторов. Эстетические потребности человека в природе не менее важны, чем материальные. Охране эстетически ценных мест Земли необходимо уделять особое внимание.

Воспитательный аспект

Общение с природой положительно влияет на человека, делает его добрее, мягче, будит в нем лучшие чувства. Особенно велика роль природы в воспитании молодежи. Любовь к природе,

навыки бережного обращения с ней, забота о живых существах развивают положительные черты характера, доброту, любознательность, патриотизм.

Но иногда естественное стремление человека к природе, если оно не базируется на воспитании бережного отношения к ней, может принести непоправимый ущерб. Речь идет о «диком» туризме, самодеятельном, слабо поддающемся регулированию, что приводит к громадным экологическим и экономическим потерям.

Задание 1. Изучить разновидности аспектов природопользования.

1. Что из себя представляют социально-политический и правовой аспекты природопользования?
2. Какова особенность регионального и эколого-экономического аспектов природопользования?
3. Какова специфика научно-технического и здравоохранительного аспектов природопользования?
4. Какова значимость эстетического и воспитательного аспектов природопользования?

ЗАНЯТИЕ 3
Законодательная основа природопользования и охрана природы

Цель занятия: изучить законодательную основу природопользования и основные принципы охраны окружающей среды.

Законодательная основа природопользования

Основным Законом Российской Федерации является Конституция. Согласно Конституции РФ, в совместном ведении РФ и субъектов РФ находятся:

1) вопросы владения, пользования и распоряжения землей, недрами, водными и другими природными ресурсами;

2) природопользование, охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, особо охраняемые природные территории;

3) земельное, водное, лесное законодательство, законодательство о недрах, об охране окружающей природной среды (ст. 72 Конституции РФ).

Право граждан на благоприятную окружающую среду обеспечивается проводимыми государством мерами по мониторингу окружающей среды, планированию мероприятий по ее охране, предотвращению экологически вредной деятельности и мерами по оздоровлению окружающей среды, предупреждению и ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, социальным и государственным страхованием граждан, образованием государственных и общественных, резервных и иных экологических фондов, организацией медицинского обслуживания населения, государственным контролем за состоянием окружающей среды и соблюдением природоохранного законодательства.

Закон РФ «Об охране окружающей среды» определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории РФ, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне.

Основные принципы охраны окружающей среды

1. Соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду.

2. Обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека.

3. Научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды.

4. Охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности.

5. Ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях.

6. Платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде.

7. Независимость контроля в области охраны окружающей среды.

8. Презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности.

9. Обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

10. Обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан.

11. Учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

12. Приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов.

13. Допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности, на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды.

14. Обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов.

15. Обязательность участия в деятельности по охране окружающей среды органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Фе-

дерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц.

16. Сохранение биологического разнообразия.

17. Обеспечение интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к субъектам хозяйственной и иной деятельности, осуществляющим такую деятельность или планирующим осуществление такой деятельности.

18. Запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды.

19. Соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством.

Задание 1. Изучить законодательную основу природопользования основные принципы охраны окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Какова законодательная основа природопользования?
2. Каковы основные принципы охраны окружающей среды?

ЗАНЯТИЕ 4
Формы воздействия человека на биосферу

Цель занятия: изучить экологические и технологические формы воздействия человека на биосферу.

Технологические формы воздействия человека на биосферу

1) Эксплуатация биологических ресурсов.

Катастрофические результаты влияния человека на природу впервые были восприняты через список истребленных человеком видов растений и животных. Масштабы такого влияния впечатля-

ющи: только за историческое время зарегистрировано исчезновение более 100 видов крупных млекопитающих и примерно такое же количество видов и подвидов птиц. Среди них такие уникальные формы, как моа (Новая Зеландия), эпиорнис (Мадагаскар), дронт (остров Маврикий в Индийском океане), бескрылая гагарка (Исландия; последний экземпляр погиб в 1844 г.) и др.

Проблема переэксплуатации не менее значима и в водной среде. Известно, что перепромысел не только снижает численность промысловых видов гидробионтов, но и оказывает влияние на структуру и воспроизводительные способности их популяций. В частности, омоложение чрезмерно опромышляемых популяций ведет к уменьшению средних размеров животных, т. е. сказывается на дальнейшей эффективности промысла.

Не менее разрушительной оказалась деятельность человека по отношению к растительности. С давних пор во всех странах мира шла неумеренная вырубка лесов, вначале связанная с развитием примитивного подсечного сельского хозяйства, а позднее – главным образом ради получения древесины.

2) Загрязнение биосферы – при этом не подразумевается уничтожение видов путем прямого истребления, только путем загрязнения атмосферы, воды, почвы выбросами промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов, содержащих вещества, не имеющие природных разрушителей и обладающие токсичным действием на живые организмы. В настоящее время преобладают следующие проблемы - увеличение количества CO_2, рост концентрации тяжелых металлов, засорение почв нефтепродуктами, отходы строительства и т.д.

Экологические формы воздействия человека на биосферу

1) Влияние транспорта резко увеличивает возможность переселения ряда видов животных и растений далеко за пределы их естественного ареала. Этот процесс случаен – перемещение вместе с грузами, прикрепляясь к днищам кораблей, проникновение в трюмы судов, салоны самолетов. Таким образом путешествуют крысы, мыши, амбарные вредители, семена сорняков. Наиболее распространенные примеры – собака динго в Австралии, термиты в окрестностях Одессы, элодея в Англии;

2) Акклиматизация, осуществляемая человеком с целью расширения ареала ценных видов, приводит к подобным ситуациям.

Примеры подобной деятельности – домовые воробьи в Америке, овцы в Австралии;

3) Изменение ландшафтов с целью преобразования их в "культурные" ландшафты, агроценозы;

4) Синантропизация фауны – при этом некоторые организмы, попадая в среду, измененную антропогенным воздействием, не погибают или мигрируют, а получают определенные преимущества – крысы, мыши, воробьи, голуби, дрозды, горлица, лесной сурок.

Задание 1. Изучить экологические и технологические формы воздействия человека на биосферу.

Контрольные вопросы

1. Каковы экологические формы воздействия человека на биосферу?
2. Каковы технологические формы воздействия человека на биосферу?

ЗАНЯТИЕ 5
Характерные черты индустриального общества

Цель занятия: изучить особенности и характерные черты индустриального общества.

Понятие индустриального общества, его положения и особенности

Индустриальное общество – термин, впервые введённый французским философом и социологом Анри де Сен-Симоном. По его представлениям, формирование такого общества происходит в результате индустриализации производства, когда на предприятиях происходит активное внедрение новых технологических процессов, основанных на научно-технических изобретениях. Ручной труд заменяется машинным, а в перспективе – автоматическими линиями, с последующим становлением рынка. В период индустриального общества возрастает роль управленческого аппарата с формированием новой структуры общества.

Основные положения индустриального общества

В процессе индустриализации общества идёт процесс перехода от традиционных форм развития к индустриальным. Такое общество имеет следующие характерные черты:

1. Идёт разделение труда. Появляются узконаправленные специальности.

2. На производстве ручной труд заменяется машинным, а в перспективе автоматическими линиями, работающими под управлением одного человека.

3. Производимые товары поступают на хорошо развитый рынок.

4. Наблюдается развитие транспорта и средств коммуникации.

5. Возрастает мобильность общества. Идёт процесс перетекания людей из деревни в город.

6. Повышается рост доходов населения и увеличивается покупательная способность людей.

7. Формируется новая структура общества.

Особенности индустриального общества

В процессе формирования индустриального общества наблюдаются явления, которые отсутствовали ранее. К ним относятся:

1. Возрастает мобильность населения. Это наблюдается в городах, когда люди меняют места работы в целях улучшения своих условий.

2. При сформированном индустриальном обществе количество сельских работников не превышает 50% от общего числа трудящихся.

3. Стабильность чередуется с кризисами, потому что для этого периода характерно неравномерность развития.

4. Усиленными темпами ведётся эксплуатация природных ресурсов. Их нерациональное использование во внимание не берётся.

5. Базовой составляющей индустриального общества является частная собственность на средства производства.

6. На рынке присутствует жёсткая конкуренция.

7. Производство промышленных изделий примерно равняется объёму выработки сельской продукции.

8. Всё общество разделяется на классы.

Сущность и характерные черты индустриального развития общественного производства

Индустриальное развитие общественного производства по своему существу означает развитие крупной машинной промышленности и проникновение крупного машинного производства во все отрасли народного хозяйства. В процессе индустриального развития происходит углубление общественного разделения труда, появление и развитие новых видов отраслей и производств.

Под индустриальным развитием общественного производства понимается социально-экономический процесс развития крупного машинного производства, который оказывает активное влияние на различные стороны жизни общества. Важнейшей закономерностью индустриального развития общества становится превращение науки в непосредственную производительную силу.

Индустриальное развитие общественного производства при социализме характеризуется новыми специфическими чертами, которые определяются господством общественной социалистической собственности на средства производства и действием всех экономических законов социализма. Процесс индустриального развития при социализме характеризуется отсутствием антагонистических противоречий, приводит к всеобщему распространению крупного машинного производства и проникновению его во все отрасли экономики, осуществляется планомерно и высокими темпами, обеспечивает формирование оптимальной отраслевой и территориальной структуры народного хозяйства, высокие темпы роста производительности труда и повышения эффективности производства, исключает эксплуатацию человека человеком и сопровождается неуклонным ростом жизненного уровня трудящихся.

Задание 1. Изучить понятие индустриального общества, его положения и особенности.

Задание 2. Изучить сущность и характерные черты индустриального развития общественного производства.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет индустриальное общество?
2. Каковы черты и особенности индустриального общества?
3. Какова сущность индустриального развития общественного производства?
4. Каковы черты индустриального развития общественного производства?

ЗАНЯТИЕ 6
Современные проблемы природопользования

Цель занятия: изучить причины развития проблем в области природопользования.

Причины развития проблем в области природопользования

Проблема взаимодействия человека с природой – проблема вечная и одновременно современная. Ведь человечество связано с природным окружением своим происхождением, сущест-вованием и будущим. Человек – элемент природы, часть сложной системы «природа – общество». Многие свои потребности (биологические, ресурсные, духовные) человечество удовлетворяет за счет природы.

Развитие сельского хозяйства, транспорта, рост городов также часто создают отрицательные экологические проблемы для человека. Ученые выделяют по крайней мере три их вида таких проблем:

1) ресурсно-хозяйственные (истощение природных ресурсов);

2) природно-ландшафтные (сокращение многообразия видов, деградация природных ландшафтов);

3) антропоэкологические (ухудшение здоровья человека).

Осознание человечеством этих проблем и возникающих последствий, в особенности зависимости здоровья каждого человека от сохранения природного окружения, заставило иначе взглянуть на проблему охраны природы.

Природопользование в России и его ключевые проблемы

Нерациональное использование ресурсов в течение многих десятков лет создало огромный неиспользованный потенциал ресурсосбережения. Важно учитывать и такой факт, что хозяйство России имеет нерациональную структуру экономики, низкий технико-экономический уровень, как промышленности, так и сельского хозяйства и высокий износ основных фондов, который по многим отраслям находится в критическом состоянии. Следствием этого являются многочисленные производственные аварии.

Понятно, что из этого следует только один вывод – социальные и экономические задачи невозможно решить без перестройки экономики, без её технического перевооружения. Отсюда следует ключевая проблема – структурная перестройка всего хозяйства и его техническое перевооружение.

Для осуществления этой задачи необходимы: разработанные федеральные целевые программы, как начало новой технической революции; новый механизм стимулирования технического перевооружения хозяйства, важнейшими элементами которого являются государственная поддержка в виде безвозмездных кредитов. Кредит определяется количеством сырья, сэкономленного предприятием и разницей между мировой и внутренней ценой. Потребление топливно-энергетических ресурсов сверх норматива должно облагаться налогом, а нормативы устанавливаться на уровне лучших мировых достижений. Специалисты считают, что с экономической точки зрения такой налог обоснован. Существующая система экологических платежей за загрязнение окружающей среды далека от совершенства. Российским предприятиям значительно выгоднее платить за загрязнение среды, нежели тратить средства на природоохранные мероприятия.

Глобальные проблемы природопользования

Глобальные проблемы природопользования охватывают всю планету и создают угрозу для настоящего и будущего. Для решения глобальных проблем необходимо усилие всех стран мира и народов.

Среди глобальных проблем выделяют:

1) проблемы «универсального» характера;

2) природно-экономического характера;

3) социального характера;

4) смешанного характера.

Среди основных выделяют экологическую проблему, связанную с истощением природной среды в результате нерационального природопользования.

В целом ряде стран экологическая проблема дошла до экологического кризиса. Главный путь её решения заключается в создании производственной и непроизводственной деятельности людей, обеспечивающей экоразвитие.

К глобальной относится проблема мира и разоружения, предотвращения ядерной угрозы. Мир стоит перед решением задачи создания системы безопасности, постепенного уничтожения накопленных ядерных арсеналов, демилитаризации экономики.

Глобальной является сегодня и энергетическая проблема и, прежде всего, проблема по обеспечению населения планеты топливом и сырьем. Возможности для решения этой проблемы дают достижения научно-технического прогресса.

Проблемы Мирового океана и освоения космоса тоже являются глобальными проблемами природопользования.

Нельзя обойти стороной проблему здоровья людей планеты и это несмотря на то, что многие страшные заболевания ушли в прошлое, потому что в борьбе с ними были достигнуты большие успехи, но, появились новые, ещё более опасные.

Задание 1. Изучить причины развития проблем в области природопользования.

Задание 2. Изучить глобальные проблемы природопользования.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины развития проблем в области природопользования?
2. Каковы глобальные проблемы природопользования?

ЗАНЯТИЕ 7
Ресурсосберегающие технологии

Цель занятия: изучить современное состояние и перспективы развития ресурсосберегающих технологий.

Состояние и перспективы ресурсосбережения в АПК

Ресурсосбережение – это процесс эффективного использования материально-технических, трудовых, финансовых и других ресурсов. Его цель – производство продукции с лучшими качественными показателями при минимуме совокупных затрат производственных ресурсов и повышение экономической отдачи от каждой натуральной их единицы.

Отрасли АПК сложны и своеобразны с точки зрения энергообеспечения, поэтому проблема энергосбережения в них достаточно актуальна.

Современное состояние отечественного сельского хозяйства характеризуется:

• низким уровнем производительности труда в сравнении со странами Запада (не более 10% от уровня развитых стран);

• высокой энергоемкостью производимой продукции: в 4-6 раз выше, чем в развитых странах Запада (например, в России на 1 га пашни затрачивается до 250-280 кг условного топлива, тогда как, например, в США – 140 кг);

• нерационально «раздутым» набором используемых технических, технологических и энергетических средств при малом коэффициенте полезного использования. Так, среднегодовой показатель энергетической эффективности энергопотребляющего оборудования не достигает 20% по стране;

• высокой долей потребления природных энергоресурсов. Так, в структуре потребления наибольший удельный вес приходится на дизельное топливо – порядка 30 %, бензин – 11-16, природный газ – 20, электроэнергию и уголь – 10-11%;

• устаревшим технологическим оборудованием и коммуникациями (около 90 % их работают за пределами сроков амортизации);

• развалом системы эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и сервиса;

• сокращением парка сельскохозяйственных машин;

• дефицитом квалифицированных кадров.

Особенность функционирования сельскохозяйственной отрасли в том, что в качестве объекта воздействия энергетических технологий выступают биологические объекты (почва, растения, животные). Это влияет на особенности потребления и распределения энергии, а также возможные энергетические источники.

Энергоемкость производимой продукции является фактором ее конкурентоспособности. Прирост сельскохозяйственной продукции на 1% влечет за собой увеличение расхода энергоресурсов на 2-3%.

Сельскохозяйственное производство базируется в основном на применении традиционных технологий, и лишь на очень ограниченных площадях применяют высокопроизводительные ресур-

сосберегающие технологии. Вследствие этого средняя урожайность зерновых культур не превышает 18,3 ц/га (данные 2010 г.), продукция производится с повышенными затратами из-за высоких цен на энергоносители.

К настоящему времени сложились следующие основные типы технологий по интенсивности производства.

Простые (традиционные) технологии используются в хозяйствах с низким уровнем доходности, недостаточным кадровым обеспечением, и, как правило, рассчитаны для регионов с невысоким ландшафтным потенциалом – преимущественно степных и засушливых районов. При этом урожайность зерновых составляет 20 ц/га. Техника для них мало ориентирована на почвозащитную обработку, используются дешевые агрегаты машин поколений 1970-х годов.

Интенсивные технологии рассчитаны на более глубокие знания и требуют вовлечения в процесс производства сельхозпродукции минеральных удобрений, малообъемного использования средств защиты растений от болезней, вредителей и сорняков в зависимости от порога их вредоносности, дифференциального внесения препаратов в различные фазы развития растений. Эти технологии рассчитаны на благоприятные по увлажнению ландшафты, их потенциал по урожайности зерновых культур составляет 30-40 ц/га.

Ресурсосбережение и агроэкология в земледелии

Достижение устойчивого развития экономики сельского хозяйства в настоящее время и в перспективе требует решения проблемы оптимизации ресурсопотребления и ресурсосбережения.

Проблему ресурсосбережения следует рассматривать с позиций агроэкологических проблем земледелия, систем производства растениеводческой продукции, машинных технологий и машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства, учитывая, что они являются ключевыми ресурсами при производстве сельскохозяйственной продукции.

Многолетний период использования традиционных технологий возделывания зерновых и других видов культур способствует снижению содержания органического вещества в почве за счет его минерализации. В результате для восполнения почвенного плодородия требуется использование повышенного количества органи-

ческих удобрений и биоресурсов, что увеличивает производственные затраты.

Глубокая обработка почвы с оборотом пласта может снижать биологическое разнообразие почв, в то время как биологическая активность почвы чрезвычайно важна для поддержания нормальной структуры, естественного плодородия, и, в конечном итоге, высокой продуктивности почв.

Регулярно повторяющиеся засухи в основных зерновых регионах России отрицательно влияют на накопление влаги в почвенном профиле, повышают рискованность земледелия и препятствуют получению рентабельной урожайности, так как дефицит влаги не позволяет полностью реализовать ни генетический потенциал сортов, ни потенциал почвы и других ресурсов. Поэтому важно применять технологии, которые могут законсервировать влагу в необходимых количествах и сохранить ее для растений в оптимальный период.

Сельское хозяйство России является одним из основных источников загрязнения поверхностных вод, при этом главную роль играет животноводство (стоки). Вода, сбрасываемая с полей, несет в себе частицы почв, элементы распада пестицидов, удобрений и других органических и неорганических соединений. Для ослабления данного негативного явления необходимо применять комплекс мероприятий, самыми важными из которых являются использование приемов агроландшафтного земледелия, сохранение растительных остатков на поверхности почвы, максимальная занятость почвы растениями.

При производстве растениеводческой продукции применяется техногенно-интенсивная система производства с присущими ей существенными недостатками. Для устранения их предлагается и научно доказана целесообразность перехода на адаптивную интенсификацию растениеводства.

Переход к адаптивному растениеводству предполагает широкое использование ресурсоэнергоэкономных и природоохранных технологий. Первое связано с возрастанием цен на ископаемое топливо, второе – с необходимостью сохранения биологического разнообразия и высокого качества среды обитания в агроландшафтах и биосфере в целом.

Наиболее перспективным подходом в конструировании агроландшафтов, обладающих высоким запасом экологической надеж-

ности, является целенаправленное увеличение биологического разнообразия соответствующих агроэкоиосителей.

Задание 1. Изучить особенности состояния и перспективы ресурсосбережения в АПК.

Задание 2. Изучить ресурсосбережение и агроэкологию в земледелии.

Контрольные вопросы

1. Каково состояние и перспективы ресурсосбережения в АПК?
2. Каковы Ресурсосбережение и агроэкология в земледелии?

ЗАНЯТИЕ 8
Рациональное природопользование природных ресурсов

Цель занятия: изучить основы рационального природопользования природных ресурсов.

Понятие о рациональном природопользовании

Рациональное природопользование – это система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

Рациональное природопользование характерно для интенсивного типа хозяйства, которое развивается на основе научно-технических знаний и высокой производительности труда.

Синонимами рационального природопользования являются наиболее часто употребляемые в научной литературе и публицистике понятия «устойчивого», «сбалансированного», «поддерживающего природопользования»; в трактовке которых все сильнее прослеживается переход от ресурсной парадигмы к экологической. Для рационального природопользования важно окружающую среду рассматривать не столько как кладовую природных ресурсов, сколько как «природный капитал» как единое целое.

Как отмечает Б. В. Поярков, в формализованном виде можно представить формулу рационального ПП как:

РПП = ИПР + ВПР + ООС,

где ИПР – использование природных ресурсов, включающее экономную эксплуатацию природных ресурсов, внедрение новых технологий (в т. ч. ресурсо- и энергосберегающих), утилизацию и захоронение отходов;

ВПР – воспроизводство природных ресурсов: сохранение базы для воспроизводства природных ресурсов с использованием всех специфических и неспецифических методов, поддержание прежнего состояния природных компонентов и комплексов, восстановление нарушенных ландшафтов;

ООС – охрана окружающей среды: охрана невозобновляемых природных ресурсов, охрана живой природы (развитие сети особо охраняемых природных территорий, ограничение отстрела животных и уничтожения растительности), создание благоприятных природных условий для жизнедеятельности людей.

Современное природопользование чаще всего значительно отличается от того, что подразумевается под рациональным природопользованием. Однако региональный опыт свидетельствует, что элементы рационального природопользования, эталонные объекты-предприятия появляются и в России.

Рациональное использование природных ресурсов

Возобновляемые ресурсы, до определенного предела, способны естественным путем восстанавливаться, но длительная история их эксплуатации привела к существенным изменениям природных особенностей ресурсов и, прежде всего, к их способности самовосстанавливаться. Еще острее стоит проблема с исчерпанием невозобновляемых ресурсов, а также с накоплением в природной среде огромного количества отходов производства и потребления. Все это свидетельствует о нерациональном природопользовании.

Главный принцип рационального природопользования – экономическая специализация и организация хозяйства, социальное устройство общества должны соответствовать природно-ресурсной обеспеченности (потенциалу) территории, ресурсовоспроизводящей и средовосстановительной функциям экосистем, их естественным способностям противостоять антропогенным воздействиям.

Пути рационального использования природных ресурсов:

1. Инвентаризация и создание кадастров природных ресурсов.

2. Экологизация технологических процессов.

Безотходное производство – это такая организация ресурсных циклов на основе принципов взаимосвязи и замкнутости, при которых отходы одних производств используются в качестве сырья для других, что обеспечивает их полную утилизацию.

3. Смягчение негативных последствий хозяйственной деятельности человека.

Задание 1. Изучить особенности рационального природопользования.

Задание 2. Изучить характер рационального использования природных ресурсов и пути их использования.

Контрольные вопросы

1. Что послужило толчком к формированию рационального природопользования?

2. Напишите формулу рационального природопользования, раскройте ее содержание.

3. Почему нет единого критерия рациональности природопользования? Приведите примеры частных критериев рациональности ПП.

4. В чем заключается смысл рационального использования природных ресурсов?

5. Какова концептуальная схема сохранения и использования природных ресурсов?

ЗАНЯТИЕ 9
Энергетические ресурсы и основы их рационального использования

Цель занятия: изучить актуальность и современные тенденции энергетических ресурсов и основы их рационального использования.

Актуальность рационального использования энергетических ресурсов в России и мире

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно ак-

туальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей. Эта проблема еще более обостряется в связи с постоянным увеличением в нашей стране стоимости энергоносителей: природного газа, нефтепродуктов, электроэнергии и т.д. В себестоимости продукции в России доля энергозатрат часто становится доминирующей. В связи с этим конкурентоспособность отечественной продукции все больше зависит именно от экономного расходования энергетических ресурсов. Подавляющую часть энергоресурсов представляют в настоящее время так называемые невозобновляемые источники энергии в виде органических минеральных топлив. Это природный газ, нефть, уголь, торф и другие виды топлив. Использование этих топлив как энергетических источников приводит и к значительным выбросам. Поэтому проблема энергосбережения тесно связана с решением ряда важных экологических проблем, в том числе и глобальных.

Современные тенденции увеличения выработки и рационального использования энергетических ресурсов

Современные тенденции увеличения выработки и рационального использования энергетических ресурсов предполагают их собственную выработку на месте потребления. Благодаря совмещению в едином комплексе теплогенерирующей и теплоиспользующей установок исключается промежуточный теплоноситель (пар, вода), а также обусловленные им капитальные затраты на строительство и эксплуатацию котельных.

Современные тенденции увеличения выработки и рационального использования энергетических ресурсов предполагают их собственную выработку на месте потребления. Благодаря совмещению в едином комплексе теплогенерирующих и теплоиспользующих установок исключается промежуточный теплоноситель (пар, вода), а также обусловленные им капитальные затраты на строительство и эксплуатацию котельных.

Одной из наиболее важных проблем современности является рациональное использование энергетических ресурсов нашей страны, в том числе громадных запасов сернистой нефти, открытых в последние десятилетия.

Но не только уровень цен влияет на рациональное использование энергетических ресурсов. Весьма существенное влияние оказывает сам принцип построения тарифов на энергетические ресурсы.

Дальнейшее ускоренное развитие народного хозяйства страны требует рационального использования земельных, водных и энергетических ресурсов.

Система цен и тарифов на энергию и топливо активно воздействует на потребление и рациональное использование энергетических ресурсов в народном хозяйстве.

Ограниченность природных ресурсов топлив, большая стоимость сооружения электростанций, недостаток и дороговизна электроэнергии в некоторых районах придают огромное народнохозяйственное значение вопросам экономии энергии и рационального использования энергетических ресурсов.

Энергетика страны и актуальность рационального использования энергоресурсов

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно актуальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей.

Главным показателем эффективности использования энергии в стране является энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) – соотношение потребления энергии и объема произведенных товаров и услуг. Этот показатель рассчитывается путем деления объема энергии, потребленной внутри страны, на объем ВВП. То есть энергоемкость – это «энергия, потребляемая страной/стоимость произведенных в стране товаров».

Правительство России принимает меры для снижения энергоемкости ВВП. Президентом была поставлена цель: снизить к 2020 году энергоемкость ВВП на 40%. Это позволяет построить простой прогноз динамики энергоемкости ВВП России до 2020 года.

Исходя из прогноза, выполнение намеченной цели обеспечит уровень энергоемкости ВВП, который был характерен для других стран в 90-е годы прошлого века. Если же остальные страны продолжат улучшать свою энергоэффективность такими же темпами,

то энергоемкость ВВП России все равно будет на 50-70% выше, чем в среднем по миру.

Среди наиболее общих подходов в стратегии энергосбережения можно назвать применение ресурсосберегающих технологий, использование методов математического моделирования и оптимизации при проектировании и реконструкции предприятий, замену дорогостоящих энергоемких видов энергоносителей, таких как электроэнергия, кокс на более дешевые, в частности, на природный газ, все более широкое использование возобновляемых источников энергии - ветра, солнца, биомассы и др.

Задание 1. Изучить актуальность рационального использования энергетических ресурсов в России и мире.

Задание 2. Изучить современные тенденции увеличения выработки и рационального использования энергетических ресурсов.

Задание 3. Изучить энергетику страны и актуальность рационального использования энергоресурсов.

Контрольные вопросы

1. Какова актуальность рационального использования энергетических ресурсов в России и мире?
2. Каковы современные тенденции увеличения выработки и рационального использования энергетических ресурсов?
3. Каково состояние уровня энергетики страны и актуальность рационального использования энергоресурсов?

ЗАНЯТИЕ 10
Международное сотрудничество по использованию мировых природных ресурсов

Цель занятия: изучить особенности международного сотрудничества по использованию мировых природных ресурсов.

Природные ресурсы, экологическая политика и национальные интересы Российской Федерации

Российская Федерация располагает природными ресурсами мирового значения. Экосистемы России вносят существенный вклад в стабилизацию состояния окружающей среды Евразии и всей планеты.

Природно-ресурсный потенциал России является важнейшим фактором устойчивого развития на национальном уровне и существенным резервом глобальной стабильности мировой экономики и общества.

Минерально-сырьевые ресурсы, особенно в части энергетического сырья, занимают ведущее место в мире и тем самым оказывают принципиальное влияние на весь ход глобального ресурсопотребления.

Регуляторная способность российских экосистем является одним из важнейших природных ресурсов страны, способным стать действенным фактором международных отношений.

В настоящее время необходима экологическая оптимизации и соответствующая экономическая рационализация действующих режимов природопользования путем формирования эффективных экономических механизмов и установления параметров использования природных ресурсов, исходя из учета возможных рисков их освоения для сохранения устойчивости экосистем.

Международное сотрудничество в области природопользования и охраны окружающей среды – важнейшая составная часть национальной экологической политики Российской Федерации.

Необходимость *международного сотрудничества в области природопользования и охраны окружающей среды* связана с задачами обеспечения внешних условий устойчивого развития Российской Федерации через активное влияние на процессы глобализации, путем оптимизации участия в международных природно-ресурсных и природоохранных соглашениях и обеспечения выполнения взятых на себя международных обязательств.

Правовая основа и организация международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды

Международное сотрудничество базируется на Конституции Российской Федерации, общепризнанных принципах и нормах международного права и международных договорах Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды, федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации.

Международное природно-ресурсное и природоохранное сотрудничество осуществляется в соответствии с общими целями и задачами внешней политики Российской Федерации.

Общую координацию международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды выполняет федеральный орган исполнительной власти, проводящий государственную политику и осуществляющий управление в сфере изучения, использования, воспроизводства, охраны природных ресурсов, охраны окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности.

Международное сотрудничество Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды, заключение в установленном порядке международных договоров, организация и координация выполнения обязательств, вытекающих из участия России в международных договорах и членства в международных организациях по указанной проблематике, осуществляется соответствующими федеральными органами исполнительной власти, в пределах установленной компетенции и во взаимодействии с органами государственного управления субъектов Российской Федерации.

Приоритеты международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды

Приоритеты международного сотрудничества в области природопользования и охраны окружающей среды определены необходимостью обеспечения условий экологически безопасного устойчивого развития Российской Федерации на глобальном, региональном межгосударственном, федеральном, субъектов Федерации и местном уровнях.

К приоритетам международного сотрудничества относятся:

1. Гармонизация российских и международных подходов к природно-ресурсной и природоохранной деятельности с учетом национальных интересов Российской Федерации.

2. Выполнение обязательств, вытекающих из участия Российской Федерации в международных договорах и членства в международных организациях в области природопользования и охраны окружающей среды.

3. Развитие международного рынка экологических услуг, обеспечивающее устойчивое развитие регионов, имеющих глобальное значение.

4. Гармонизация направлений и содержания международных исследований в области экологически безопасного устойчивого освоения природных ресурсов.

5. Обеспечение активного участия Российской Федерации в глобальных и региональных системах мониторинга окружающей среды и контроля освоения природных ресурсов, в разработке международной системы оценки экологических рисков.

6. Разработка и создание эффективной системы природопользования и управления окружающей средой приграничных районов, бассейнов и прибрежных морских зон, с учетом трансграничного контекста.

7. Эффективное использование возможностей международных организаций международного опыта в природно-ресурсной и природоохранной деятельности, включая взаимодействие по предотвращению и ликвидации последствий экологического терроризма.

Развитие международного сотрудничества предусматривает:

1. Эффективное участие Российской Федерации в деятельности международных организаций системы ООН и других всемирных объединений, организаций Европейского Союза, Азиатско-Тихоокеанского сотрудничества, СНГ и других региональных объединений по природоохранной и природно-ресурсной тематике.

2. Содействие созданию структур природно-ресурсного и природоохранного сотрудничества Российской Федерации и Европейского Союза и др.

3. Охрану окружающей природной среды Арктики (в рамках Программы действий Арктического совета), Каспийского, Балтийского, Черного и Азовского морей к северо-западной части Тихого океана, трансграничных водотоков (бассейнов), а также озера Байкал.

4. Разработку межгосударственных программ сотрудничества в области фундаментальных и прикладных наук, учреждение международных научных центров, развитие двустороннего научно-технического сотрудничества, активизацию обмена научно-технической информацией в области природопользования и охраны окружающей среды с государствами – участниками СНГ.

5. Привлечение общественности, неправительственных организаций, национального и зарубежного бизнеса к осуществлению международного сотрудничества в области природопользования и охраны окружающей среды.

Задание 1. Изучить природные ресурсы, экологическую политику и национальные интересы Российской Федерации.

Задание 2. Изучить правовую основу и организацию международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды.

Задание 3. Изучить приоритеты международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют природные ресурсы, экологическая политика и национальные интересы Российской Федерации?
2. Какова правовая основа и организация международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды?
3. Каковы приоритеты международного сотрудничества Российской Федерации в области природопользования и охраны окружающей среды?

ЗАНЯТИЕ 11
Биологическое природопользование

Цель занятия: изучить основы и принципы биологического природопользования.

Основы биологического природопользования

Концепции экологов, разрабатывающих теорию природопользования, основаны на признании существования сложнейших и многообразнейших связей в природе и на необходимости их постоянного учета в практической деятельности. Недаром говорят об "экологическом мировоззрении", которым должен обладать любой специалист, любой работник сферы управления. По мнению бельгийских ученых А. Дювиньо и М. Танга, современное общество должно отдавать себе ясный отчет в том, что господство жизни

над физической средой обитания человечества обеспечивается, с одной стороны, разнообразием живых существ и их взаимоотношений, а с другой - скоординированностью биологических явлений.

При определении перспектив, характера и объема эксплуатации природных ресурсов в нормальных социально-экономических условиях приоритет имеют критерии экологического характера, учитывающие состояние природно-ресурсного потенциала, биологического разнообразия, потребности будущих поколений и сохранение высокого качества жизненной среды.

Биологическое природопользование – раздел (подсистема) общего природопользования, занимающийся рациональной эксплуатацией, охраной и воспроизводством биологических природных ресурсов. Основывается на возможности неистощительного использования возобновимых ресурсов биосферы и включает в себя сельское, лесное, рыбное, охотничье хозяйства, рекреацию и заповедное дело.

К биологическому природопользованию следует отнести:

- сельское хозяйство (удельный вес содействия воспроизводству наиболее велик);
- лесное хозяйство (осуществляемое с соблюдением требований рациональной эксплуатации);
- рыбное хозяйство;
- охотничье хозяйство;
- заповедное дело;
- рекреация;
- торфодобывающая промышленность (отмирающая отрасль).

Принципы биологического природопользования

1) Неистощительная (вечная) эксплуатация биологических природных ресурсов (особенно неисчерпаемых).

2) Ориентация на комплексную (интегрированную) эксплуатацию различных природных ресурсов, объединенных функционально и территориально.

3) Постоянный учет мощностей и направлений энергетических потоков в эксплуатируемых сообществах и соблюдение нормативных энергетических ограничений.

4) Недопустимость уничтожения в процессе эксплуатации природных сообществ и видов живого.

5) Недопущение невосполнимого ущерба биологическому разнообразию и экологической устойчивости природных и природно-хозяйственных систем.

6) Сохранение и восстановление экологической мозаики ландшафтов.

7) Гуманное (в пределах разумного и возможного) отношение к биологическим (живым) ресурсам.

8) Постоянная оптимизация структуры, площадей и размещения охраняемых природных территорий с целью предотвращения экологического ущерба, наносимого эксплуатационной сферой и поддержания экологического баланса территорий.

Задание 1. Изучить основы биологического природопользования.

Задание 2. Изучить принципы биологического природопользования.

Контрольные вопросы

1. Каковы основы биологического природопользования?
2. Какова роль сельского хозяйства как отрасли природопользования?
3. Каковы отрицательные экологические последствия сельского хозяйства?

ЗАНЯТИЕ 12
Эколого-экономические основы природопользования

Цель занятия: изучить эколого-экономические основы природопользования.

Возникновение и развитие экономики природопользования

Решение вопросов согласованности интересов общества и природы возможно только при реализации принципа эколого-экономической сбалансированности, в соответствии с которым изъятие природных ресурсов не должно превышать скорости их возобновления (замещения), а поступление загрязнений – скорости их рассеивания и ассимиляции в окружающей природной среде. Экологически ориентированное развитие производства (экономики в целом) предполагает постепенное приближение ресурсных

циклов в экономике к замкнутым круговоротам вещества и энергии в природе, что возможно только при интеграции рассматриваемых по отдельности экономических и экологических систем в эколого-экономические системы различных уровней.

Указанные проблемы до сих пор отвлекают на себя основные усилия специалистов в области экономики и управления. Для их решения создан эффективный инструментарий, включая разнообразные экономико-математические методы и модели.

Однако оказалось, что практическое решение задач оптимального управления применительно к указанным проблемам, эффективное на короткие периоды времени в микроэкономическом уровне, приводит к неэффективности и большим затратам на макроуровне в силу увеличения антропогенного эффекта от накопления техногенного воздействия на окружающую среду.

В середине XIX в. стало очевидным, что существующие подходы не могут обеспечить эффективный количественный анализ перспектив экономического развития и оценку вариантов целенаправленных действий органов управления, позволяющих эффективно решать проблемы взаимодействия человека и окружающей среды.

Таким образом, экономика природопользования – это наука о выборе и решениях, принимаемых людьми в отношении ограниченных ресурсов природы и экономических благ, о разнообразных аспектах взаимосвязи между качеством окружающей природной среды и экологическими последствиями.

Понятие, структура и виды эколого-экономических систем

Не вызывает сомнений необходимость учета экологических аспектов социально-экономического развития при обосновании перспектив развития современного общества. Рост экономики на современном этапе обеспечивается как внедрением в производство достижений научно-технического прогресса, так и увеличением использования ресурсов и техногенной нагрузки на окружающую среду. Поэтому при формировании стратегии развития мировой экономики, экономик отдельных государств, экономических систем более низкого уровня управления (регионов, отраслей, предприятий) важно обеспечить сбалансированность интересов общества и природы.

эколого-экономическая система включает следующие подсистемы и аспекты:

– экономическую подсистему;

– экологическую подсистему;

– влияние природной среды на общество;

– воздействие общества на природную среду.

В состав экономической подсистемы входят следующие элементы и связи:

1) экономическая (хозяйственная) деятельность (предприятия, промышленность, энергетика, сельское, лесное, водное хозяйство, строительство и их взаимодействие);

2) население (населенные пункты, демографические процессы и т. п.);

3) правовое и административное регулирование (экологическое право, нормативные документы в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, органы охраны окружающей среды и контроля ее качества).

Воздействие общества на природную среду происходит в следующих основных формах:

– потребление (изъятие) природных ресурсов и нарушение ландшафтов;

– загрязнение окружающей среды;

– охрана среды и восстановление ее ресурсов.

При этом особое значение принадлежит проблеме оценки последствий воздействия на окружающую природную среду, являющуюся центральной в системе взаимоотношений общества и природы.

Под оценкой воздействия на окружающую среду понимается деятельность, направленная на определение и предсказание результатов вмешательства человеческого общества в биогеосферную среду, и связанные с этим влияния среды на здоровье и благополучие людей, а также деятельность по обобщению и распространению информации о воздействии.

Управление эколого-экономическими системами природопользования

Основным отличительным свойством экономических систем от экосистем, которые считаются замкнутыми и уравновешенными, является их открытость: в них поступают природные материа-

лы, которые проходят стадию обработки, в виде конечного продукта выходят из системы и поступают в потребление. На всех стадиях обработки, а также в процессе потребления конечной продукции из системы выбрасываются отходы. Поэтому важнейшей задачей управления развитием эколого-экономических систем является преобразование их в сбалансированные, по возможности наиболее замкнутые системы на основе максимально эффективного использования природных ресурсов и минимизации отходов.

В сбалансированной эколого-экономической системе совокупная техногенная нагрузка не должна превышать самовосстановительного, ассимиляционного потенциала природной среды. Однако до настоящего времени управление на различных уровнях не претерпело должных преобразований, обеспечивающих переход от системы экономической к эколого-экономической.

В соответствии с представленными целями для традиционной экономической системы в качестве основных критериев оптимизации можно принять максимизацию валового внутреннего продукта и чистой прибыли при минимизации экономических издержек и суммарного техногенного потока загрязнений. Для экологической системы основным критерием оптимизации может служить стабильная продуктивность при максимальной устойчивости экосистем к техногенным воздействиям.

Задание 1. Изучить особенности возникновения и развития экономики природопользования.

Задание 2. Изучить понятие, структуру и виды эколого-экономических систем.

Задание 3. Изучить характер управления эколого-экономическими системами природопользования.

Контрольные вопросы

1. Каково возникновение и развитие экономики природопользования?
2. Что понимается под эколого-экономической системой?
3. Какова структура и виды эколого-экономических систем?
4. Каково управление эколого-экономическими системами природопользования?

Рекомендуемая литература

1. Агрономия, агрохимия, агропочвоведение, агроэкология, общая химия, лесоведение, садово-парковое и садовое строительство, ветеринария и зооинженерия, LXX Всероссийская науч.-практич. конференция молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2010. – 374 с.

2. Калыгин, В.Г. Промышленная экология. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 432 с.

3. Константинов, В.М. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы / Под ред. Константинова В.М. (1-е изд.) Учеб. пособие. 2009. Издательский центр «Академия». 272 с.

4. Меньшиков, А.М. Полевые изыскания и обследования лесных дорог. Учебное пособие. Архангельск. Издательство «ИПЦ САФУ», 2011 115 с.

5. Москаленко, А.П. Управление природопользованием. Меха-низмы и методы : учебное пособие / А.П. Москаленко, С.А. Москаленко, Р.В. Ревунов. Санкт-Петербург : Лань, 2019. 392 с.

6. Мартемьянова, А.А. Экологические основы природопользования : Учебное пособие / Ю.А. Козуб, А.А. Мартемьянова.- Иркутск : Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2016. 117 с.

7. Петряков, В.В. Экология и рациональное природопользование: методические указания для практических занятий. Кинель, РИЦ СГСХА, 2014. 105 с.

Оглавление

Предисловие……3

Занятие №1
Исторический и географический типы природопользования……4
Занятие №2
Аспекты природопользования……7
Занятие №3
Законодательная основа природопользования и охрана природы……11
Занятие №4
Формы воздействия человека на биосферу……14
Занятие №5
Характерные черты индустриального общества ……16
Занятие №6
Современные проблемы природопользования……19
Занятие №7
Ресурсосберегающие технологии……21
Занятие №8
Рациональное природопользование природных ресурсов……25
Занятие №9
Энергетические ресурсы и основы их рационального использования……27
Занятие №10
Международное сотрудничество по использованию мировых природных ресурсов……30
Занятие №11
Биологическое природопользование……34
Занятие №12
Эколого-экономические основы природопользования……36

Рекомендуемая литература……40
Оглавление……41



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Биоэкология и физиология
сельскохозяйственных животных»

В. В. Петряков

Молекулярная биология

Методические указания
для проведения лабораторно-практических занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 577.4 : 502.7(07)
ББК 40.08 : 40.9 Р
П-30

Петряков, В. В.
П-30 Молекулярная биология : методические указания. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 35 с.

В методических указаниях описаны научные основы в области молекулярной биологии. Изложены современные представления о молекулярном уровне организации и функционировании живой материи, белка, ферментов, нуклеиновых кислот. Рассмотрено практическое применение технологий рекомбинантных ДНК.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология и других биологических специальностей.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Петряков В. В., 2023

Предисловие

Изучение проявления жизни на молекулярном уровне, погружаясь в мир белков и нуклеиновых кислот в процессе роста и развития органов и тканей, в трансформации энергии, конформационные изменения в молекулах при их функционировании, механизмы биологического «узнавания» и межклеточные взаимодействия, регуляцию активности генов и синтеза белка занимается молекулярная биология. Следовательно, познание основ жизни на молекулярном уровне является важным и актуальным.

Целью издания методических указаний является формировании у обучающегося представлений о молекулярном уровне организации и функционировании живой материи и тем самым способствовать системному подходу к усвоению учебного материала на основе понимания глубокой связи естественных наук и формированию современной естественнонаучной картины мира.

Лабораторные и практические занятия проводятся параллельно с теоретическим курсом, что дает возможность глубже и полнее усвоить материал, вникнуть в молекулярные процессы и явления.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1
Организация молекулярно-биологической лаборатории. Инструктаж по технике безопасности

Цель занятия: изучить организацию молекулярно-биологической лаборатории и инструктаж по технике безопасности.

Организация молекулярно-биологической лаборатории

Методы, используемые в молекулярной лаборатории, обычно используются для быстрого и высокочувствительного определения различных патогенов растений, животных и человека. Достижения в современной биотехнологии значительно повысили эффективность систем обнаружения, созданных на принципах иммунологии, молекулярной биологии и инженерии.

В случае патогенных микроорганизмов, которые сложно вырастить in vitro, молекулярные методы исследований, в частности, молекулярная диагностика являются наиболее подходящим и гораздо более чувствительным методом по сравнению с традиционным культивированием.

Основными техниками лаборатории молекулярной диагностики являются: ферментативная рестрикция ДНК; гибридизация нуклеиновых кислот; полимеразная цепная реакция (ПЦР); флуоресцентные методы.

Распространенным способом исследования ПЦР-продуктов в молекулярной лаборатории является гибридизация с одним или несколькими олигонуклеотидными зондами. Исследование методом полимеразной цепной реакции может проводиться на базе как отдельно выстроенных лабораторий, так и уже существующих. В последнем случае необходимо наличие самостоятельных зон, которые соотносятся с этапами ПЦР:

1. Приемка и регистрация материала.
2. Разбор, сортировка и начальная обработка.
3. Выделение ДНК или РНК.
4. Создание реагентов и выполнение ПЦР.
5. Улавливание продуктов реакции.

Первые два отделения молекулярной лаборатории могут быть объединены в одно, а при использовании real-time PCR (ПЦР в ре-

жиме реального времени) отпадает необходимость в зоне электрофореза.

Выше указаны базовые зоны, без которых лаборатория молекулярной диагностики не сможет работать. Для комфорта персонала и повышения его эффективности, рекомендуется добавить комнату отдыха, раздевалку, кухню, туалет, архив, подсобное помещение – все вместе или что-то из названного, на выбор заказчика.

Естественно, должно присутствовать электричество, отопление, бесперебойное водоснабжение и канализация. При планировании помещений следует обеспечить непрерывную поточность транспортировки материала и одновременно исключить воздухообмен между комнатами.

Инструктаж по технике безопасности в кабинете химии

1. Входите в кабинет и лаборантскую только с разрешения преподавателя.

2. Все действия и передвижения в кабинете химии выполняйте спокойно, чтобы случайно не перевернуть химическую посуду с реактивами, приборы, стоящие на столах.

3. Поддерживайте чистоту и порядок на своем рабочем месте, убирайте мусор после выполнения работы.

4. Во время работы на столе не должно быть ничего лишнего; на нем могут быть учебник, задачник, справочник, тетрадь и письменные принадлежности.

5. Соблюдайте правила пользования водопроводом, электричеством по принципу: «если открыли – закройте; если включили – выключите; если не можете этого сделать сами – зовите на помощь».

6. Помните местонахождение в кабинете противопожарных средств, аптечки, умейте ими пользоваться.

7. Будьте максимально осторожны при выполнении любых работ, выполняйте их только по инструкции.

8. Выполняйте только те химические опыты, которые согласованы с учителем, под его присмотром или наблюдением лаборанта.

9. Внимательно читайте этикетку на банке с веществом, которое берётся для опыта, помните, что недостаточное знание свойств

веществ, с которыми прово-дится работа, может привести к несчастному случаю.

10. Вынув пробку, не кладите ее на лабораторный стол боком, а поставьте.

11. Сосуд, из которого взяли реактив, сразу же закройте пробкой и поставьте на место.

12. Реактивы для опытов берите только в тех количествах, которые указаны преподавателем или даны в инструкции.

13. Если в инструкции не сказано, какую массу либо объем вещества надо взять, то сухое вещество берите в таком количестве, чтобы оно только покрыло дно пробирки, а раствор – чтобы занял не более 1/6 объема пробирки.

14. При наливании жидкостей берите сосуд с реактивом так, чтобы этикетка была направлена в сторону ладони, снимайте каплю с края горлышка сосуда, иначе жидкость, стекая по стеклу, может повредить кожу и испортить этикетку.

15. Наливайте и насыпайте реактивы над столом.

16. Если реактив попал в глаза, на кожу или одежду, немедленно поставьте в известность преподавателя, тщательно смойте реактив водой, а затем нейтрализующим веществом (кислоты – слабым раствором соды, щелочи – слабым раствором борной кислоты).

17. Нюхайте все вещества осторожно, не поднося органы дыхания к реактиву не наклоняйтесь над пробиркой и не вдыхайте полной грудью, а направляйте к себе пар или газ движениями ладони руки.

18. При нагревании растворов в пробирке пользуйтесь деревянным держателем. Внимательно следите затем, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от окружающих, так как жидкость в результате перегрева может быть выброшена из пробирки.

19. При нагревании жидкостей следите, чтобы не перегрелись стенки пробирки над жидкостью (особенно, когда жидкости мало), потому что при попадании капель жидкости на перегретое стекло пробирка может треснуть.

20. Чтобы избежать перегревания и растрескивания пробирки, никогда не нагревайте ее только снизу, а равномерно прогрейте всю.

21. Будьте особенно осторожны при работе с нагревательными приборами, при возникновении неисправностей немедленно известите учителя.

Задание 1. Изучите особенности организации молекулярно-биологической лаборатории.

Задание 2. Изучите инструктаж по технике безопасности в кабинете химии.

Контрольные вопросы

1. Какова организация молекулярно-биологической лаборатории?

2. Какие правила прописаны в инструктаже по технике безопасности в кабинете химии?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2
Нуклеиновые кислоты. Типы, строение и функции

Цель занятия: изучить типы, строение и функции нуклеиновых кислот.

Понятие о нуклеиновых кислотах

Нуклеиновые кислоты представляют собой высокомолекулярные соединения, молекулярная масса которых колеблется от 25 тыс. до 1 млн и более.

Полимерные цепи нуклеиновых кислот построены из мономерных единиц – нуклеотидов, в связи с чем нуклеиновые кислоты называют полинуклеотидами.

Нуклеиновые кислоты – это дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК) кислоты – биополимеры (биомакромолекулы), состоящие из нуклеотидов.

Обычно «неделимое» мономерное звено (например, аминокислотный остаток в белках) у нуклеотидов представляет собой трехкомпонентное образование, включающее гетероциклическое основание, углеводный остаток и фосфатную группу.

Углеводными компонентами служат пентозы – D-рибоза и 2-дезокси-э-рибоза. В зависимости от этого нуклеиновые кислоты делятся на рибонуклеиновые (РНК), содержащие рибозу, и дезоксирибонуклеиновые (ДНК), содержащие дезоксирибозу.

ДНК содержатся в основном в ядрах клеток, РНК находятся преимущественно в рибосомах, а также протоплазме клеток. РНК непосредственно участвуют в биосинтезе белка.

Нуклеотиды

Нуклеозиды

В химии нуклеиновых кислот входящие в их состав гетероциклические соединения пиримидинового и пуринового рядов обычно называют нуклеиновыми основаниями.

Нуклеиновые основания в качестве заместителей в гетероцикле могут содержать:

• либо оксогруппу, как в урациле и тимине;

• либо аминогруппу, как в аденине;

• либо одновременно обе эти группы, как в цитозине и гуанине.

Кислородсодержащие основания представлены лактамными таутомерными формами, в которых ароматичность не нарушена. Для всех оснований приняты сокращенные трехбуквенные обозначения, составленные из первых букв их латинских названий (рис. 1).

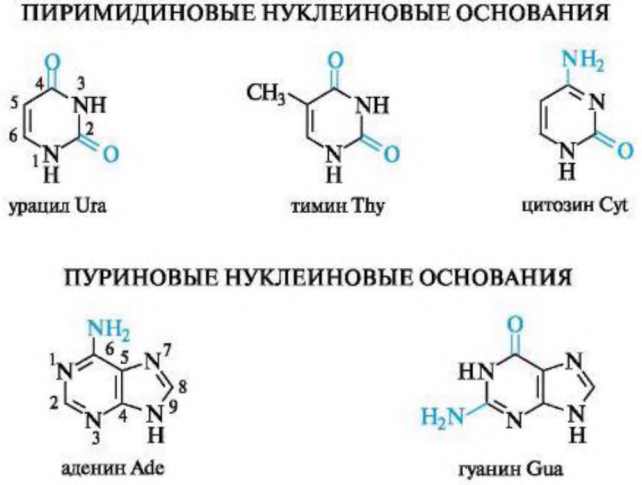


Рис. 1 Пиримидиновые и пуриновые основания

Нуклеиновые кислоты различаются входящими в них гетероциклическими основаниями: урацил входит только в РНК, а тимин - в ДНК:

РНК	ДНК
урацил	тимин
цитозин	цитозин
аденин	аденин
гуанин	гуанин

Нуклеиновые основания образуют связь за счет одного из атомов азота с аномерным центром пентозы (D-рибозы или 2-дезокси-D- рибозы). Этот тип связи аналогичен обычной гликозидной связи и известен как N-гликозидная связь, а сами гликозиды - как N-гликозиды. В химии нуклеиновых кислот их называют нуклеозидами.

В состав природных нуклеозидов пентозы входят в фуранозной форме (атомы углерода в них нумеруют цифрой со штрихом). Гликозидная связь осуществляется с атомом азота N-1 пиримидинового и N-9 пуринового оснований.

Нуклеотиды

Нуклеотидами называют фосфаты нуклеозидов. Фосфорная кислота обычно этерифицирует спиртовый гидроксил при С-5' или С-3' в остатке рибозы (рибонуклеотиды) или дезоксирибозы (дезоксирибонуклеотиды).

Общий принцип строения нуклеотидов показан на примере фосфатов аденозина. Для связывания трех компонентов в молекуле нуклеотида используются сложноэфирная и N-гликозидная связи. Нуклеотиды можно рассматривать, с одной стороны, как эфиры нуклеозидов (фосфаты), а с другой - как кислоты (в связи с наличием остатка фосфорной кислоты).

Структура нуклеиновых кислот

Первичная структура

В полинуклеотидных цепях нуклеотидные звенья связаны через фосфатную группу. Фосфатная группа образует две сложноэфирные связи: с С-3' предыдущего и с С-5' последующего нуклеотидных звеньев предоставлена на рисунке 2.

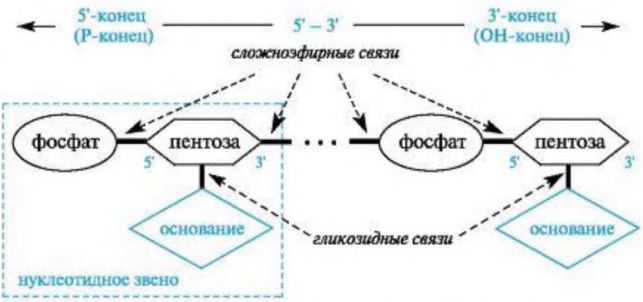


Рис. 2 Структура нуклеиновых кислот

Каркас цепи состоит из чередующихся пентозных и фосфатных остатков, а гетероциклические основания являются «боковыми» группами, присоединенными к пентозным остаткам. Нуклеотид со свободной 5'-ОН группой называют 5'-концевым, а нуклеотид со свободной 3'-ОН группой - 3'-концевым.

Вторичная структура ДНК

Под вторичной структурой понимают пространственную организацию полинуклеотидной цепи. Согласно модели Уотсона-Крика молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, правозакрученных вокруг общей оси с образованием двойной спирали. Пуриновые и пиримидиновые основания направлены внутрь спирали. Между пуриновым основанием одной цепи и пиримидиновым основанием другой цепи возникают водородные связи. Эти основания составляют комплементарные пары.

Задание 1. Изучить понятие о нуклеиновых кислотах.
Задание 2. Изучить структуру нуклеотидов.
Задание 3. Изучить структуру нуклеиновых кислот.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют нуклеиновые кислоты?
2. Каковы типы нуклеиновых кислот?
3. Какова структурная организация нуклеозидов?
4. Какова структурная организация нуклеотидов?
5. Какова первичная структура нуклеиновых кислот?
6. Что из себя представляет вторичная структура нуклеиновых кислот?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3
Мобильные генетические элементы живой клетки

Цель занятия: изучить классификацию мобильных элементов живой клетки, их роль в геноме эукариот.

Понятие мобильных элементов клетки, классификация

Мобильные генетические элементы (МГЭ) – это дискретные нуклеотидные фрагменты ДНК с непостоянной локализацией в хромосоме; способны к транспозиции – перемещению из одного участка хромосомы (донорного) в другой (реципиентный). МГЭ присутствуют в геномах всех организмов; их размеры варьируют от нескольких сотен до нескольких тысяч пар нуклеотидов. Они могут быть рассеяны по хромосомам или же группироваться в отдельных (гетерохроматиновых) участках хромосом.

К настоящему времени мобильные элементы открыты у множества видов растений, животных и микроорганизмов.

По механизмам транспозиции мобильные элементы делятся на две основные группы.

Элементы *первого класса* (ретровирусы и ретротранспозоны) перемещаются, используя обратную транскриптазу, т. е. на РНК-матрице мобильного элемента синтезируется ДНК. Обратная транскриптаза (ревертаза в русскоязычной литературе) не только ведет синтез нити ДНК на РНК, но и осуществляет синтез второй комплементарной нити ДНК, а РНК-матрица распадается и удаляется. Двунитевая ДНК синтезируется в цитоплазме, а затем перемещается в ядро и может встроиться в геном, образуя провирус. Ретротранспозоны составляют как минимум 2 % генома у дрозофилы и более 40 % у некоторых растений.

Второй класс элементов объединяет представителей, которые перемещаются в геноме как чистые ДНК-элементы и называются транспозонами. В этот класс входят транспозоны бактерий (IS-элементы), P и hobo у дрозофилы, Ac/Ds у кукурузы. Все они имеют короткие инвертированные повторы на концах и кодируют по крайней мере один белок – транспозазу.

Роль мобильных элементов в геноме эукариот

Присутствие мобильных элементов в геноме является необходимым для генерирования генетического разнообразия посред-

ством гомологической рекомбинации в неаллельных локусах, возникновения хромосомных перестроек и изменения экспрессии генов путем инсерций (генетических вставок) в их регуляторные последовательности или путем разрушения генов посредством инсерций в их кодирующие последовательности. ДНК транспозоны способны вызывать нестабильные мутации благодаря процессу вырезания и вставки своих нуклеотидных последовательностей в новые сайты.

Мобильные элементы как относительно автономные последовательности ДНК со своими собственными генами, обеспечивающими транспозицию, могут размножаться в видовом геноме, одновременно увеличивая при этом груз вредных мутаций, которые снижают его среднюю приспособленность. Передвижение транспозонов может вызвать ряд цитогенетических эффектов, включая разрывы хромосом и инверсии.

Задание 1. Изучить мобильные элементы клетки и их классификацию.

Задание 2. Изучить роль мобильных элементов в геноме эукариот.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют мобильные элементы клетки?
2. Какова классификация мобильных элементов клетки?
3. Какова роль мобильных элементов в геноме эукариот?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4
Практическое применение технологий рекомбинантных ДНК

Цель занятия: изучить технологии рекомбинантных ДНК и их практическое применение.

Технологии рекомбинантных ДНК

Расшифровывая тайны структуры генов, ученые начали их выделять и синтезировать. 30 лет назад тех, которые верили в успех этих начинаний было мало, и никто даже не предполагал нынешние успехи генной инженерии и исключительно важные

последствия этого. На сегодняшний день существует много технических возможностей для прямого или непрямого изучения последовательности нуклеотидов ДНК- носителя генетической информации. Интересующий ген выделяют из одного организма (клетки организма), далее - изменяют его структуру и опять вводят, но уже в другой организм, где синтезируется белок, кодируемый введенным геном. Все действия по манипуляции с ДНК называются генетическим термином - метод (техника) рекомбинантных ДНК.

Для анализа нуклеиновых кислот необходимы следующие этапы:

- выделение из клеток и очистка молекул ДНК или РНК;
- изолирование интересующего фрагмента нуклеиновой кислоты;
- мультипликация изолированного фрагмента;
- анализ последовательностей интересующего фрагмента (определение последовательности нуклеотидов, определение экспрессии и позиции гена в геноме).

Перспективы успешного применения технологии рекомбинантных ДНК

За последние годы высоких успехов достигла генная инженерия. С помощью генной инженерии стало возможным увеличивать в генетически измененной продукции содержание полезных веществ и витаминов по сравнению с «чистыми» сортами. Например, можно «вставить» витамин А в рис, с тем чтобы выращивать его в регионах, где люди испытывают его нехватку.

Генная инженерия позволила улучшить качество жизни, очень вероятно – существенно продлить её и учёного мира появилась надежда найти гены, ответственные за старение организма и реконструировать их.

Задание 1. Изучить технологии рекомбинантных ДНК.

Задание 2. Изучить перспективы успешного применения технологии рекомбинантных ДНК.

Контрольные вопросы

1. Каковы технологии рекомбинантных ДНК?
2. Каковы перспективы успешного применения технологии рекомбинантных ДНК?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5
Этапы биосинтеза белка. Активация аминокислот у прокариот и эукариот

Цель занятия: изучить свойства генетического кода и этапы синтеза белка.

Свойства генетического кода

Перевод последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК и и-РНК в последовательность аминокислот в синтезируемой молекуле белка проходит с использованием специального «шифра», или генетического кода. Для него характерны:

1. *Триплетность*. Одну аминокислоту кодирует последовательность из трех нуклеотидов, названная триплетом, или кодоном.

2. *Вырожденность*. Каждая аминокислота зашифрована более чем одним кодоном (исключение – метионин и триптофан, кодируются одним триплетом). Для кодирования 20 аминокислот используется 61 триплет, или кодон. Триплет АУГ, кодирующий метионин, называют стартовым, с него начинается синтез белка. Кодоны УАА, УАГ, УГА – конечные, или терминальные, прекращают синтез белка.

3. *Универсальность*. У всех организмов одни и те же триплеты кодируют одинаковые аминокислоты.

4. *Однозначность*. Каждый триплет кодирует только одну аминокислоту.

5. *Колинеарность* – совпадение последовательностей аминокислот в синтезируемой молекуле белка с последовательностью триплетов в и-РНК.

Этапы синтеза белка

Всю последовательность процессов, происходящих при синтезе белковых молекул, можно объединить в 3 этапа:

1. *Транскрипция* (от лат. transcriptio – переписывание) – процесс синтеза молекулы и-РНК на молекуле ДНК, выступающей в роли матрицы. Молекула ДНК на участке гена раскручивается, и списывание информации происходит с одной из двух нитей молекулы ДНК.

2. Процессинг – процесс созревания молекулы информационной РНК, сопровождающийся удалением интронов, участков, не несущих информацию о последовательности аминокислот в синтезируемом белке, и сращиванием (сплайсингом) остающихся фрагментов (экзонов, т.е. кодирующих последовательностей). Поэтому длина созревшей и направляющейся к рибосомам молекулы и-РНК оказывается короче первоначальной.

3. Трансляция (от лат. translatio - перевод) – синтез полипептидных цепей белков по матрице м-РНК на рибосомах. Аминокислоты, из которых синтезируются белки, доставляются к рибосомам с помощью специальных транспортных РНК (т-РНК). Молекулы т-РНК, состоящие из 85-100 нуклеотидов, способны сворачиваться таким образом, что напоминают по форме лист клевера.

Задание 1. Изучить свойства генетического кода.
Задание 2. Изучить этапы синтеза белка.

Контрольные вопросы
1. Каковы свойства генетического кода?
2. Каковы этапы синтеза белка?
3. Как происходит активация аминокислот?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6
Биологический код как способ перевода четырехзначной нуклеотидной последовательности

Цель занятия: изучить биологический код и особенности кодирование аминокислот нуклеотидами.

Понятие биологического кода

Способ записи информации о первичной структуре белков в нуклеиновых кислотах получил название *биологического* или *генетического кода* (его также называют генетическим, нуклеотидным, аминокислотным кодом). Генетический, или биологический, код является одним из универсальных свойств живой природы, доказывающим единство ее происхождения. Таким образом, это соответствие каждой аминокислоте (входящей в состав белков живого) определенной последовательности трех нуклеотидов.

Экспериментально доказано, что в биологическом коде кодовое число равно трём: тройку нуклеотидных остатков (триплет), кодирующих включение одной аминокислоты, называют кодоном.

Кодирование аминокислот нуклеотидами

Кодирование аминокислот включает в себя следующие этапы:

1) Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) – это полимеры, состоящие из нуклеотидов. В каждый нуклеотид может входить одно из четырех азотистых оснований: аденин (А), гуанин (Г, G), цитозин (Ц, С), тимин (Т). В случае РНК тимин заменяется на урацил (У, U).

2) При рассмотрении генетического кода принимают во внимание только азотистые основания. Тогда цепочку ДНК можно представить в виде их линейной последовательности. Например:

...AAATGAACTTCA...

Комплиментарный данному коду участок и-РНК будет таким:

...UUUACUUGAAGU...

3) Если стоит задача закодировать каждую аминокислоту с помощью нуклеотидов, то она сводится к тому, как с помощью 4 букв закодировать 20 букв. Это можно сделать, сопоставляя буквам 20-ти буквенного алфавита слова, составленные из нескольких букв 4-х буквенного алфавита.

Именно трехбуквенный код используется в генетическом коде. Три подряд идущих нуклеотида, кодирующих одну аминокислоту, называются триплетом (или кодоном).

Каждой аминокислоте сопоставляется определенный триплет нуклеотидов. Кроме того, поскольку комбинаций триплетов с избытком перекрывают количество аминокислот, то многие аминокислоты кодируются несколькими триплетами.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляет биологический код?
2. Как происходит кодирование аминокислот нуклеотидами?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7
Основные углеводы растений и животных

Цель занятия: изучить классификацию, биологическую роль и выполняемые функции у растений и животных.

Классификация углеводов

1. Моносахариды:

- гексозы $C_6H_{12}O_6$ (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза);
- пентозы $C_5H_{10}O_5$ (арабиноза, ксилоза, ксилулоза, рибоза, рибулеза);
- тетрозы $C_4H_8O_4$ (эритроза);
- триозы $C_3H_6O_3$ (глицеральдегиды, дигидроксиацетон);
- гептозы $C_7H_{14}O_7$ (седогептулоза).

1.1. Производные моносахаров:

- эфиры фосфорной кислоты;
- аминосахара (глюкозамин, галактозамин);
- дезоксисахара (дезоксирибоза);
- сахарные кислоты (альдоновая, альдаровая, уроновая);
- сахарные спирты (сорбитол, дулцитол, маннитол);
- гликозиды (цианогенные гликозиды и др.).

2. Олигосахариды:

- дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза);
- трисахариды (раффиноза, кетоза);
- тетрасахариды (стахиоза).

3. Полисахариды:

3.1. Гомогликаны:

- арабинаны и ксиланы;
- глюканы (крахмал, гликоген, целлюлоза, каллоза), $(C_6H_{10}O_5)n$;
- фруктаны$(C_5H_8O_4)n$;
- галактаны и маннаны;
- глюкозамины.

3.2. Гетерогликаны:

- пектин;
- гемицеллюлоза.

Самые простые сахара – моносахариды, которые делятся на подгруппы: триозы ($C_3H_6O_3$), тетрозы ($C_4H_8O_4$), пентозы ($C_5H_{10}O_5$), гексозы ($C_6H_{12}O_6$) и гептозы ($C_7H_{14}O_7$) в зависимости от числа углеродных атомов в молекуле. Триозы и тетрозы относятся к промежуточным продуктам в обмене других углеводов. Моносахариды могут соединяться друг с другом (при этом теряется одна молекула воды в каждой связи), чтобы произвести ди-, три-, тетра-, или полисахариды, содержащие, соответственно, два, три, четыре и более моносахаридных единиц. В связи с потерей воды из моле-

кулы моносахарида при образовании сложных углеводов, их называют моносахаридными остатками.

Биологическая роль и выполняемые функции углеводов

Углеводы наряду с белками и липидами являются важнейшими химическими соединениями, входящими в состав живых организмов. У человека и животных углеводы выполняют важные функции: энергетическую (главный вид клеточного топлива), структурную (обязательный компонент большинства внутриклеточных структур) и защитную (участие углеводных компонентов иммуноглобулинов в поддержании иммунитета).

Углеводы (рибоза, дезоксирибоза) используются для синтеза нуклеиновых кислот, они являются составными компонентами нуклеотидных коферментов, играющих исключительно важную роль в метаболизме живых существ. В последнее время все большее внимание к себе привлекают смешанные биополимеры, содержащие углеводы: гликопептиды и гликопротеины, гликолипиды и липополисахариды, гликолипопротеины и т.д. Эти вещества выполняют в организме сложные и важные функции.

С нарушением обмена углеводов тесно связан ряд заболеваний: сахарный диабет, галактоземия, нарушение в системе депо гликогена, нетолерантность к молоку и т.д.

Задание 1. Изучить классификацию углеводов.

Задание 2. Изучить биологическую роль и выполняемые функции углеводов.

Контрольные вопросы

1. Какова классификация углеводов?
2. Какова биологическая роль углеводов?
3. Какие функции выполняют углеводы растений и животных?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8
Распад моносахаридов

Цель занятия: изучить характеристику и основные реакции моносахаридов.

Характеристика важнейших моносахаридов

Моносахариды – производные многоатомных спиртов, содержащие карбонильную группу. В зависимости от положения в молекуле карбонильной группы моносахариды подразделяют на альдозы и кетозы.

Альдозы содержат функциональную альдегидную группу – HC=O, тогда как кетозы содержат кетонную группу >C=0. Название моносахарида зависит от числа составляющих его углеродных атомов, например альдотриозы, кетотриозы, альдогексозы, кетогексозы и т.д.

Моносахариды по строению можно отнести к простым углеводам, так как они не гидролизуются при переваривании, в отличие от сложных, которые при гидролизе распадаются с образованием простых углеводов. В пище человека (фрукты, мёд, соки) содержится небольшое количество моносахаридов, в основном глюкоза и фруктоза.

Глюкоза является альдогексозой. Она может существовать в линейной и циклической формах. Циклическая форма глюкозы, предпочтительная в термодинамическом отношении, обусловливает химические свойства глюкозы. Как и все гексозы, глюкоза имеет 4 асимметричных углеродных атома, обусловливающих наличие стереоизомеров. Возможно образование 16 стереоизомеров, наиболее важные из которых D- и L-глюкоза.

Реакции моносахаридов

Присутствие гидроксильных, альдегидных и кетонных групп позволяет моносахаридам вступать в реакции, характерные для спиртов, альдегидов или кетонов. Эти реакции довольно многочисленны.

Моносахариды существуют почти исключительно в циклической форме. Однако у способности ациклических моносахаридов быстро и самопроизвольно замыкаться в гетероциклы есть и оборотная сторона: эти циклы в растворе размыкаются тоже быстро. Между этими утверждениями нет противоречия, так как быстрые взаимопревращения отнюдь не исключают доминирования одной из структур (для этого достаточно, чтобы система характеризовалась большой константой равновесия).

Циклизация моносахаридов может происходить двумя способами: с образованием пиранозы или фуранозы. Однако при обра-

зовании полуацеталя плоская карбонильная группа превращается в систему тетраэдрического атома углерода. Возникает новый ассиметрический центр, у которого естественно, могут быть две конфигурации.

Мутаротация, или аномеризация – взаимопревращение аномерных форм моносахаридов. α- и β-формы аномеров находятся в растворе в состоянии равновесия. При достижении этого равновесия происходит мутаротация – размыкание и замыкание пиранового кольца и, соответственно, изменение расположения Н- и ОН-групп при первом углероде моносахарида.

Задание 1. Изучить характеристику важнейших моносахаридов.

Задание 2. Изучить реакции моносахаридов.

Контрольные вопросы

1. Какова характеристика важнейших моносахаридов?
2. Раскройте реакции моносахаридов.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 9
Сложные белки. Фосфопротеиды

Цель занятия: изучить сложные белки, фосфопротеиды, особенности выделение казеина из молока и определение в нем наличия остатка фосфорной кислоты.

Сложные белки: хромопротеиды, строение, свойства, значение для организма

Хромопротеиды содержат в качестве простетической группы окрашенные небелковые соединения. В группе хромопротеидов выделяют гемопротеиды и флавопротеды.

В гемопоротеидах простетической группой является гем – органическое, железосодержащее вещество, придающее белку красный цвет. Гем соединяется с белком глобином за счёт координационных и гидрофобных связей. Примерами гемопротеидов являются белок эритроцитов гемоглобин, белок мышц миоглобин, тканевые белки цитохромы, ферменты каталаза, пероксидаза. Гемопротеиды участвуют в переносе кислорода и в окислительных процессах в тканях.

Фосфопротеиды

Фосфопротеиды содержат остатки фосфорной кислоты, соединённые с радикалами остатков серина, реже треонина белковой части сложноэфирными связями. Присоединение фосфорной кислоты к белку может носить обратимый характер и сопровождаться формированием или разрывом ионных связей фосфорной кислоты и заряженных групп белка, что меняет структуру и биологическую активность фосфопротеида. К фосфопротеидам относятся структурные белки костной ткани, казеиноген молока, ововителлин белка куриного яйца, некоторые ферменты (фосфорилаза, гликогенсинтетаза, ТАГ-липаза).

Металлопротеиды – сложные белки, в состав которых входят металлы. Например, гемосидерин и ферритин содержат железо, фермент алкогольдегидрогеназа содержит цинк.

В последнее время появилась классификация белков на семейства – группы близких по структуре и функциям белков, имеющие гомологичные последовательности аминокислот. Например, выделяют семейство сериновых протеаз, содержащих в активном центре аминокислоту серин и участвующих в расщеплении различных белков. В это семейство входят трипсин, химотрипсин, эластаза, многие ферменты свёртывания крови (тромбин), антисвёртывающей системы (фибринолизин). Семейство иммуноглобулинов включает все виды основных и минорных иммуноглобулинов. Иммуноглобулины имеют вилкообразную структуру, состоящую из двух тяжелых (Н) цепей и двух лёгких цепей (L). Иммуноглобулины, в свою очередь, входят в состав суперсемейства, включающего иммуноглобулины, рецепторы к Т-антигенам, белки гистиосовместимости.

Задание 1. Изучить сложные белки: хромопротеиды, строение, свойства, значение для организма; фосфопротеиды.

Задание 2. Выделение казеина из молока.

Содержание работы: в молоке общее содержание белков находится, как правило, в пределах 2,9-4,0 %. Белки молока делят на две группы: казеиновые и сывороточные. Среди белков молока рассматривают: основных белков: казеины (αs1-, αs2-, β-), сывороточные белки (β-лактоглобулин, α-лактоальбумин), альбумин сы-

воротки крови, иммуноглобулины, β2-микроглобулин, лактоферрин, церулоплазмин и компонент 3 протеозопептонов.

Основной белок коровьего молока – казеина является фосфопротеидом. На его долю приходится около 80% белкового азота молока. Казеины – это группа гетерогенных фосфопротеидов, самоассоциирующихся в мицеллы в присутствии кальция, цитратов и фосфатов. Основная часть казеина (около 95 %) в молоке содержится в виде казеиновых мицелл. Мицеллы соединены между собой с помощью кальция и мицелярного фосфата.

Казеин можно выделить из молока добавлением уксусной кислоты до изоэлектрической точки (pH 4,6). Белок выделяется в виде мягкого, медленно оседающего осадка.

Приборы и реактивы: химический стакан на 100 мл; мерный цилиндр на 100 мл; стеклянные палочки; пробирки; воронки; бумажные фильтры; пипетки; 10% раствор уксусной кислоты; универсальная индикаторная бумага; 10% раствор гидроксида натрия; молоко; азотная кислота концентрированная; гидроксид аммония концентрированный; спиртовка.

Методика выполнения работы: в стакан ёмкостью 100 мл налить 20 мл молока и прилить равный объем дистиллированной воды. К этой смесим осторожно, по стеклянной палочке прилить 10 % раствор уксусной кислоты до pH 4,6 (2-3 мл уксусной кислоты), pH раствора определить с помощью универсального индикатора. Для этого стеклянной палочкой наносят каплю на универсальную индикаторную бумагу и по шкале определить pH. При pH=4,6 казеин выпадает в осадок. Ему дают отстояться 10 минут. Слить без взбалтывания надосадочную жидкость. В оставшийся осадок добавить по каплям 10% раствор гидроксида натрия до растворения осадка. Полученный раствор отфильтровать через влажный фильтр. С фильтратом провести цветные реакции (биуретовую и ксантопротеиновую).

Подавляющее большинство белков и пептидов при нагревании с крепкой азотной кислотой дает желтое окрашивание, переходящее в оранжевое при добавлении щелочи или аммиака. Эта реакция характерна для бензольного ядра циклических аминокислот. При действии крепкой азотной кислоты на эти аминокислоты происходит нитрование бензольного кольца с образованием нитросоединений желтого цвета.

В пробирку с фильтратом прилить 5-6 капель концентрированной азотной кислоты. Появляется осадок свернувшегося белка, который при осторожном нагревании окрашивается в желтый цвет. Дать пробирке охладиться и осторожно прибавить концентрированный аммиак.

Результаты опыта занесите в тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют сложные белки?
2. Каково строение сложных белков?
3. Каковы характеристики фосфопротеидов?
4. Какова методика проведения по выделению казеина из молока?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 10
Количественное определение белков. Количественное определение белков по биуретовой реакции, спектрофотометрическим методом с помощью рефрактометра

Цель занятия: изучить сложные белки, фосфопротеиды, особенности выделение казеина из молока и определение в нем наличия остатка фосфорной кислоты.

Количественное определение белков

Для количественного определения белков применяют физические, химические и биологические методы.

Из физических методов простейшим кажется взвешивание чистого белка. Однако белки очень гигроскопичны, и полностью удалить из их состава воду столь трудно, что этот способ количественного определения белков применяют редко. Кроме того, выделить весь белок из препарата практически невозможно.

Наибольшее распространение из физических методов количественного определения белков получили три: рефрактометрический (по показателю преломления белковых растворов), спектрофотометрический (по поглощению в ультрафиолетовой области спектра) и полярографический (по кривым, показывающим зависимость между силой тока и напряжением, приложенным к системе, содержащей белок.

Задание 1. Микроопределение белка по биуретовому методу.

Реактивы:

1. Стандартный раствор белка, например, сывороточного альбумина, содержащий 1 мг в 1 мл, раствор белка концентрации Х.

2. Биуретовый реактив для микроопределения (реактив Бенедикта): 17,3 гцитрата натрия и 10 г Na_2CO_3 растворяют при подогревании в небольшом количестве воды. В раствор добавляют 1,73 г сульфата меди, растворенного в 10 мл воды, и доводят водой до 100 мл.

3. NaOH - 6 %-й раствор.

Оборудование: пробирки; кюветы, спектрофотометр.

Ход работы: к 2 мл раствора, содержащего 0,1-2 мг белка, добавляют 2 мл 6 %-го раствора NaOH и 0,2 мл реактива Бенедикта. Раствор хорошо перемешивают и через 15 мин фотометрируют при 330 нм на спектрофотометре. Предварительно строят калибровочный график по стандартному раствору белка.

Результаты работы записывают в тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют методы количественного определения белков?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 11

Количественное определение белков. Выделение и очистка препаратов глобулинов и альбуминов куриных яиц методом высаливания сульфатом аммония и диализом

Цель занятия: изучить процессы разделения альбуминов и глобулинов яичного белка методом высаливания.

Задание 1. Разделение альбуминов и глобулинов яичного белка методом высаливания.

Высаливанием называют процесс осаждения белка из раствора под действием нейтральных солей: NaCl, $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4, $MgCl_2$ и другие. При высаливании белок выпадает в осадок, не подвергаясь денатурации. При добавлении к растворам белка солей щелочных и щелочно-земельных металлов их ионы адсорбируются на противоположно заряженных группах частиц белка, де-

лая их электронейтральными и тем самым, понижая устойчивость белков в растворе. Кроме того, соли щелочных и щелочноземельных металлов растворяясь, связывают большие количества воды, что при достаточно высоких концентрациях ведет к дегидратации частиц белка и лишает их гидратной оболочки. Белок при этом выпадает в осадок. Для осаждения из раствора различных белков используют растворы соли разной концентрации. Глобулины, например, осаждаются полунасыщенным раствором сернокислого аммония, а альбумины – только насыщенным раствором. Это происходит из-за того, что частицы глобулинов значительно крупнее частиц альбуминов, это используется для разделения альбуминов и глобулинов.

Приборы и реактивы: штатив с пробирками, воронки, фильтры бумажные, стеклянные палочки, пипетки, 1% раствор яичного белка, сульфат аммония кристаллический, сульфат аммония насыщенный раствор, 10 % раствор гидроксида натрия, 0,5 % раствор сульфата меди.

Методика выполнения работы: В пробирку прилить 2-3 мл раствора яичного белка и равный объем насыщенного раствора сульфата аммония. Содержимое пробирки тщательно перемешать и оставить на 10 минут. Выпадает хлопьевидный осадок глобулина. Осадку дают отстояться, после чего отфильтровать. К фильтрату добавить кристаллический сульфат аммония на кончике шпателя до насыщения; выпадает хлопьевидный осадок альбуминов. Осадок отцентрифугировать в течение 5 минут при 3000 оборотах в минуту. С фильтратом провести биуретовую реакцию. Отрицательная реакция указывает на отсутствие белков в фильтрате и полноту осаждения. Осадок альбуминов из центрифужной пробирки перенести в пробирку и растворить в 2-3 мл воды. Раствор альбуминов отфильтровать и провести с ним биуретовую реакцию.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Задание 2. Количественное определение белков по биуретовой реакции.

Принцип метода: метод основан на образовании в щелочной среде окрашенного в фиолетовый цвет комплекса пептидных связей с ионами двухвалентной меди. Существуют две разновидности этого метода: при одной из них определяют от 2 до 10 мг белка в пробе, чувствительность другой (микрометода) – от 0,1 до 2 мг.

Реактивы:

1. Стандартный раствор белка, например, сывороточного альбумина, содержащий 10 мг в 1 мл, раствор белка концентрации X.

2. Биуретовый реактив: 0,15 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и 0,6 г $NaKC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ (виннокислый натрий-калий, или сегнетова соль) растворяют в 50 мл H_2O, при энергичном перемешивании приливают туда 30 мл 10%-го раствора NaOH (свободного от Na_2CO_3), добавляют 0,1 г KI и раствор доводят водой до 100 мл. Хранят в парафинированной или полиэтиленовой посуде. Оборудование: пробирки; кюветы, спектрофотометр.

Ход работы: к 1 мл раствора, содержащего от 2 до 10 мг белка, добавляют 4 мл биуретового реактива. Пробы перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 30 мин, после чего фотометрируют на при 540 нм. По полученным результатам строят калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от концентрации белка.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют методы количественного определения белков?

2. Каково количественное определение белков по биуретовой реакции?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 12
Качественные реакции на белки

Цель занятия: изучить качественные реакции на белки.

Задание 1. Качественные реакции на аминокислоты (реакция Адамкевича)

При добавлении к раствору белка незначительных количеств глиоксиловой кислоты в присутствии крепкой серной кислоты получается красно-фиолетовое окрашивание. Эта реакция связана с присутствием в молекуле белка аминокислоты триптофана и основана па способности триптофана в кислой среде вступать в реакцию е альдегидами, образуя при этом окрашенные продукты конденсации.

Ход работы: в пронумерованные пробирки наливают по 5 капель приготовленных растворов. В каждую пробирку добавляют по 5 капель концентрированной уксусной кислоты. Раствор сначала слегка нагревают, затем охлаждают и по стенке пробирки, сильно наклонив её, чтобы жидкости не смешивались (подслаивание), приливают 10 капель концентрированной серной кислоты. При стоянии на границе двух слоев жидкости наблюдается красно-фиолетовое окрашивание в виде кольца. Появление окраски можно ускорить, поместив пробирку в кипящую водяную баню.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Задание 2. Качественные реакции на аминокислоты (реакция Вуазене)

Реакция Вуазене протекает только с теми белками, которые содержат в своем составе триптофан. Химизм ее аналогичен химизму реакции Адамкевича (Гопкинса-Коле); и в том, и в другом случае в конденсацию с триптофаном вступает формальдегид.

Ход работы: к 2 мл разбавленного раствора белка в пробирке добавляют одну каплю 2,5%-го раствора формальдегида. Смешивают и прибавляют 6 мл чистой концентрированной соляной кислоты (плотность не менее 1,175), после чего снова перемешивают. Через 10 мин прибавляют при взбалтывании 10 капель 0,5%-го раствора нитрита натрия. Развивается интенсивное сине-фиолетовое окрашивание.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Задание 3. Качественные реакции на аминокислоты (реакция Паули)

При взаимодействии кислого раствора сульфаниловой кислоты с нитритом натрия осуществляетоя реакция диазотирования и образуется диазобензолсульфоновая кислота. При реакции последней с гистидином образуется соединение вишнево-красного цвета.

Ход работы: к 1 мл 1%-го раствора сульфанйловой кислоты в 5%-ном растворе соляной кислоты приливают 2 мл 0,5%-го раствора нитрита натрия, сильно встряхивают и немедленно добавляют сначала 2 мл разбавленного раствора белка, а затем, после перемешивания содержимого, пробирки, 6 мл 10%-го раствора кар-

бонata натрия. После смешивания растворов развивается вишнево-красное окрашивание.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Как протекает качественная реакция на аминокислоты (реакция Адамкевича)?
2. Как протекает качественная реакция на аминокислоты (реакция Вуазене)?
3. Как протекает качественная реакция на аминокислоты (реакция Паули)?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 13
Определение активности ферментов

Цель занятия: изучить основы определения и разновидности методов активности ферментов.

Общие методы определения активности ферментов

Прежде чем преступить к выделению фермента, необходимо избрать и тщательно отработать метод определения активности, под контролем которого производится выбор наиболее эффективных приемов очистки ферментов, а затем и выполнение последовательных стадий его препаративного получения.

Активность фермента меняется при различных условиях реакции и зависит от температуры, pH среды, от концентраций субстратов и кофакторов. Учитывая это, при определении активности фермента на разных стадиях очистки необходимо строго соблюдать одни и те же условия. Желательно не ограничиваться определением активности по одному какому-либо методу.

Количество субстрата, превращаемого в условиях теста по определению активности фермента, должно быть пропорционально количеству последнего и времени инкубирования.

Спектрофотометрические методы определения активности ферментов

Спектрофотометрические методы основаны на поглощении света в определенных участках спектра многими соединениями,

являющимися активными группами ферментов, субстратами или продуктами реакции.

Положение максимума поглощения при определенной длине волны определяется наличием в исследуемом материале определенных групп – аналитических форм. Для измерения спектров используют специальные приборы – спектрофотометры, фотометрические абсорбциометры и др. Этот метод отличается высокой чувствительностью, быстротой определения, малым расходованием фермента и реактивов и позволяет следить за течением реакции во времени.

Для этого реакционную смесь помещают в кювету, вставленную в термостатируемый кюветодержатель. Через малый промежуток времени после добавления фермента (или субстрата) и быстрого перемешивания измеряют поглощение при длине волны, характерной для используемого субстрата или конечного продукта, образующегося в данной реакции. С помощью спектрофотометрического метода можно измерять непосредственно концентрацию некоторых ферментов (после достаточной очистки) по величине характерных максимумов поглощения прочно связанных коферментов (простетических групп).

Манометрические методы определения активности ферментов

Эти методы используются при определении активности фермента в тех случаях, когда в исследуемых реакциях один из компонентов находится в газообразном состоянии.

К таким реакциям относится, главным образом, те, которые связаны с процессами окисления и декарбоксилирования, сопровождающимися поглощением или выделением кислорода и углекислоты, а также реакции, в которых выделение или связывание газа происходит в результате взаимодействия продуктов ферментативного превращения с добавленным в систему реактивом. Наблюдение за ходом реакции во времени проводится в специальных приборах – манометрических аппаратах Варбурга.

Задание 1. Изучение общих методов определения активности ферментов.

Задание 2. Изучение спектрофотометрических методов определения активности ферментов.

Задание 3. Изучение манометрических методов определения активности ферментов.

Контрольные вопросы

1. Каковы общие методы определения активности ферментов?
2. Что из себя представляют спектрофотометрические методы определения активности ферментов?
3. Каковы манометрические методы определения активности ферментов?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 14
Свойства ферментов. Выделение сахарозы из дрожжей. Влияние pH на активность сахарозы

Цель занятия: изучить понятие о ферментах, их свойствах,

Понятие о ферментах, свойства

Ферменты (лат. fermentum – брожение, бродильное начало; синоним энзимы) - специфические белки, способные во много раз ускорять химические реакции, протекающие в живых организмах, не входя при этом в состав конечных продуктов реакции, то есть являющиеся биологическими катализаторами.

Все химические реакции, происходящие в микроорганизмах, в растительных и животных организмах, катализируются соответствующими ферментами.

Термин «фермент» был предложен в начале 17 века голландским естествоиспытателем П. Ван-Гельмонтом, который назвал так неизвестный агент, активно участвующий в процессе спиртового брожения. Первое научное представление о ферментах было высказано в 1814 году, когда русский ученый К. С. Кирхгоф опубликовал результаты экспериментов, показавших, что не только проросшие зерна ячменя (солод), но и экстракты из них способны превращать крахмал в мальтозу ("осахаривать" его). Спустя 19 лет после открытия К. С. Кирхгофа в 1833 году французские химики Пайен (A. Payen) и Персо (J. Persoz) выделили активное вещество, содержащееся в экстрактах из проросших зерен ячменя, и получили его в виде порошка, который терял свою активность при нагревании. Они назвали это вещество диастазой.

Свойства ферментов

1. *Влияние на скорость химической реакции*: ферменты увеличивают скорость химической реакции, но сами при этом не расходуются.

2. *Специфичность действия ферментов*. В клетках организма протекает 2-3 тыс. реакций, каждая из которые катализирутся определенным ферментом. Специфичность действия фермента – это способность ускорять протекание одной определенной реакции, не влияя на скорость остальных, даже очень похожих.

3. *Активность ферментов* – способность в разной степени ускорять скорость реакции.

4. *Молярная активность* – количество молекул субстрата, превращенных одной молекулой фермента за минуту.

Задание 1. Выделение сахарозы из дрожжей.

Сахараза из дрожжей или β-фруктофуранозидаза катализирует гидролиз β-гликозидных связей в молекулах как сахарозы, так и раффинозы. При этом сахароза расщепляется на глюкозу и фруктозу, а раффиноза – на фруктозу и мелибиозу.

Реактивы: растворы с массовыми долями: 1% хлорида натрия и крахмала; размолотый солод; раствор Люголя (0,3 г кристаллического йода и 3 г йодида калия растворяют в 5 мл воды и после полного растворения йода объем доводят до 100 мл водой).

Ход работы: фарфоровую ступку вносят 1 г прессованных пекарских дрожжей и тщательно растирают в 3 мл воды в течение 5 мин.

Затем добавляют 17 мл воды, перемешивают и ставят ступку в термостат при 37 °С на 20 мин. Через каждые 5 мин содержимое перемешивают.

По истечении указанного времени смесь переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют 10 мин со скоростью 3,5 тыс об/мин. Надосадочную жидкость сливают в пробирку и используют как водный экстракт сахаразы.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Задание 1. Изучить понятие о ферментах и их свойствах.

Задание 2. Провести работу по выделению сахарозы из дрожжей.

Контрольные вопросы

1. Что из себя представляют ферменты?
2. Каковы свойства ферментов?
3. Что является носителем фермента в Ваших опытах?

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 15
Выделение рибонуклеопротеидов и дезоксирибонуклеотидов из дрожжей. Качественные реакции на продукты их гидролиза

Цель занятия: изучить изучить особенности выделения рибонуклеопротеидов и дезоксирибонуклеотидов из дрожжей; качественные реакции на продукты их гидролиза.

Нуклеопротеиды представляют собой сложные белки, состоящие из простого белка и небелковой части – нуклеиновых кислот. Из этих белков состоит основная масса клеточного ядра. Нуклеопротеиды играют важную биологическую роль. Они являются не только структурными элементами клетки, ее ядра и цитоплазмы, но и выполняют важнейшие специфические функции в живом организме.

Задание 1. Выделение рибонуклеопротеидов и дезоксирибонуклеотидов из дрожжей.

Для изучения химического состава нуклеопротеидов проводят кислотный гидролиз дрожжей и обнаруживают продукты гидролиза- полипептиды, азотистые основания, углеводы и фосфорную кислоту.

Реактивы и оборудование: дрожжи, диэтиловый эфир, 5%-ный раствор уксусной кислоты, 0,4, 10, 30%-ные растворы гидроксида натрия, 10%-ный раствор серной кислоты, 25%-ный раствор аммиака, 1%-ный раствор нитрата серебра, 1, 7%-ные растворы сульфата меди, этанол, молибденовый реактив (3,75 г молибдата аммония растворяют в 50 мл воды и добавляют 50 мл 32%-го раствора азотной кислоты), ступки с пестиками, центрифуга, центрифужные пробирки, технические весы, пипетки, стеклянный лом, стеклянные палочки, фарфоровые чашки, бумажные

фильтры, воронки, воздушный холодильник, электрическая плитка, спиртовки, пробирки.

Ход работы: навеску 1 г сухих дрожжей помещают в ступку, добавляют туда 0,5 г стеклянного лома, диэтилового эфира и воды по каплям и тщательно растирают до образования пластичной массы. Затем в ступку добавляют 5 мл 0,4%-го раствора едкого натрия и продолжают растирать еще в течение 15-20 минут. Содержимое ступки центрифугируют в течение 10 минут (при 2000 оборотах в минуту). После центрифугирования надосадочную жидкость осторожно пипеткой переносят в фарфоровую чашку и по каплям прибавляют 2 мл 5%-ного раствора уксусной кислоты. При добавлении уксусной кислоты происходит выпадение нуклеопротеидов в осадок, который отделяют центрифугированием. Затем надосадочную жидкость сливают, а осадок используют для дальнейшего гидролиза.

Результаты исследований занести в тетрадь.

Задание 2. Качественные реакции на продукты гидролиза нуклеопротеидов дрожжей.

Продукты гидролиза являются специфическими реакциями: полипептиды – биуретовой реакцией; пуриновые основания – серебряной пробой (серебряные соли пуринов имеют светло-коричневый осадок), пентозы – пробой Троммера (образуется красное окрашивание вследствие окисления рибозы), фосфорную кислоту – молибденовой пробой (образуется фосфорномолибденовокислый аммоний – желтый кристаллический осадок).

I. Кислотный гидролиз нуклеопротеидов.

В колбу для гидролиза (с обратным воздушным холодильником) помещают осадок нуклеопротеидов, заливают 10-15 мл 10%-го раствора серной кислоты и кипятят в течение 1,5 ч, поддерживая только слабое кипение. После кипячения колбу охлаждают, содержимое ее фильтруют через бумажный фильтр, а фильтрат подвергают дальнейшему анализу.

II. Анализ гидролизата.

Охлажденный гидролизат используют для качественного анализа на полипептиды, пуриновые основания, пентозы и фосфорную кислоту.

Биуретовая реакция на полипептиды. К 5 каплям гидролизата добавляют 10 капель 10%-го раствора NaOH и 1 каплю 1%-го рас-

твора сернокислой меди. Жидкость окрашивается в сине-фиолетовый цвет вследствие образования биуретового комплекса между пептидной группировкой и ионами меди.

Пуриновые основания обнаруживают по их реакции с аммиачным раствором нитрата серебра. 10 капель гидролизата нейтрализуют по каплям 25%-ным раствором аммиака (до pH=4 по универсальному индикатору, так как серебрянный комплекс пуриновых оснований выпадает в слабокислой среде) и затем добавляют 5 капель 1%-го раствора нитрата серебра. Наблюдается образование комплекса серебра с пуриновыми основаниями в виде желтовато-белого аморфного осадка.

Пентозы обнаруживают по реакции Троммера. 5 капель гидролизата нейтрализуют 15 каплями 30%-го раствора гидроксида натрия (до pH=9), затем добавляют 1 каплю 7%-го раствора сульфата меди (избыток сульфата меди меняет окраску). Раствор при этом окрашивается в фиолетовый цвет, так как образуется алкоголят меди. Пробирку с раствором нагревают до кипения и наблюдают выпадение бурого осадка, так как медь (II) окисляется до оксида меди (I), имеющего красно-кирпичный цвет.

Качественные реакции на рибозу и дезоксирибозу. Открытие рибозы и дезоксирибозы основано на их способности восстанавливать соли металлов (меди, висмут, серебро) в щелочной среде. При этом металлы восстанавливаются из окисной формы в закисную или в случае закиси – до свободного состояния; пентозы при этом окисляются с образованием соответствующих кислот.

Задание 1. Провести работу по выделению рибонуклеопротеидов и дезоксирибонуклеотидов из дрожжей.

Задание 2. Изучить качественные реакции на продукты гидролиза нуклеопротеидов дрожжей.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности выделения рибонуклеопротеидов и дезоксирибонуклеотидов из дрожжей?

2. Каковы качественные реакции на продукты гидролиза нуклеопротеидов дрожжей?

Рекомендуемая литература

1. Баженова, И.А., Кузнецова Т.А. Основы молекулярной биологии. Теория и практика. Учебное пособие. – СПб 6 Изд-во «Лань», 2018. – 140 с. https://e.lanbook.com/reader/book/99204/#2

2. Горчаков, Э.В., Багамаев, Б.М., Федота Н.В., Оробец В.А. Основы биологической химии : учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2019. – 208 с. https://e.lanbook.com/reader/book/112688/#2

3. Конопатов, Ю.В. Основы экологической биохимии : учебное пособие / Ю.В. Конопатов, С.В. Васильева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 136 с. https://e.lanbook.com/book/107942

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

О. А. Малахова, Л. П. Гниломедова

Биология человека

Учебное пособие

Кинель 2023

УДК 277.1 (075)
ББК 45.27
М18

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р биол. наук, проф. кафедры «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
В. В. Зайцев;
д-р биол. наук, проф. кафедры «Экология, ботаника и охрана природы», Самарский университет,
О. Н. Макурина

Малахова, О. А.
М18 Биология человека: учебное пособие / О. А. Малахова, Л. П. Гниломедова. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 125 с.
ISBN

Учебное пособие по дисциплине «Биология человека» содержит теоретический материал для аудиторной и самостоятельной работы обучающихся, контрольные вопросы.

Учебное издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

УДК 277.1 (075)
ББК 45.27

ISBN

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Малахова О. А., Гниломедова Л. П., 2023

Предисловие

В учебном пособии рассмотрены основные теоретические положения биологии человека, раскрыты основополагающие понятия строения организма человека, его основных структурных единиц и систем органов в целом. Учебный материал структурирован и представлен в виде отдельных занятий по соответствующей тематике.

Цель учебного пособия – дать обучающимся теоретические знания по вопросам, изучающим место человека в органическом мире. Рассматривается строение основных систем органов и отдельных органов человека.

В процессе освоения дисциплины «Биология человека» обучающиеся знакомятся со строением таких систем, как: нервная, дыхательная, кровеносная, опорно-двигательная, пищеварительная; рассматривается строение и функции органы чувств человека, строение органов выделения, понятие о регуляции метаболизма. Рассматривается понятие «здоровье» и факторы риска, процессы адаптации и адаптивные возможности человека, рассматриваются процессы стресса и осуществление стрессовых факторов, а также пути их преодоления.

Представленный в учебном пособии материал, соответствует федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования и требованиям к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы по направлению 06.03.01 «Биология» способствует формированию профессиональных навыков проведения экологического мониторинга, формированию базы знаний о лабораторных исследованиях и о лабораторных приборах и оборудовании.

Занятие 1. Науки, изучающие человека. Методы изучения в антропологии

Цель занятия – изучить науки, изучающие происхождение человека и методы изучения в антропологии.

Анатомия и физиология – это науки о строении и функциях человеческого организма.

Анатомия человека (от греч. anatome – рассечение, расчленение) – это наука о формах и строении, происхождении и развитии человеческого организма, его систем и органов.

Анатомия изучает внешние формы тела человека, его органы, их микроскопическое и ультрамикроскопическое строение. Анатомия изучает человеческий организм в различные периоды жизни, начиная от зарождения и формирования органов и систем у зародыша и плода и до старческого возраста, изучает человека в условиях влияния внешней среды.

Физиология (от греч. physis – природа, logos – наука) изучает функции, процессы жизнедеятельности всего организма, его органов, клеток, взаимосвязей и взаимодействия в теле человека в различные возрастные периоды и в условиях изменяющейся внешней среды. Это позволяет понять механизмы процессов, происходящих в организме, изучить взаимосвязи человека с внешней средой, происхождение вариантов телосложения, аномалий и пороков развития.

Нормальным считают такое строение тела человека, его органов, при котором функции их не нарушены и встречаются у большинства. Однако имеется понятие об индивидуальной изменчивости (вариантах нормы), когда масса тела, рост, телосложение, интенсивность обмена веществ отклоняются в ту или иную сторону от наиболее часто встречающихся показателей. Сильно выраженные отклонения от нормального строения называются аномалиями (от греч. anomalia – неправильность, ненормальность). Если аномалия имеет внешнее проявление, искажающее вид человека, то тогда говорят о пороках развития, об уродствах, происхождение и строение которых изучает наука тератология (от греч. teras – урод).

Анатомия человека служит основой для других биологических наук:

гистология (от греч. histos – ткань) – учение о тканях человеческого организма, из которых построены органы;

цитология (от греч. Kytus – клетка) – наука о строении и жизнедеятельности различных видов клеток;

эмбриология (от греч.эмбоион – зародыш) – наука, исследующая развитие человека (и животных) во внутриутробном периоде жизни, образование, формирование отдельных органов и организма в целом.

антропология – (греч. антропо – человек) межотраслевая дисциплина исследующая происхождение и эволюцию человека, образование человеческих рас, нормальную полиморфность в расах, экологические адаптации групп.

геронтология (от греч. geron – старик) специальная наука, которая изучает возрастные перестройки.

Генетика, психология, социология, экология человека, медицина, валеология, и многие другие. Все эти науки являются частью общего учения о человеке.

Анатомия и физиология пользуются различными экспериментальными методами, что дает возможность исследовать и понять механизмы изменений и приспособительных процессов в органах и тканях, изучить резервные возможности их жизнедеятельности.

Анатомия и физиология изучают строение и функции тела человека по частям, вначале – отдельные его органы, системы и аппараты органов. Анализируя полученные результаты, анатомия и физиология изучают, в конечном итоге, целостный человеческий организм.

Методы изучения происхождения человека

Палеонтологический метод – изучает ископаемые организмы, выявляет переходные формы, восстанавливает филогенетический ряд и последовательность исчезнувших форм.

Сравнительно-морфологический метод – сравнение общих планов строения органов, их соотношение с другими органами, связь строения с функцией, определение гомологичных и аналогичных органов, рудиментарных органов и атавизмов (лат. atavus –предок).

Эмбриологический метод – изучает этапы эмбрионального развития и выявляет черты зародышевого сходства.

Генетический метод – проводит анализ цитогенетических особенностей вида, изучает разнообразие и распространение мутаций,

их значение в эволюции. Изучение хромосомного материала *цитогенетическим методом* позволяет не только сопоставлять хромосомы разных видов современных приматов и человека, а также изучать хромосомный полиморфизм современного человека, но и решать некоторые вопросы эволюции.

Однако между эволюцией структуры генома в виде накопления генных мутаций и морфофизиологической эволюцией часто нет прямой зависимости. Это может быть связано с тем, что в формировании практически всех сложных фенотипических признаков принимают участие различные генные системы. Таким образом, скорость эволюции белков у двух разных родственных видов может быть одинакова, а скорость эволюции в целом, оцененная по комплексу фенотипических признаков, при этом оказывается различной. Сравнение аминокислотных последовательностей белков шимпанзе и человека привело к выводу, что около 99% их белков абсолютно идентичны.

Эволюция генов и белков часто может опережать реальное расхождение популяций, в первую очередь за счет адаптивного генетического полиморфизма. Однако молекулярно-биологические методы применимы для оценки родства и времени дивергенции в качестве приблизительных «молекулярных часов» при сравнении средних скоростей замен нуклеотидов в ДНК в целом и аминокислот во многих белках за длительные интервалы времени. Гибридизация ДНК человека и шимпанзе показала, что момент дивергенции их эволюционных ветвей наступил 6,5-7 млн. лет назад (рис. 1).

Биомолекулярный подход – один из путей определения эволюционных расстояний, который работает наряду с классическими методами палеонтологии и антропологи, причем в результатах при этом возможны серьезные расхождения.



Рис. 1. Среднее время дивергенции высших приматов по часам ДНК

Выяснено, что кариотип человекообразных обезьян отличается по количеству хромосом от кариотипа человека на одну пару (23 пары хромосом человека и 24 пары шимпанзе). У человека и шимпанзе идентичны 13 пар хромосом. Хромосома 2-й пары человека точно соответствует двум соединенным хромосомам шимпанзе, а остальные хромосомы отличаются друг от друга незначительно. Так, хромосома 5-й пары шимпанзе соответствует такой же хромосоме человека, но небольшой ее перицентрический участок инвертирован на 180° по сравнению с человеческой хромосомой. Инверсии такого рода обнаружены в кариотипах человека и шимпанзе еще в восьми хромосомах. Эти данные вместе с указаниями на сходство белков человека и шимпанзе свидетельствуют об их значительной эволюционной близости. Между эволюцией структуры генома в виде накопления генных мутаций и морфофизиологической эволюцией часто нет прямой зависимости (рис. 2).

Сопоставление кариотипов людей, происходящих из разных популяций, приводит к выводу о полиморфизме хромосом, в первую очередь по размерам гетерохроматиновых участков. Наследуемость индивидуальных вариаций хромосом и их неравномерное распределение в разных популяциях (в частности, расовые различия по размерам длинного плеча Y-хромосомы) делают возможным *популяционно-цитогенетический подход* в изучении эволюции современного человека.

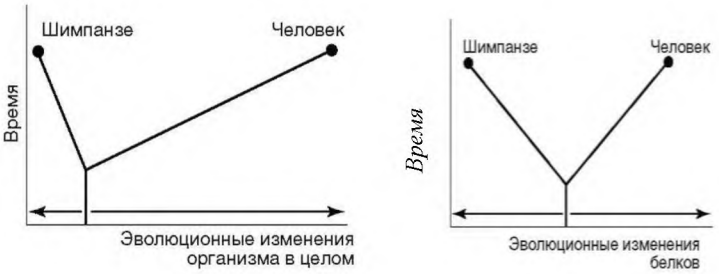


Рис. 2. Соотношение скорости морфофизиологической и молекулярной эволюции:
(а) и молекулярной; (б) эволюции

Биохимический метод – сравнивает группы крови, состав белков крови и др. биомолекул, тем самым подтверждает выводы систематики об эволюционном происхождении современного человека. В антропологии применяют несколько методов оценки степени дифференцированности таксонов, дополняющих друг друга: гибридизация ДНК, определение аминокислотных последовательностей белков, изучение генов гистосовместимости и т.д. Наиболее достоверные данные получены путем *гибридизации ДНК,* так как скорость эволюции ДНК в целом более постоянна, чем скорость изменения белков. Гибридизация ДНК показала, что момент дивергенции эволюционных ветвей человека и шимпанзе наступил 6,5-6,7 млн. лет назад.

Иммунологический метод – используя специальные методы биохимического анализа, выявляет «кровное родство» различных групп. Для определения прямого родства организмов друг с другом используют *иммунологический метод,* основанный на изучении иммунологических реакций антиген – антитело. Его можно применять для изучения степени родства не только современного человека с человекообразными обезьянами, но и ныне живущих видов с ископаемыми. Для этого следовые количества белка, извлекаемые из костей ископаемых форм, используют для получения антител, которые и применяют в иммунных реакциях с белками современных видов. Из современных человекообразных обезьян к человеку иммунологически наиболее близок шимпанзе, наиболее далеко от человека отстоит орангутанг.

Иммунологическим методом было обнаружено, что белки рамапитека, человекообразной обезьяны Южной Азии (абсолютный возраст 13 млн. лет), более сходны с белками орангутанга, чем человека и шимпанзе. Эти данные вместе с результатами морфологических и палеонтологических сопоставлений заставили отказаться от представления о том, что рамапитек является прямым предком человека, и связать его с эволюционной линией орангутанга. Из этого следует, что разделение человеческой линии эволюции с африканскими человекообразными обезьянами произошло значительно позже, чем 13 млн. лет назад.

Экологический метод – изучает условия существования и совершенствование адаптаций рас и народностей вида HOMO SAPIENS, процессы возникновения и направленность приспособлений.

Контрольные вопросы

1. Какое строение человека считают «нормальным»?
2. Какие методы изучения строения человека вы знаете?
3. Раскройте понятие зависимости времени девергенции высших приматов по часам ДНК.
4. В чем суть проведения биохимического метода происхождения человека?
5. Перечислите науки, изучающие происхождение человека.
6. Что изучает анатомия и физиология человека?

Занятие 2. Место человека в органическом мире. Черты сходства и отличия человека и животных

Цель занятия – изучить основные черты сходства и отличия человека и животных. Рассмотреть место человека в органическом мире

К. Гален (130-200 гг. н.э.) признал, что человек близок к животным на основе вскрытия низших обезьян.

К. Линней (1707-1778 гг.) впервые отвел место человеку в отряде приматов класса млекопитающих и дал ему видовое название ***HOMO SAPIENS*** человек разумный. Показал сходство строения организма и морфологии обезьян и человека, выделил отряд Приматов, отнеся туда обезьян, полу обезьян, род человека.

Вид ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ – ***HOMO SAPIENS***
Род ЧЕЛОВЕК
Семейство ГОМИНИДЫ
Надсемейство ВЫСШИЕ УЗКОНОСЫЕ ОБЕЗЬЯНЫ /гоминоиды
Секция УЗКОНОСЫЕ
Подотряд ОБЕЗЬЯНЫ
Отряд ПРИМАТЫ (Primates – князья)
Класс ЗВЕРИ/МЛЕКОПИТАЮЩИЕ – MAMMALIA
Подтип ПОЗВОНОЧНЫЕ – VERTEBRATA
Тип ХОРДОВЫЕ – CHORDATA
Подцарство МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ
Царство ЖИВОТНЫЕ

Человек как биологический вид относится к отряду приматов (рис. 3).

Идею родства человека и обезьян поддерживали – И. Кант, Д. Дидро, А.Н. Радищев, Ж.-Б. Ламарк.

Считают, что первая гипотеза антропогенеза была сформулирована Ламарком – обозначив последовательность этапов эволюционных превращений, указал на значение перехода с древесного существования на жизнь на земле двуногих обезьян. Ламарк описал изменения скелета и мускулатуры в связи с прямохождением. Однако движущие силы эволюции определил неправильно. На рисунке 3 представлено место человека в отряде приматов.

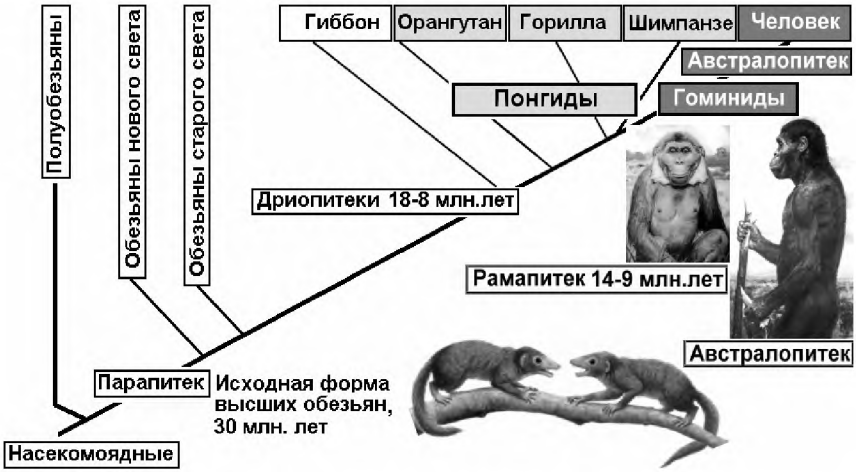


Рис. 3. Место человека в отряде приматов

В основе современных представлений о происхождении человека лежит концепция, в соответствии с которой человек вышел из мира животных, причем первые научные доказательства в пользу этой концепции были представлены Ч. Дарвином в его труде «Происхождение человека и половой отбор» (1871).

Черты, присущие типу *Хордовые:*

а) билатеральная (двусторонняя) симметрия в строении тела,

б) наличие в зародышевом развитии хорды и жаберных щелей в полости глотки;

в) расположение нервной системы в форме дорсальной трубки.

Для человека характерны все черты подтипа *Позвоночные* (Черепные):

а) наличие внутреннего осевого скелета, основой которого является развитый позвоночный столб, с передним концом которого сочленена черепная коробка, а также наличие двух пар конечностей;

б) центральная нервная система имеет вид трубки, переходящей в головной мозг, который состоит из 5 отделов;

в) сердце развивается на брюшной стороне тела.

Для человека характерны все черты класса *Млекопитающие*:

а) живорождение и вскармливание молоком, наличие молочных желез, волосяного покрова;

б) теплокровность и обилие потовых желез для обеспечения терморегуляции;

в) разделение полости тела диафрагмой на брюшной и грудной отделы;

г) наличие 4-камерного сердца, левой дуги аорты, отсутствие в зрелых эритроцитах ядер;

д) дыхательная система представлена легкими, трахеей, бронхами, альвеолами;

е) наличие всех костей, характерных для млекопитающих. У человека нет ни одной лишней кости, которая бы отсутствовала у млекопитающих. В скелете имеется 7 шейных позвонков, 2 мыщелка затылочной кости и 3 слуховых косточки, характерные для млекопитающих;

ж) наличие молочных и постоянных зубов трех типов;

з) проявление атавистических признаков, наличие рудиментарных органов (мышцы, приводящие в движение ушную раковину, отросток слепой кишки, третье веко глаза и другие).

Для человека характерны все черты подкласса *Плацентарные:*

а) наличие плаценты;

б) вынашивание плода внутри тела матери и питание его через плаценту;

Для человека характерны все черты отряда *Приматы*:

а) наличие одной пары грудных молочных желез;

б) концы пальцев (концевые фаланги) имеют ногти, а ладони покрыты узорами;

в) противопоставление большого пальца передней конечности остальным, что обеспечивает брахиацию (использование конечностей для хватательных движений);

г) наличие менструального периода и беременности длительностью в 9 месяцев;

д) антигены системы АВО человека и человекообразных обезьян сходны. Группы крови А (II) и В (III) обнаружены у всех человекообразных обезьян, группа О (I) лишь у шимпанзе. По существу, кровь шимпанзе и гориллы можно переливать человеку;

е) наличие сходства в количестве и строении хромосом. Для человека характерны 23 пары хромосом, для человекообразных обезьян – 24 пары, из которых 13 пар по своему строению одинаковы в обоих случаях;

ж) наличие значительной гомологии ДНК человека с ДНК обезьян. Например, гомология ДНК человека и шимпанзе составляет 91-92%, человека и гиббона - 76%, а человека и макаки-резус – всего лишь 66%;

з) одинаковая чувствительность человека и человекообразных обезьян к возбудителям одних и тех же болезней и сходство клинического проявления последних;

и) сходство между генами, контролирующими синтез белков у приматов. Это сходство устанавливают на основе структуры белков, контролируемых этими генами. Например, в клетках всех организмов, дыхание которых связано с использованием кислорода, синтезируется *цитохром С* (белок-переносчик электронов в митохондриях). Этот белок представляет собой сложную молекулу, состоящую примерно из 100 аминокислот. Человек отличается от других приматов всего лишь одной аминокислотной заменой.

В случае α-гемоглобина человека и гориллы имеется лишь одно различие в последовательности аминокислот, тогда как человека и лошади – 18 различий, человека и карпа – 71 различие. Между человеком и шимпанзе имеется исключительное сходство по строению белков (различие по 44 функциональным белкам не превышает 1%).

Отличия человека от животных

Анаксагор (500-428 гг. до н. э.) и Сократ (469-399 гг. до н. э.) считали, что специфическим признаком человека является наличие руки, которая выделила человека из всего мира. Называя человека «животным общественным», Аристотель ссылался на такие отличия, как двуногое хождение, больший по величине мозг, способность к речи и мышлению. Позднее К. Линней в качестве специфических отличий человека от обезьян называл речевую способность, а также способность накапливать и передавать в поколениях опыт, письменность, печать. По этой причине он и называл человека разумным. А. Н. Радищев обращал внимание на такие отличительные свойства человека, как способность к прямохождению, наличие рук, речи, разума.

Современные представления относительно *отличий* человека от животных:

- способность человека к *абстрактному мышлению;*

- средняя масса мозга человека составляет 1350-1500 г, тогда как гориллы и шимпанзе – всего лишь 460 г. Масса мозга человека составляет в средним около 1/40 общей массы тела, тогда как у обезьян – 1/60 – 1/200 Поверхность мозга человека составляет около 1200 $см^2$, шимпанзе – 400 $см^2$.

- особенности челюстей, а также строение и расположение зубов;

- дифференцировка верхних и нижних конечностей;

- характерные изгибы позвоночника;

- широкий таз;

- хождение на двух конечностях (к двуногой локомоции);

- мощными являются кости, причем *самой мощной является бедренная кость,* выдерживающая нагрузку до 1650 кг;

- исключительное развитие получила дифференциация кисти, обеспечивающая хватательные движения, значительные размеры приобрел первый палец;

- глаза в передней части головы человек обладает бинокулярным зрением, которое позволяет ему различать (видеть) предметы в трех измерениях;

- рассудочная деятельность, имеющаяся у многих видов животных, у человека достигает наивысшего развития, ибо он обладает *сознанием*, способностью к абстрактному мышлению;

- общение с помощью речи (2-й сигнальной системы) и абстрактных *символов* (письма), а также к передаче и восприятию информации;

- человек создал культуру, стал производить орудия труда для воздействия на природу, развил технологию, создал города, литературу, музыку и т. д.,

- являясь социальным существом, человек способен думать о прошлом, анализировать прошлое и планировать будущее. Этими свойствами животные не обладают.

Этапы антропогенеза

Филогенез человека представляют собой не последовательные степени, а параллельные ветви эволюции, характеризующиеся глубоким расхождением соответствии с которым предками человека были обезьяноподобные существа.

Условно филогенез человека можно представить в виде ряда стадий:

Человекообразные обезьяны – гоминиды давшие начало *дриопитекам* (25 млн. лет) – рамапитеки

Предшественник - предки рода Homo, представляющие собой ископаемых обезьянолюдей (австралопитеков) – *Homo habilis* (3 млн.)- человек умелый.

Архантропы – древнейшие люди, представленные ископаемыми остатками питекантроп, синантроп = *Homo erectus* (1,5 млн.) – человек прямоходящий

Палеантропы – древние люди – неандертальцы, возможно непосредственные предки. Представлены ископаемыми останками H.s. neanderthalensis

Неоантропы – ископаемые формы – кроманьонцы (100-200 тыс.), связанные с культурами позднего палеолита (*Homo sapiens fossilis*) и ныне живущие формы (*Homo sapiens ricens*). На рисунке 4 представлена схема возможного филогенеза человека.

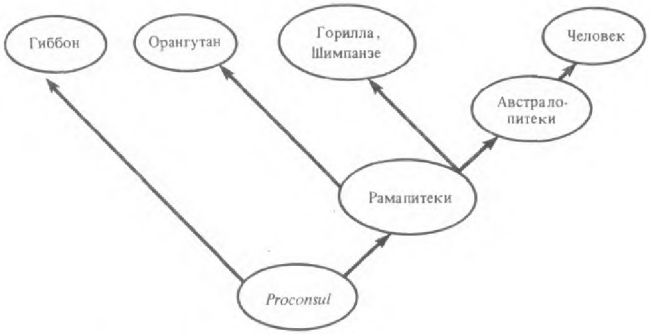


Рис. 4. Схема возможного филогенеза человека.

В мезозойской эре, в триасе (230 млн. лет назад), возникли первые млекопитающие, в дальнейшем превратившихся в насекомоядные мелкие зверки – тупайя, предков современных приматов.

В олигоцене (40 млн. лет назад) приматы разделились на 3 группы: н/сем Широконосые обезьяны Нового света – игрунки, капуцины; н/сем. Узконосые обезьяны Старого света – макаки и павианы; н/сем. Гоминоиды.

В н/сем. Гоминоиды выделились 2 семейства – *понгид* (высшие человекообразные обезьяны) и г*оминид* (ветвь человека) развилась в направлении приспособления к наземному образу жизни (рис. 5).

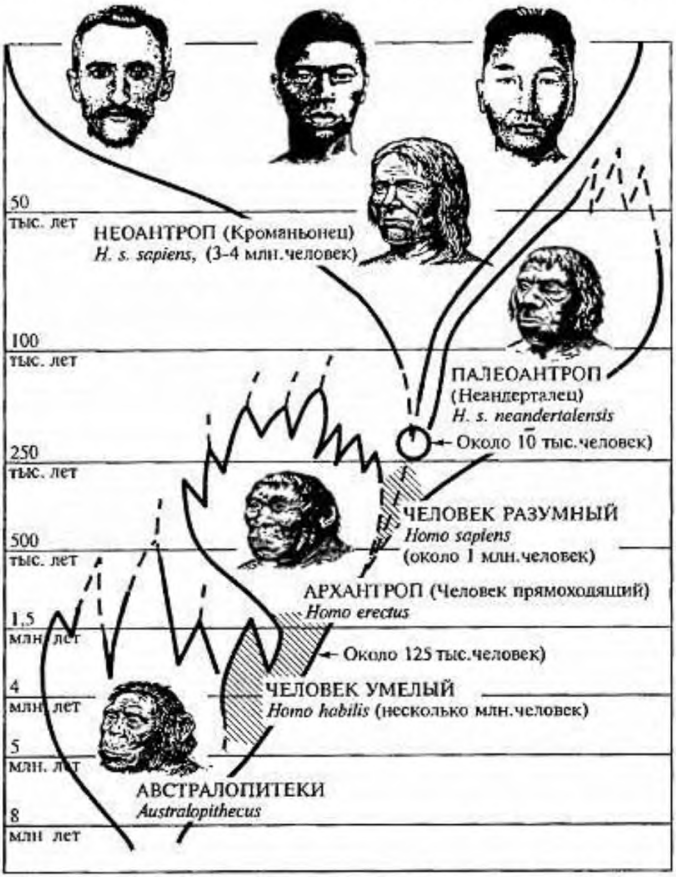


Рис. 5. Филогенетическое древо рода Homo и его ближайших предков

Рамапитеки (Индия) представитель *дриопитеков*, жили 12-14 млн. лет назад – рост 1 м., некрупные клыки, возможно ходили на задних ногах и имели свободные руки.

Австралопитеки – возраст 3-2,5 млн. лет назад, предки рода Homo, представляющие собой ископаемых обезьянолюдей (австралопитеков) – *Homo habilis* – человек умелый. Австралопитеки – сравнительно крупные, приблизительная масса 20-65 кг, рост 100-150 см, ходили на коротких ногах при выпрямленном положении тела. У них изменились пропорции туловища и конечности, получили мощное развитие мышцы ягодиц, положение затылочного отверстия было сходно с таковым человека, что также говорит о выпрямленном положении тела. Масса мозга 450 - 550 г (средняя масса мозга горилл 460 г). Австралопитеки – обитатели открытых пространств. Слабое развитие клыков согласуется с предположением, что функции нападения и защиты у них должны были перейти к свободным рукам. Австралопитеки широко использовали такие ударные орудия как палки, камни, кости копытных. Человек умелый был широко распространен не только в Африке, но и в Азии, примитивные грубые галечные орудия найдены недавно в Горном Алтае и Якутии, их возраст до 1 млн. 400 тыс. лет. Считают, *Homo habilis* – человек умелый является творцом ранней примитивной галечной культуры каменного века.

Архантропы 1,5-1,9 млн. лет назад появились древнейшие люди *Homo erectus* – человек прямоходящий . Это *питекантропы,* синантропы, гейдельбергский человек и другие формы (рис. 6). Человек прямоходящий (питекантроп) отличался относительно высоким ростом, прямой осанкой, человеческой походкой. Средний рост синантропов составлял около 150 см у женщин и 160 см у мужчин. Питекантропы Явы достигали 175 см. Рука была более развитой, а стопа приобрела небольшой свод. Кости ног изменились, бедренный сустав сдвинулся к центру таза, позвоночник получил некоторый изгиб, что уравновешивало вертикальное положение туловища. Исходя из этих прогрессивных изменений в телосложении и росте древнейший человек и получил свое название – человек прямоходящий. Отличался от современного человека некоторыми существенными чертами: низким покатым лбом с надглазничными валиками, массивной, со скошенным подбородком и выступающей челюстью, плоским небольшим носом.



Рис.6. Человек прямоходящий (питекантроп)

Объем мозга составлял 800-1400 см^3, наиболее развиты были доли мозга, управляющие высшей нервной деятельностью. Охота – основа нового образа жизни. Коллективная охота требовала не только речевого общения, но и способствовала развитию социальной организации, которая имела явно человеческий характер, так как опиралась на разделение труда между мужчинами охотниками и женщинами - собирателями пищи. Использование огня стало огромным завоеванием древнейшего человека.

Прародина человечества. В пользу африканской прародины человечества свидетельствуют многочисленные находки на юге и на востоке Африки очень древних (до 5,5 млн. лет назад) остатков австралопитековых, человека умелого и древнейших каменных орудий. В пользу Южно-Азиатской прародины говорят находки дриопитеков и рамапитеков в Индии и Пакистане, остатки ископаемых человекообразных обезьян, близких к австралопитекам, обнаруженные в Южном Китае и на севере Индии, а также останки древнейших людей – питекантропов и синантропов.

Вместе с тем находки ископаемых остатков древнейших людей, сделанные в Германии, Венгрии, Чехословакии, свидетельствуют пользу включения юга Европы в границы расселения древнейших людей.

Палеантропы – древние люди, представлены ископаемыми останками *H.s. neanderthalensis* (рис. 7).

Около 300 тыс. лет назад на территории Старого Света появились древние люди. Их называют неандертальцами, так как впервые остатки людей этого типа были найдены в ФРГ в долине Неандерталь вблизи Дюссельдорфа. Они характеризуются низким покатым лбом, мощным надглазничным валиком, сильно выступающим вперед лицом, отсутствием подбородочного выступа, крупными зубами. Рост их достигал 156-165 см, мускулатура была необычайно развита, на что указывает массивность костей скелета; крупная голова как бы втянута в плечи.

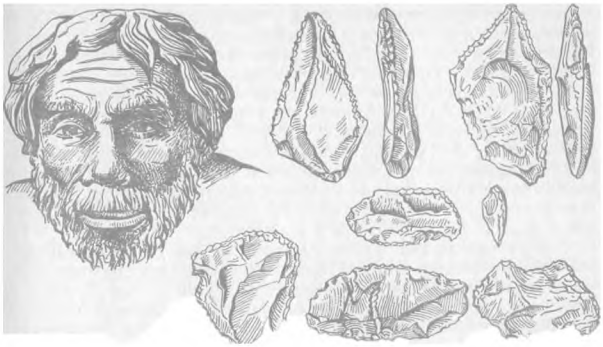


Рис. 7. Неандерталец – *Homo neanderthalensis*

Ранние неандертальцы произошли от одной из популяций Homo erectus человека прямоходящего 300-250 млн. лет назад. Классические поздние неандертальцы жили 60-50 тыс. лет назад.

Неоантропы – ископаемые формы, связанные с культурами позднего палеолита (*H. sapiens fossilis*) и ныне живущие формы (*H. sapiens ricens*) Неоантропы – люди современного физического типа. Возникновение людей современного физического типа, сменивших древних людей, произошло относительно недавно, около 40 тыс. лет назад. Остатки ископаемых людей современного физического типа обнаружены в Европе, Азии, Африке, Австралии.

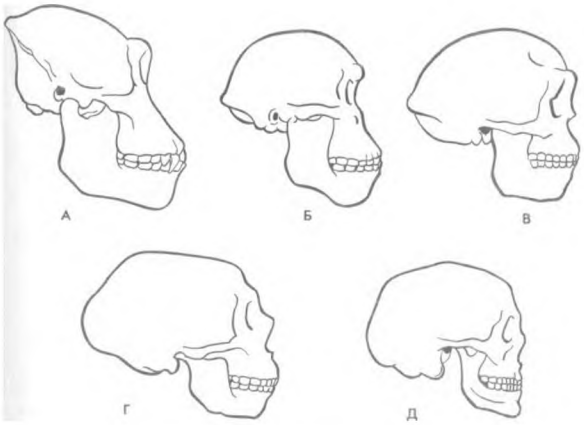


Рис. 8. Сравнение черепов
А – гориллы, Б – питекантроп, В – синантроп, Г – неандерталец, Д – человек современного типа.

У кроманьонцев был высокой лоб, отсутствовал массивный надглазничный валик. Нижняя челюсть имела такой же, как у нас, подбородочный выступ. Этот признак связывают с развитием речевого аппарата. Объем мозга (1800 $см^3$) в основном не превосходил объем мозга неандертальца, но строение его было более совершенным, сильнее были развиты лобные доли. Кости скелета менее массивные и более тонкие, чем у неандертальца. У них вполне сформировались прямая походка, рост 180 см и современная человеческая рука (рис. 8).

Возникнув в Передней Азии, люди современного типа широко расселились по Ойкумене. Одна ветвь расселения людей была направлена в Юго-Восточную, Восточную, Северо-Восточную Азию, Австралию, Океанию. Воспользовавшись возникшим 40-50 тыс. лет назад Берингийским мостом - перешейком суши между Северной Америкой и Северной Азией, эта ветвь проникла в Новый Свет – сначала в Северную, затем в Южную Америку. Так образовалась азиатско-американская (монголоидная) раса.

В другом направлении расселение людей шло на юг – в Африку, где сформировалась экваториальная (австрало-негроидная) раса. Третье направление – в Европу и Западную Азию – дало начало формирования европеоидной расе (рис. 9).

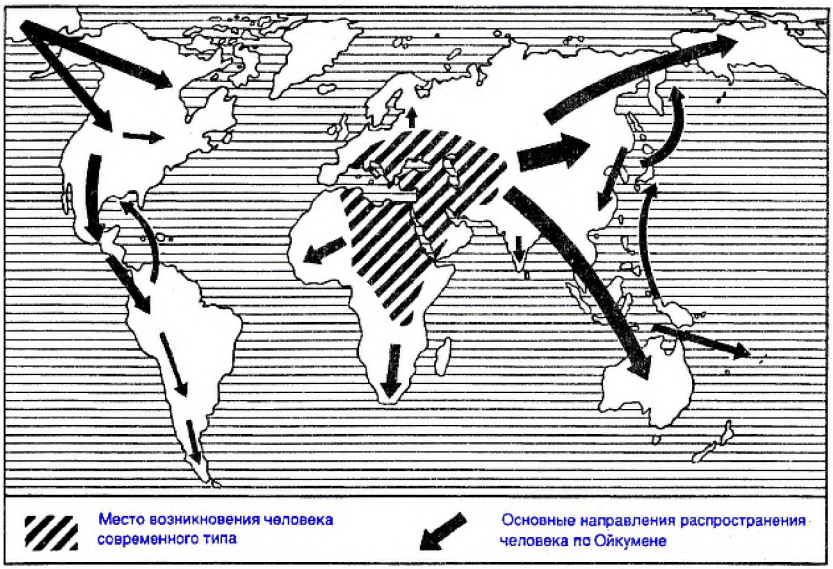


Рис. 9. Распространение человека по Ойкумене
(около 50 тыс. лет назад)

Ойкумена –- совокупность областей Земли, заселенных человеком. С момента возникновения *H. sapiens* социальное в человеке стало его сущностью, а биологическая эволюция видоизменялась, проявилась в возникновении широкого генетического полиморфизма (расогенез)

Генетическое разнообразие на уровне генов и в меньшей степени хромосом обеспечивает разнообразие генотипов особей. Разнообразные генотипы по-разному проявляются в меняющихся условиях среды, давая огромное фенотипическое многообразие людей. В основе морфофизиологического полиморфизма человечества лежат полиморфизм наследственного материала на уровне генома и модификационная изменчивость. Эти факторы обеспечивают не только индивидуальное морфофизиологическое многообразие, но и внутривидовую групповую дифференциацию человечества на расы и адаптивные экологические типы. Применение методов молекулярной антропологии в значительной степени изменило представление о расах и расогенезе.

Морфологические и в меньшей степени физиологические признаки дают возможность выделить внутри человечества *три основные большие расы:* европеидную, австрало-негроидную и монголоидную.

Негроиды темнокожи, для них характерны курчавые или шерстистые темные волосы, толстые губы, очень широкий и плоский нос, очень крупные зубы, карие или черные глаза, длинная голова, редкая растительность на лице и теле, узкий таз, большие ступни. Для женщин характерны груди конической формы и маловыпуклые ягодицы. Люди, принадлежащие к этой расе, занимают практически весь экваториальный пояс от Африки до островов Тихого океана. К этой расе принадлежит население Африки, а также негрито (пигмеи), океанические негроиды (меланезийцы), южноафриканские бушмены и готтентоты.

Монголоиды смуглокожи, обладают желтой или желто-коричневой кожей. Для них характерны прямые жесткие иссиня-черные волосы, плоское крупное скуластое лицо, узкие и слегка раскосые карие глаза со складкой верхнего века (третьим веком или эпикантусом) во внутреннем углу глаза, плоский и довольно широкий нос, редкая растительность на лице и теле. Люди, принадлежащие к этой расе, занимают Восточную Сибирь и Монголию, Дальний Восток, Центральную и Юго-Восточную Азию.

Смешанную монголоидную расу представляют индонезийцы и американские индейцы.

Часто в виде отдельной расы выделяют австралоидов, которые почти так же темнокожи (их кожа имеет шоколадный цвет), как и негроиды, но для них характерны темные волнистые волосы, крупная голова и массивное лицо с очень широким и плоским носом, выступающим подбородком, значительный рост волос на лице и теле. Австралоиды являются аборигенами Австралии. Однако австралоидов часто считают негроидами.

Иногда выделяют американоидов, для которых характерны смуглая кожа, скуластое лицо, достаточно выступающий нос и эпикантус, иссиня-черные волосы. Однако часто американоидов относят к монголоидам. Европеоиды светлокожи, имеют прямые или волнистые светло/темно-русые мягкие/средней жесткости волосы, серые-зеленые-карие-зеленые широко открытые глаза, узкий выступающий нос, умеренно развитый подбородок, широкий таз, нетолстые губы, обильный волосяной покров тела и лица.

В рамках каждой большой расы выделяются отдельные антропологические типы с устойчивыми комплексами признаков, называющиеся *малыми расами.* Существует три основных подхода к классификации рас: без учета их происхождения, с учетом происхождения и родства и на основе популяционной концепции. В соответствии с первым подходом три большие расы включают в себя 22 малые, причем между большими расами располагаются по две переходные малые. Схема расовой классификации изображается при этом в виде круга (рис. 10).

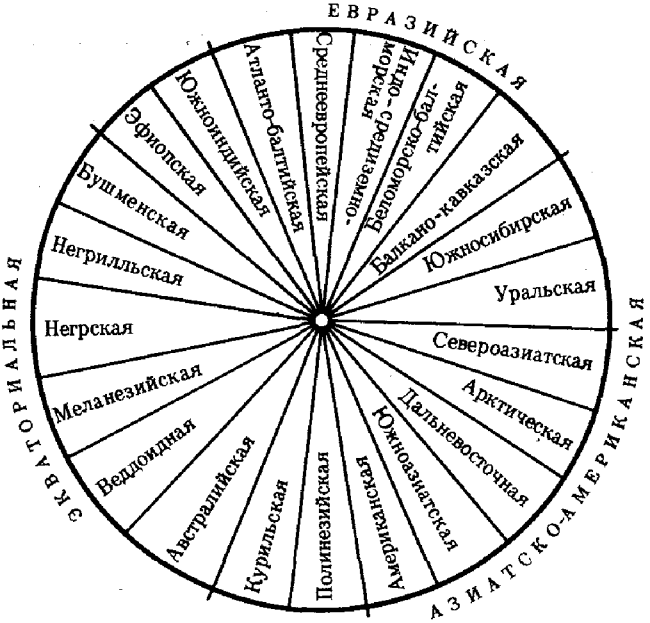


Рис. 10. Расовая классификация человечества
без учета происхождения рас

Несмотря на то, что при такой классификации не учитывается происхождение рас, само существование малых переходных рас, сочетающих в себе одновременно признаки двух больших рас (эфиопская, южносибирская, уральская и т.д.), свидетельствует, с одной стороны, о динамизме расовых комплексов признаков, а с другой – об условности членения человечества даже на большие расы.

Гибридизация ДНК между большими выборками представителей малых рас в рамках одной большой показала высокую степень гомологии нуклеотидных последовательностей. Гибридизация ДНК представителей пар разных больших рас выявляет их значительную отдаленность друг от друга. Изучение гомологии нуклеотидных последовательностей западных европеоидов и представителей малой уральской расы и центрально-азиатских монголоидов с той же самой уральской расой дает среднее значение. Эти данные свидетельствуют о том, что переходные малые расы совмещают в себе не только морфологические признаки в соответствии с их промежуточным положением, но оказываются промежуточными и в отношении генетическом. Из этого следует, что они либо гибридогенны, либо сохранили в своей организации более древние черты, характерные для этапа существования человечества, предшествующего формированию больших рас. Различия между расами касаются лишь второстепенных признаков, обычно связанных с частными приспособлениями к конкретным условиям существования. По массе же мозга различия между отдельными территориальными группами оказываются большими, чем между разными большими расами (так, например, средняя масса мозга русских и украинцев 1391 г, а бурятов – 1508 г).

Эти данные свидетельствуют о том, что *биохимический полиморфизм человека* эволюционно возник раньше и развивался дольше по сравнению с возникновением комплексов расовых признаков. Из этого следует, что расы не представляют собой особых изолированных групп людей, характеризующихся наборами специфических генов. Расовые же характеристики являются не более чем отдельными проявлениями общего генетического полиморфизма, выражающегося в первую очередь в сложных морфологических признаках. Некоторые из них адаптивны, другие сформировались на основе коррелятивной изменчивости, но все они касаются лишь ряда второстепенных особенностей (цвета кожи, волос, глаз и т.д.) и не затрагивают таких общечеловеческих признаков, как морфология головного мозга, а также строение и функции руки как органа труда.

Экологическое разнообразие современного человека

Адаптации человека к среде, проявляются в основном на социальном уровне, однако человечество на ранних этапах эволюции

подвергалось непосредственному действию биотических и абиотических экологических факторов в значительно большей степени по сравнению с современной эрой научно-технического прогресса. Комплексы таких факторов имели разнонаправленное действие на человеческие популяции. В результате в разных климатогеографических зонах сформировались разнообразные адаптивные типы людей.

Адаптивный тип представляет собой норму биологической реакции на комплекс условий окружающей среды и проявляется в развитии морфофункциональных, биохимических и иммунологических признаков, обеспечивающих оптимальную приспособленность к данным условиям обитания (рис. 11).

В комплексы признаков адаптивных типов из разных географических зон входят *общие* и *специфические* элементы. К первым относят, например, показатели костно-мускульной массы тела, количество иммунных белков сыворотки крови человека. Такие элементы повышают общую сопротивляемость организма к неблагоприятным условиям среды. Специфические элементы отличаются разнообразием и тесно связаны с преобладающими условиями в данном месте обитания – гипоксией, жарким или холодным климатом. Именно их сочетание служит основанием к выделению адаптивных типов: *арктического, тропического, зоны умеренного климата, высокогорного, пустынь* и др.

Морфологические и физиологические особенности человека, т. е. его конституция и функциональная активность давно представляют всеобщий интерес, который восходит к далекому прошлому. Еще великий врач древности *Гиппократ* различал сильную, плотную, влажную и жировую конституцию человека, причем считал, что люди разных конституциальных типов склонны и к разным болезням.

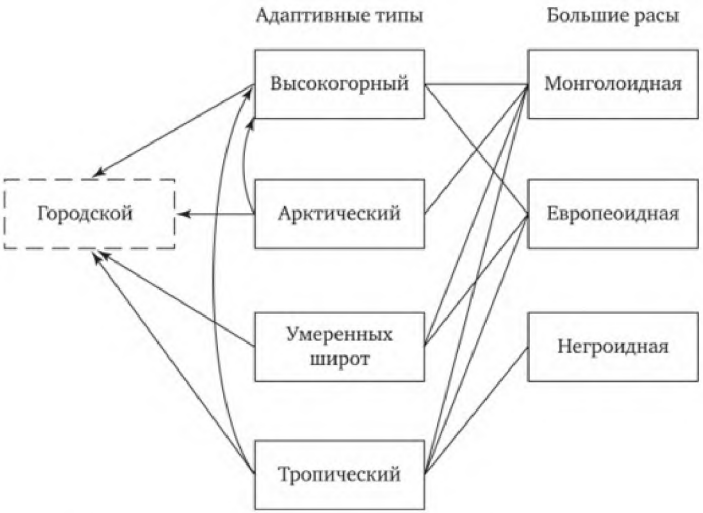


Рис.11. Адаптивные типы человека и большие расы

Позднее Клавдий Гален (II в. до н.э.) выделял четыре конституциальных типа людей, связывая каждый тип с определенным характером движения «соков» в организме. В частности, он различал такие «соки» как *sangua* – (кровь), *phlegma* (холодная слизь), chole(желчь), *melan chole* (черная желчь). Преобладание в организме того или иного «сока» определяло тип темперамента людей. В анатомии имеются понятия о типах телосложения. Телосложение определяется генетическими (наследственными) факторами, влиянием внешней среды, социальными условиями. Выделяют три анатомических типа телосложения человека: мезоморфный, брахиморфный и долихоморфный (рис. 12). При мезоморфном (от греч. *mesos* – средний, *morphe* – форма, вид) типе телосложения (нормостеники) анатомические особенности строения тела приближаются к усредненным показателям нормы (с учетом возраста, пола). Лица брахиморфного (от греч. *brachys* – короткий) типа телосложения (гиперстеники) имеют низкий рост, широкое туловище, склонны к полноте. Диафрагма у них расположена высоко, сердце лежит на ней почти поперечно, легкие короткие, мышцы развиты хорошо. У лиц долихоморфного типа телосложения (от греч.

dolichos – длинный) высокий рост, длинные конечности. Мускулатура развита слабо. Диафрагма расположена низко, легкие длинные, сердце расположено почти вертикально.

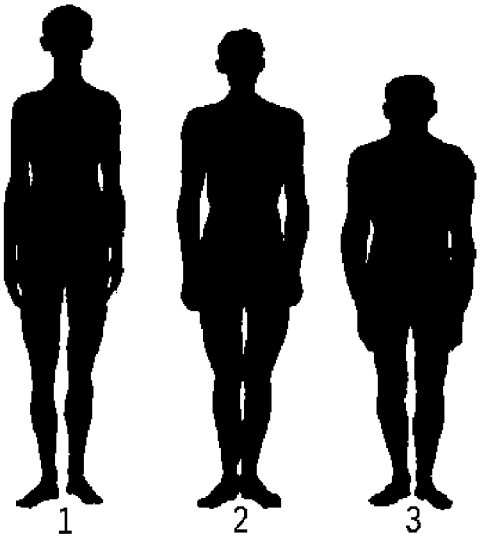


Рис. 12. Классификация типов телосложения
1 – астеник (Долихоморфный тип); 2 – нормостеник (Мезоморфный тип); 3 – гиперстеник (Брахиморфный тип)

В начале XX в. французский врач Сиго на основе учета характера питания, дыхания, движения и нервных реакций предложил выделять четыре конституциональных типа – *церебральный, дигестивный, мышечный и респираторный*.

К церебральному типу он относил людей с относительно крупной головой и удлиненной грудной клеткой. К дигестивному типу были отнесены люди с большим животом, короткой и широкой грудной клеткой, развитыми челюстями. К мышечному типу были отнесены люди с развитой мускулатурой, широкими плечами, длинными конечностями. Наконец, респираторный тип по этой классификации был представлен людьми с развитой грудной клеткой и носовой полостью, с длинной грудной клеткой и длинными конечностями. В 20-30 гг. нашего века немецкий врач Кречмер определил три конституциональных типа – *астенический, пикнический и атлетический*. Астенический тип – люди с утолщенной грудной клеткой, узкими плечами, отсутствием жировых отложений, резкими

переменами настроения. Пикнический тип – люди с большими размерами головы, груди и живота, плотной фигурой, склонностью к ожирению, к плавной смене настроения. Атлетический тип представлен людьми, для которых характерны массивный грудной отдел скелета, широкие плечи, хорошо развитые мышцы, медленная (постепенная) смена настроения (рис. 13).

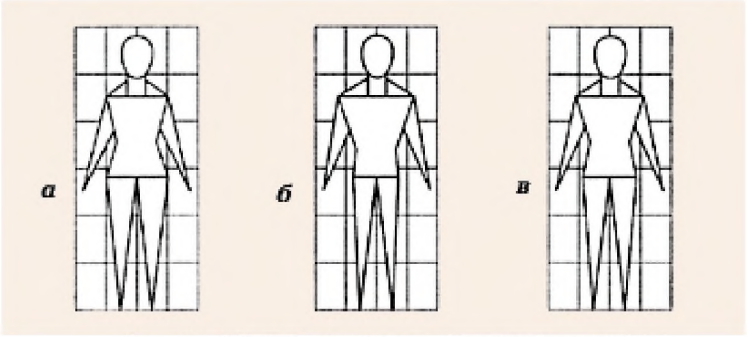


Рис. 13. Конституционные типы телосложения:
а – дигестивный тип; б – мышечный тип; в -респираторный тип

Выделение конституциональных типов людей не потеряло своего значения и в наше время. В зависимости от целей типизации используют каждую из названных выше классификаций. С генетической точки зрения можно сказать, что конституциональный тип того или иного индивида есть категория фенотипическая, являющаяся результатом взаимодействия генотипа и среды.

Человечество чрезвычайно расселено по земному шару, занимая районы, различающиеся по климату, ландшафту, геохимическим и другим особенностям. Между тем действие климатических особенностей, а также влияние гравитации, электромагнитного поля, радиации, патогенных организмов и других факторов сопровождается географической изменчивостью морфологических и физиологических свойств людей. Приуроченность этих свойств к определенным территориям свидетельствует о географической (экологической) изменчивости современного человека. В контексте этой изменчивости различают арктические, высокогорные и тропические группы людей, а также группы людей, проживающих в условиях умеренного климата.

Население арктических групп (эскимосы, чукчи и др.) представлено людьми в основном мускульного типа с повышенной массой тела и цилиндрической грудной клеткой. Все члены этих групп характеризуются также повышенным уровнем основного обмена, поглощения кислорода, энергетических процессов. У индивидов большинства арктических групп отмечается высокое содержание холестерина в крови. Однако жители континентальных районов Сибири, по сравнению с аборигенами Арктики, чаще принадлежат к астеническому и пикническому типам телосложения. Они характеризуются относительной коротконогостью и длиннорукостью, более плоской грудной клеткой, увеличением жирового компонента тела. Для них характерна более высокая, по сравнению с жителями умеренных районов, теплопродукция, но одинаковый уровень холестерина в крови.

Люди высокогорных групп (горцы Кавказа, Памира и Тяньшаня, коренные жители Эфиопии и Индии, индейцы Перу и др.) характеризуются увеличенной емкостью грудной клетки и увеличением костно-мускульной массы тела. Для них характерен повышенный уровень эритроцитов (гемоглобина) и иммуноглобулинов, но пониженный уровень холестерина.

Люди тропических групп (коренные жители Африки, Австралии, Океании, Индии и Америки) характеризуются удлиненной формой тела, недостаточно развитой мускулатурой, повышенным количеством потовых желез (на 1 $см^2$ тела), усиленной теплоотдачей и пониженным уровнем энергетических процессов. Кроме того, для них характерны повышенный уровень иммуноглобулинов и пониженный уровень холестерина в крови. У коренных жителей тропических широт найден белок трансферин, регулирующий температурный режим тела. Для коренного населения пустынь характерны высокорослый тип тела, более низкое кровяное давление, повышенное содержание эритроцитов в крови.

Население зон умеренного климата по морфологическим и функциональным свойствам занимает среднее положение между жителями арктических и тропических групп. Жители умеренных зон подвержены влиянию химических свойств почвы, воды и высоты над уровнем моря. Например, минерализация их скелета зависит от содержания макро- и микроэлементов в почве и воде.

На основе зональной зависимости морфофункциональной изменчивости разных популяций человека предполагают существование адаптивных типов, которые независимы ни от расовой, ни от этнической принадлежности и определяются нормой реакции, обеспечивающей равновесие популяций со средой.

Адаптация человека к среде связана с изменением его морфологических и физиологических свойств. Поэтому одинаковые черты приспособленности к условиям тропических зон характерны как для коренных жителей Африки (негроидов), так и для европеоидов Индии, австралийцев. Единые черты приспособленности характерны также для жителей Крайнего Севера (ненцы, чукчи, эскимосы, саами). Адаптивность человека имеет исторический характер. Предполагают, что у австралопитеков приспособительные реакции заключались в адаптации их к климату тропической зоны, а у архантропов эти реакции развились в направлении формирования приспособленности к влажному тропическому и высокогорному климатам. Расселение палеантропов в Европе сопровождалось формированием адаптивного типа умеренного пояса (эпоха среднего палеолита). Арктические адаптивные типы возникли, вероятно, в эпоху верхнего палеолита. Считают, что физический тип человека не изменился за последние 35-40 тыс лет. Почти не изменился и интеллект человека. Однако экологические факторы сейчас воздействуют на человека больше, чем в прошлом веке. Поэтому современной тенденцией физического облика человека стали акселерация и секулярный тренд.

Акселерация – это ускорение роста людей и проявления их физиологических функций. Термин предложен в 1935 г. немецким врачом Е. Кохом. Примеры акселерации многочисленны.

Так, в начале века длина тела у мужчин достигала своих обычных размеров к 25-26 годам, в настоящее время – к 18-19 годам. Начало менструального цикла за последние годы сократилось с 14,5 лет до 12,5 лет. По обобщенным данным в развитых странах вес при рождении увеличился на 100-300 граммов. Половое созревание подростков происходит на 2 года раньше.

Объяснения причин акселерации весьма противоречивы. Одни специалисты считают, что основу акселерации составляют улучшение условий жизни и повышение уровня медицинского обслуживания населения. Другие же считают, что акселерации способствует

появление новых сочетаний генов. Ни одно, ни другое из этих объяснений не является убедительным. Природа акселерации остается невыясненной, но ясно, что акселерация имеет и негативные особенности. Например, среди современного населения повысилась частота близорукости, кариеса, различных неврозов и т. д.

Секулярный тренд (от лат. *Secular trend* – вековая тенденция) – это увеличение длины тела, репродуктивного периода, продолжительности жизни и других важнейших свойств человека в определенные (длительные) интервалы времени. Например, в нашей стране было отмечено увеличение длины тела на 3,5 см по сравнению с прошлым столетием. Как и природа акселерации, природа секулярного тренда также не имеет удовлетворительного объяснения.

Контрольные вопросы

1. Раскройте представления о месте человека в органическом мире.
2. Назовите ученых, поддержавших идею сходства человека и обезьян.
3. Назовите ученого который сформулировал первую гипотезу антропогенеза.
4. Перечислите общие черты человека и всех представителей типа «Хордовые».
5. Перечислите отличия человека от животных.
6. Какие этапы антропогенеза вам известны?

Занятие 3. Общий план строения организма человека. Понятие ткани, органы, системы органов, функциональные системы

Цель занятия – изучить общий план строения организма человека, рассмотреть понятие ткани, органы, системы органов и функциональные системы.

Организм (греч. *органон* или лат. *организмус* – орудие, инструмент) живое тело, живое существо, реальный носитель жизни, характеризующийся всеми её признаками; синонимы – особь, индивид.

Совокупность систем и аппаратов органов образует целостный организм человека, в котором все составляющие его части взаимосвязаны, при этом основная роль в объединении организма принадлежит нервной, сердечнососудистой и эндокринной системам. Эти системы действуют согласованно, обеспечивают нейрогуморальную регуляцию функций организма. Нервная система передает сигналы в виде нервных импульсов, а эндокринная система при этом высвобождает гормональные вещества, которые переносят кровь к органам-мишеням.

Саморегуляция физиологических функций – основной механизм поддержания жизнедеятельности организма на относительно постоянном уровне. Относительное постоянство внутренней среды у человека поддерживается нервно-гуморальными физиологическими механизмами, регулирующими деятельность сердечнососудистой и дыхательной систем, органов пищеварения, почек и потовых желез, которые обеспечивают удаление из организма продуктов обмена веществ.

В организме человека (млекопитающих) выделяют следующие отдельные ***системы органов*** (рис. 14).

- нервную, эндокринную; иммунную системы - регулирующие
- сердечнососудистую систему, лимфатическую систему
- покровы (кожа);
- органы чувств;
- опорно-двигательную систему,
- пищеварительную систему,
- дыхательную систему,

- выделительную систему,
- половую, систему.

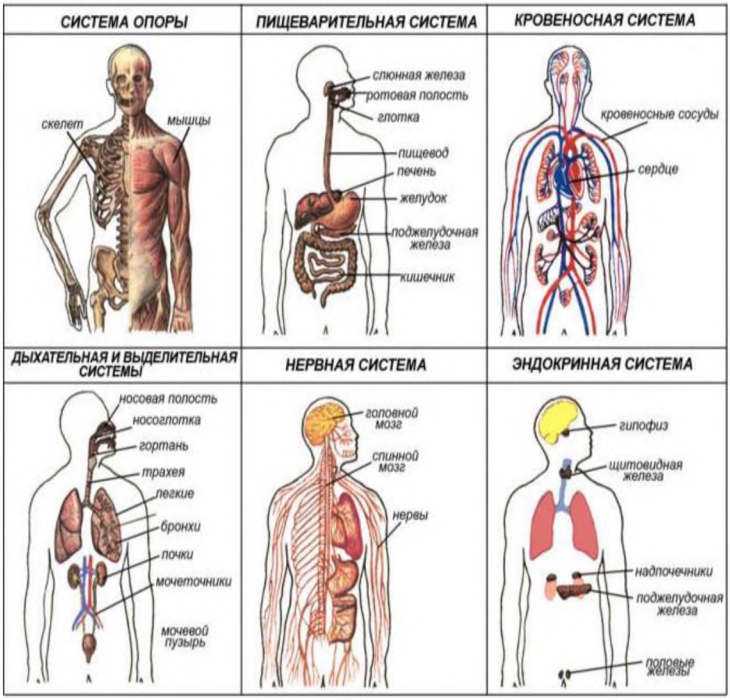


Рис.14. Основные системы органов

Орган – часть тела, имеющая определенную форму, строение и место и выполняющая одну или несколько функций. Состоит из нескольких видов тканей, но одна из них преобладает и определяет его главную функцию. Органы, расположенные в полостях организма, называются внутренними органами. Во всех органах имеются сосуды и нервы.

Система органов – органы, выполняющие однотипные функции, например, кровеносная, нервная и другие системы органов.

В теле человека выделяют также *аппараты органов.* В каждом аппарате органы объединены единой, общей функцией, но могут иметь разное происхождение и разное строение. Например, опорно-

двигательный аппарат, образованный костями и мышцами, имеющими разное происхождение и разное строение, выполняет функции опоры и движения. Системы и аппараты органов образуют целостный человеческий организм.

Функциональная система – временное объединение органов и систем органов для достижения полезного организму результата.

Пример: быстрый бег обеспечивается функциональной системой, включающей нервную, дыхательную, мышечную и другие системы органов. Теорию функциональных систем разработал П. К. Анохин.

Нервная система – это совокупность специализированных структур, объединяющих и координирующих деятельность всех органов в единый организм с постоянным взаимодействием с окружающей средой.

Значение нервной системы:

- управляет деятельностью органов и систем органов
- обеспечивает согласованность в деятельности органов; Организует целостность организма;
- ориентация в пространстве и адекватное взаимодействие с окружением в форме поведения

Эндокринная система относится к числу регуляторно-интегрирующих систем организма наряду с сердечно-сосудистой, нервной и иммунной, выступая с ними в теснейшем единстве.

Железы внутренней секреции (эндокринные) не имеют специальных протоков и выделяют гормоны непосредственно в кровь.

В целом *функция эндокринной системы* - поддержание гомеостаза организма – *регуляция важнейших вегетативных функций организма:* роста, репродукции, размножения и дифференцировки клеток; обмена веществ и энергии; секреции; экскреции; всасывания; поведенческих и защитные реакций, др.

Система кровообращения и кровь

Система кровообращения - сердце и кровеносные сосуды. Кровообращение – движение крови по сосудам.

Значение кровообращения. Движение крови обеспечивается работой сердца. Последние исследования показали, что скелетные мышцы сокращаясь участвуют в перекачивании крови по венам, так как кровь в них может двигаться только в одном направлении.

Значение крови:

а) Транспортная функция.

- Переносит к клеткам питательные вещества и кислород.
- Переносит к органам выделения продукты обмена. Через легкие происходит выброс лишнего CO_2, через почки выводятся растворимые продукты обмена.

б) С помощью крови осуществляется гуморальная регуляция (транспортировка гормонов).

в) Защитная функция (клетки и вещества крови участвуют в иммунном ответе).

г) Участие в поддержании постоянства внутренней среды организма (например, ионного состава, pH, состава белков и др.).

д) Участие в терморегуляции (кровь переносит тепло из органов, в которых оно вырабатывается, к органам, отдающим тепло, например, к коже, кишечнику, легким, мочевому пузырю).

Дыхательная система – к системе органов дыхания относят легкие и воздухоносные пути. *Дыхание* – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 и выделение наружу CO_2 (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками для окисления органических веществ с освобождением энергии, используемой в процессе жизнедеятельности (внутреннее дыхание). При дыхании поглощается O_2 и выделяется CO_2. При выдохе выделяются также пары воды, аммиак, сероводород и другие газы – продукты обмена.

Органы пищеварения. Пищеварительная система (ЖКТ – желудочно-кишечный тракт) состоит из пищеварительного канала и пищеварительных желёз, (общая длина 8-10 м; площадь ЖКТ = 200-300 $м^2$, легких – 70-80 $м^2$, кожи – 2$м^2$).

Органы пищеварительного канала:

- ротовая полость;
- глотка;
- пищевод;
- желудок;
- тонкий кишечник;
- толстый кишечник;
- анальное отверстие.

Выделительная система: почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал.

Значение выделения продуктов обмена:

а) Конечные продукты обмена выделяются легкими, кожей, кишечником и почками.

б) Основная масса этих продуктов выделяется почками.

в) Накопление обмена продуктов в организме вызывает интоксикацию.

Кожа - наружный покров тела. Площадь кожи - 2м^2. Кожа является самым тяжелым органом. Кожа взрослого человека в среднем весит 2,7 кг. Кожа состоит из трех слоев.

Функции кожи

а) Защита от механических повреждений.

б) Образует пигмент (меланин), защищающий от ультрафиолетовых лучей.

в) Образует витамин D при освещении кожи ультрафиолетом.

г) Содержит рецепторы тепловой, холодовой, болевой и тактильной чувствительности (тактильная чувствительность - ощущение прикосновения).

д) Выделительная функция кожи реализуется за счет потоотделения.

е) Кожа участвует в теплорегуляции.

ж) Кожа – депо крови.

Органы чувств

1. Восприятие окружающей среды.

а) Органы чувств (периферические отделы анализаторов) принимают информацию от внешних и внутренних раздражителей.

б) Органы чувств способны реагировать на определенный раздражитель (глаза – на свет, уши – на звук и т.д.).

в) Рецепторы органов чувств преобразуют физические и химические сигналы в серию нервных импульсов.

Ткани организма человека

Органы построены из тканей.

Ткань – система клеток в организме, сходных по происхождению, строению и функциям, а также неклеточных структур и веществ, являющихся продуктами жизнедеятельности клеток.

Развитие каждого вида ткани – результат дифференцировки (специализации) клеток-предшественников, информация о которой записана в генотипе. Комплексы клеток каждой ткани образуют в органах структурно-функциональные единицы. Строение ткани одного типа варьирует в разных органах и зависит от уровня организации организма.

Эпителиальная ткань – ткань, покрывающая тело и выстилающая его полости в виде пласта. Основной функциональный компонент большинства желез.

Образуется в онтогенезе раньше всех других тканей из различных зародышевых листков (экто-, энто- и мезодермы).

- Способна к регенерации, так как быстро снашивается.
- Лишена кровеносных сосудов.
- Питание получает от подлежащей соединительной ткани.
- Клетки ее плотно прилегают друг к другу.
- Имеет мало межклеточного вещества.
- Может состоять из нескольких слоев клеток.

Основные функции – пограничная – защита (кожа), всасывание (кишечник), секреция (железы), избирательный транспорт (почки, сосуды).

Соединительная ткань – ткань внутренней среды, развивающаяся из мезодермы и выполняющая опорную (костная и хрящевая), трофическую (жировая, кровь, лимфа) и иммунитет = защитную функции (лимфоидная ткань, кровь).

Структурно-функциональные особенности ткани:

- Клетки ее не прилегают друг к другу.
- Много межклеточного вещества.
- Отличается большим разнообразием клеток.

Классификация соединительной ткани:

- Кровь и лимфа
- Собственно соединительная ткань – волокнистая и специализированная (жировая, слизистая, ретикулярная, пигментная)
- Скелетные ткани – хрящевая и костная.

Мышечная ткань – ткань, состоящая из клеток мезодермального происхождения, способных к возбуждению и сокращению.

Поперечно-полосатая мышца состоит из многоядерных мышечных волокон длиной около 10 см, имеющих возбудимую мембрану.

Волокна объединяются в группы – мышечные пучки, которые образуют мышцы (управляются центральной нервной системой). Белые поперечно-полосатые мышцы сильно сокращаются, но быстро утомляются, они получают энергию в основном за счет гликолиза. Красные поперечно-полосатые мышцы имеют меньшую силу, но могут долго работать, получают энергию за счет работы

большого количества митохондрий, эти волокна определяют цвет мышцы.

Клетки имеют поперечную исчерченность за счет миофибрилл.

Миофибриллы – сократительные нити в поперечнополосатых мышцах, состоящие из толстых миозиновых и тонких актиновых белковых нитей, вдвигающихся друг в друга при сокращении.

Сердечная мышца состоит из цепочек прямоугольных сократительных поперечно-полосатых клеток.

Сокращения более медленные, чем у скелетных мышц, но более быстрые, чем у гладкой мускулатуры. Волокна переплетены в пучки. Способна к автоматическим сокращениям. Имеет большой рефрактерный период (период после сокращения, в который клетка не может сократиться). Может управляться вегетативной нервной системой.

Сердечная мышца сокращается в объеме, уменьшая просвет полостей сердца. Одноядерные клетки сердечной мышцы не сливаются, как в поперечно-полосатой мышце состоящей из многоядерных волокон.

Гладкая мышечная ткань - сократимая ткань, состоящая из отдельных клеток, не имеющая поперечной исчерченности.

- Клетки сильно вытянуты (до 0,25 мм).
- Способны к медленным длительным сокращениям.
- Управляется вегетативной нервной системой. Входит в состав внутренних органов и сосудов.

Сокращения приводят к сужению просвета сосудов и других полых органов (бронхов, кишечника, матки),

Нервная ткань – образована клетками (нейронами) эктодермального происхождения. Осуществляет регуляцию деятельности органов и тканей, их взаимодействие с окружающей средой.

Нейроны не делятся. Полное отсутствие межклеточного вещества. Нейроны способны к возбуждению и проведению нервного импульса.

Контрольные вопросы

1. Раскройте понятие «организм».
2. Раскройте понятие «саморегуляция физиологических функции»?
3. Назовите основные системы органов человека?
4. Раскройте понятие «функциональная система».
5. Какие компоненты входят в систему кровообращения?

6. Назовите основные функции органов чувств и тканей человека (классификация)?

Занятие 4. Периодизация онтогенеза. Закономерности индивидуального развития. Понятие возрастной нормы

Цель занятия – изучить вопрос периодизации онтогенеза. Рассмотреть закономерности индивидуального развития. Понятие возрастной нормы.

Онтогенез – (греч: *он* – сущее +*генез* – происхождение) – это индивидуальное развитие особи от зиготы до конца жизни, совокупность последовательных морфологических, физиологических, биохимических преобразований организма, основные закономерности роста и развития:

Необратимость – система не может вернуться к тем особенностям строения, которые пройдены и проявились на предыдущих этапах онтогенеза.

Постепенность – система проходит ряд этапов следующих один за другим. При нормальном развитии (генетически детерминированном) не может быть пропущен какой-либо из этих этапов.

Цикличность – в онтогенезе имеют место периоды активизации и торможения отдельных функций, колебание активности.

Гетерохронность – разновременность проявляется в неодновременном созревании различных компонентов системы. На начальных этапах созревают наиболее жизненно важные структуры. Например, у человека одним из первых созревает мозг, уже к 7-8 года достигает «взрослого размера».

Эндогенность – существуют генетические регуляторные механизмы, которые удерживают процессы роста, развития и старения в определённых рамках. Воздействия любых факторов среды не выводит эти процессы за границы нормы реакции, которые диктуются наследственностью.

Индивидуальность – каждая особь уникальна, многообразие достигается неповторимостью наследственной программы и специфичностью условий реализации генотипа.

Этапы индивидуального развития

Различают этапы и периоды онтогенеза:

- Пренатальный – антенатальный период включает в себя - зародышевую и плодную стадии.

- Натальный – рождение
- Постнатальный период:
- ювенальный (лат. *juvenilis* юный) – от рождения до полового созревания;
- новорожденный;
- младенчество;
- детство.
- Пубертатный – зрелый, период половой зрелости (репродуктивный):
- юношеский;
- молодость;
- зрелость;
- пожилой.
- Старость – пострепродуктивный период:
- старость;
- долгожители;
- смерть.

Каждый человек имеет свои индивидуальные особенности, наличие которых определяется двумя факторами: наследственность плюс влияния внешней среды и социума, в которой человек растет, развивается, учится, работает.

В онтогенезе человека (от греч. *on*, род. падеж *ontos* – существующее) выделяют два периода: до рождения (внутриутробный) и после рождения (внеутробный).

После оплодотворения (слияния сперматозоида и яйцеклетки образуется одноклеточный зародыш - ***зигота***. В течение 3-4 дней зигота дробится (делится). В результате образуется многоклеточный пузырек – бластула с полостью внутри.

Зародыш, имеющий вид пузырька, на 6-7-й день беременности внедряется (имплантируется) в слизистую оболочку матки. В течение первых 8 недель происходят основные процессы формирования органов, частей тела. Этот период получил название *эмбрионального*, а организм будущего человека – ***эмбрион*** (зародыш). На 6-й неделе появляются закладки наружного уха, на 6-7-й неделе начинают формироваться пальцы рук, а затем ног. На 5-8-й неделе у зародыша появляются плавникоподобные зачатки вначале верхних, а затем нижних конечностей в виде кожных складок, в которые позднее врастают закладки костей, мышц, сосудов и нервов. На 8-й неделе закладка органов заканчивается.

Начиная с 9-й недели развития, когда уже начали обозначаться основные внешние человеческие черты, организм называют ***плодом***, а период – плодным (рис. 15).

К концу первого месяца внутриутробного развития заканчивается закладка основных органов зародыша, который имеет длину 6,5 мм. В течение всего плодного периода происходит рост и дальнейшее развитие уже образовавшихся органов и тканей. Начинается дифференцировка наружных половых органов. Закладываются ногти на пальцах. В конце 5-го месяца появляются брови и ресницы. На 7-м месяце открываются веки, начинает накапливаться жир в подкожной клетчатке. На 10-м месяце, в возрасте 40 недель плод рождается (рис. 16).

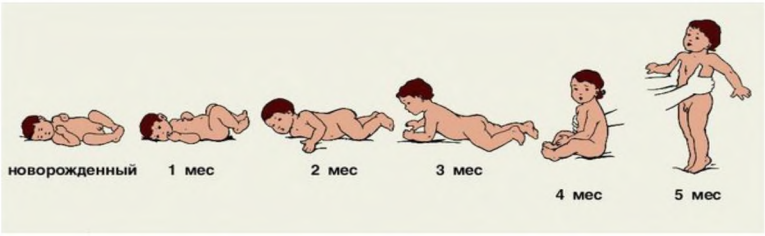


Рис. 15. Периодизация младенчества (1-6 мес)

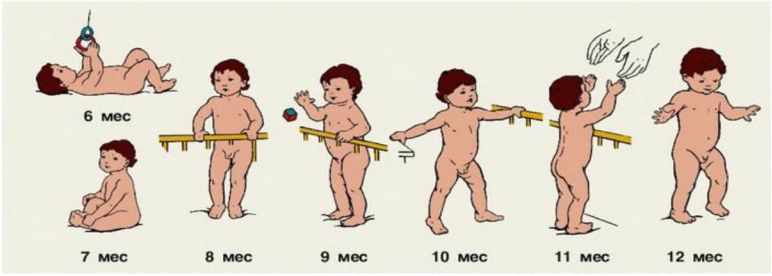


Рис.16. Средний период (1-9 мес), конечный (10-12 мес)

После рождения ребенок быстро растет, увеличивается масса и длина его тела, площадь поверхности тела. Рост человека изменяется в течении всей жизни. У мужчин увеличение длины тела заканчивается, как правило, в 20-22 года, у женщин - в 18-20 лет. Затем до 60-65 лет длина тела почти не изменяется. Однако в пожилом и

старческом возрасте (после 60-70 лет) в связи с увеличением изгибов позвоночного столба и изменением осанки тела, истончением межпозвоночных дисков, уплощением сводов стопы длина тела ежегодно уменьшается на 1-1,5 мм.

В течение первого года жизни после рождения рост ребенка увеличивается на 21-25 см. В периоды раннего и первого детства (1 год – 7 лет) скорость роста быстро уменьшается, в начале периода второго детства (8 – 12 лет) скорость роста составляет 4,5-5,5 см в год, а затем возрастает. В подростковом возрасте (12 – 16 лет) годичная прибавка длины тела у мальчиков составляет в среднем 5,8 см, у девочек – около 5,7 см.

При этом у девочек наиболее интенсивный рост наблюдается в возрасте от 10 до 13 лет, а у мальчиков - в подростковом возрасте. Затем рост замедляется.

Масса тела к 5-6 месяцам после рождения удваивается. Утраивается масса тела к году и увеличивается примерно в 4 раза к двум годам. Увеличение длины и массы тела идет примерно с одинаковой скоростью. Максимальное годичное увеличение массы тела наблюдается у подростков: у девочек на 13-м, а у мальчиков - на 15-м году жизни. Масса тела увеличивается до 20-25 лет, а затем стабилизируется. Стабильная масса тела обычно сохраняется до 40-46 лет.

За последние 100-150 лет наблюдается ускорение морфофункционального развития и созревания всего организма у детей и подростков (***акселерация***), которая в большей степени проявляется в экономически развитых странах. Так, масса тела у новорожденных детей за столетие возросла в среднем на 100-300 г, у годовалых - на 1500-2000 г. Длина тела возросла на 5 см. Длина тела детей в периоды второго детства и у подростков увеличилась на 10-15 см, а у взрослых мужчин - на 6-8 см. Уменьшилось время, в течение которого возрастает длина тела человека. Быстрее идет психическое развитие, половое созревание.

Строение тела в зрелом возрасте (22-60 лет) изменяется мало, а в пожилом (61-74 года) и старческом (75-90 лет) прослеживаются характерные для этих возрастов перестройки, которые изучает специальная наука - ***геронтология*** (от греч. geron – старик). Временные границы старения варьируют в широких пределах у различных индивидуумов. В старческом возрасте происходит снижение адап-

тационных возможностей организма, изменение морфофункциональных показателей всех аппаратов и систем органов, среди которых важнейшая роль принадлежит иммунной, нервной и кровеносной системам.

Активный образ жизни, регулярные занятия физической культурой замедляют процесс старения. Однако это возможно в пределах, обусловленных наследственными факторами.

Понятие «Норма» в биологии

Нормальным считают такое строение тела человека, его органов, когда встречаются у большинства и функции их не нарушены.

Индивидуальная изменчивость (варианты нормы) – морфофункциональные особенности, когда масса тела, рост, телосложение, интенсивность обмена веществ отклоняются в ту или иную сторону от наиболее часто встречающихся показателей.

Сильно выраженные отклонения от нормального строения называются *аномалиями* (от греч. *anomalia* – неправильность, ненормальность). Если аномалия имеет внешнее проявление, искажающее вид человека, то тогда говорят о пороках развития, об уродствах, происхождение и строение которых изучает наука *тератология* (от греч. *teras* – урод). Тератогены действуют в течение определенных критических периодов. Разные органы имеют различные критические периоды. Сердце формируется между 3-й и 4-й неделями. Мозг и скелет чувствительны к вредным воздействиям постоянно, начиная с 3-й недели после зачатия до конца беременности.

Возрастная норма – совокупность среднестатистических параметров, характеризующих морфофункциональные особенности, биологических оптимум функционирования систем, обеспечивающая адекватное реагирование на внешние факторы организма.

В течение первого года жизни после рождения рост ребенка увеличивается на 21-25 см. В периоды раннего и первого детства (1 год-7 лет) скорость роста быстро уменьшается, в начале периода второго детства (8-12 лет) скорость роста составляет 4,5-5,5 см в год, а затем возрастает. В подростковом возрасте (12-16 лет) годичная прибавка длины тела у мальчиков составляет в среднем 5,8 см, у девочек – около 5,7 см Масса тела к 5-6 месяцам после рождения удваивается. Утраивается масса тела к году и увеличивается примерно в 4 раза к двум годам. Масса тела увеличивается до 20 - 25 лет, а затем стабилизируется. Стабильная масса тела обычно сохраняется до 40-46 лет.

Продолжительность жизни

Средняя продолжительность жизни человека – непостоянная величина и зависит не столько от биологических факторов, сколько от социальных.

Средняя продолжительность жизни населения Земли обусловлена многими факторами: инфекционными болезнями, детской смертностью, войнами, экономическими катастрофами и др. У людей, как правило, жизнь обрывается преждевременно в результате болезней, несчастных случаев и других причин.

Точное определение биологического возраста сложно, потому что отдельные признаки старости появляются в разном хронологическом возрасте и характеризуются различной скоростью нарастания. Суммарный результат многочисленных частных проявлений старения на уровне целостного организма связан со снижением жизнеспособности особи в связи с возрастом, уменьшением эффективности адаптационных механизмов.

Скорость нарастания и выраженность изменений в процессе старения находятся под генетическим контролем. Максимальная продолжительность жизни – видовой признак. Условия жизни влияют на процесс старения. Преждевременное старение связано с влиянием социальных факторов и болезнями.

Период старости – старение – представляет собой закономерную стадию индивидуального развития, свойственную всем живым организмам.

Наука о старости – геронтология (греч. *geron* – старец, *logos* - наука) выясняет основные биологические и социальные закономерности старения и дает рекомендации о продлении жизни.

Гериатрия – учение о нормализации физиологических процессов в старости и лечении заболеваний, появляющихся преимущественно в старческом возрасте.

Изменения, возникающие при старении, происходят на всех функционально-структурных уровнях – молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом, органном, организменном.

Старость наступает в пострепродуктивном периоде онтогенеза и характеризуется внешними и внутренними признаками.

В молодом организме активно идут обменные процессы, рост органов, синтез РНК, ДНК, АТФ, белков.

В старости уменьшается интенсивность синтетических процессов, синтез АТФ падает, уменьшается содержание воды в цитоплазме, изменяются свойства цитоплазмы, происходит снижение активности ферментов. Органы перестают расти и подвергаются обратному развитию. Снижаются функциональные способности всех систем. Снижается невосприимчивость к инфекционным болезням, падает способность к регенерации. Изменяется походка, осанка, появляется седина, облысение, кожа теряет эластичность, заметны морщины, снижается работоспособность, слабеет память.

Различают физиологическую (биологическую) и преждевременную старость.

Теории старения

Для выяснения причин наступления физиологической старости создано много теорий. Современные представления о механизмах старения связаны с накоплением мутационных генов, приводящих к синтезу дефектных белков. Изменения на молекулярном уровне приводят к функциональным нарушениям на более высоком уровне.

Согласно программным гипотезам, старение определено генетически. Эти гипотезы основываются на том, что в организме функционируют своеобразные «часы», в соответствии с которыми осуществляются возрастные изменения, механизм которых не ясен.

Хотя единой теории старения еще не создано, причина старения связана с возрастными изменениями в течение всей жизни на всех уровнях организации.

Биологический смысл старения в том, что оно делает неизбежной смерть. Без смерти не было бы смены поколений - одной из главных предпосылок эволюционного процесса.

Смерть – завершающий этап онтогенеза. У человека различают смерть клиническую и биологическую.

Контрольные вопросы

1. Какие основные этапы индивидуального развития вы знаете?
2. Дайте характеристику периодизации младенчества.
3. Какие изменения происходят в средний и конечный период развития ребенка?
4. Раскройте понятие «акселерация».
5. Какая наука изучает процесс старения человека?
6. Раскройте понятие «Норма» в биологии?

Занятие 5. Регулирующие системы организма. Нервно-гуморальная регуляция

Цель занятия – изучить строение и состав регулирующей системы организма. Рассмотреть нервно-гуморальные регуляции.

Органы и ткани объединены регулирующими системами органов: гуморальной и нервной. Нервная и гуморальная регуляция осуществляет взаимосвязь и согласованную работу всех систем органов. В связи с этим организм функционирует как единое целое.

Гуморальная регуляция – регуляция за счет химических веществ; осуществляется через жидкие среды организма (кровь, лимфу и тканевую жидкость).

Биологически активные вещества оказывают значительное физиологическое действие в очень малых концентрациях. Вырабатываются многими клетками организма. Часто быстро разрушаются, действуя только на соседние клетки. Могут поступать из внешней среды (CO_2, витамины).

Железы внешней секреции (экзокринные) имеют протоки для вывода секретов. Примеры: слезные, слюнные, потовые и другие железы.

Железы внутренней секреции (эндокринные) не имеют специальных протоков и выделяют непосредственно в кровь особые вещества – *гормоны*. Примеры: щитовидная, вилочковая железы, гипофиз и др. Согласованность работы желез внутренней секреции достигается стимулированием или угнетением гормонами одной железы работы другой железы, а также взаимодействием с центральной нервной системой.

Нервная регуляция функций организма

а) Нервный импульс – электрический сигнал, возникающий в нервной клетке в ответ на ее раздражение. Возбуждение возникает в специальной чувствительной клетке – рецепторе и затем передается в центральную нервную систему.

б) Нервная система регулирует работу органов, тормозя или стимулируя их функционирование.

в) Связанная с внешней средой, нервная система подчиняет ра-

боту внутренних органов потребностям организма. Нервная и гуморальная системы работают по принципу саморегуляции (рис. 17).



Рис. 17. Схема нервно-гуморальной регуляции физиологических функций организма

Саморегуляция – возвращение биологической системы (клетки, органа, организма) к исходному состоянию после любого отклонения от нормального состава внутренней среды за счет работы нервной и гуморальной систем. Саморегуляция происходит и на органном, и на клеточном уровнях организации.

Общая характеристика эндокринной системы

Эндокринная система относится к числу регуляторно-интегрирующих систем организма наряду с сердечно-сосудистой, нервной и иммунной, выступая с ними в теснейшем единстве.

Железы внутренней секреции (эндокринные) не имеют специальных протоков и выделяют гормоны непосредственно в кровь. В целом функция эндокринной системы – поддержание гомеостаза организма – регуляция важнейших вегетативных функций организма: роста, репродукции, размножения и дифференцировки клеток; обмена веществ и энергии; секреции; экскреции; всасывания; поведенческих и защитные реакций, др.

Классификация эндокринных желез по иерархическому принципу

Центральные железы – гипоталамус, эпифиз и гипофиз. Они осуществляют контроль за деятельностью других (периферических) эндокринных желез;

Периферические – осуществляют непосредственный контроль за важнейшими функциями организма.

По уровню структурной организации:

- *эндокринные органы* (щитовидная и паращитовидные железы, надпочечники, гипофиз, эпифиз);

- *эндокринные отделы* или ткани в составе органов, сочетающих эндокринные и неэндокринные функции (гипоталамус, островки Лангерганса поджелудочной железы, ретикулоэпителий и тельца Гассаля в тимусе, клетки Сертоли извитых канальцев яичка и фолликулярный эпителий яичка).

Эндокринная система использует гормоны (от греч. hormao – пробуждать, активизировать) для передачи сигналов от одних клеток к другим особые химические вещества.

По химической структуре гормоны подразделяются на три группы:

производные аминокислот (амины и йодтиронины); белково-пептидные гормоны (небольшие пептиды, гликопротеины, белки), стероиды. Отдельное место занимает обширное семейство эйкозаноидов, к наиболее известным из которых относят простагландины, тромбоксан и лейкотриены.

- *белки и полипептиды* - гормоны гипофиза, гипоталамуса, поджелудочной железы и некоторых других желез;

- *производные аминокислот* - гормоны щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин), гормон мозгового вещества надпочечников адреналин, серотонин, вырабатываемый многими эндокринными железами и клетками, и др.;

- *стероиды* (производные холестерина) - половые гормоны, гормоны коры надпочечников, витамин D_2 (кальцитриол).

Попадая в кровь, гормоны с ее током достигают регулируемых клеток, тканей, органов, которые называются *мишенями.*

Особенности действия гормонов в организме

Гормоны (греч. hormaino – приводить в движение, побуждать) – группа биологически активных веществ, синтезируемых и секретируемых:

а) собственно железами внутренней секреции (например, щитовидной железой);

б) эндокринной тканью органов, выполняющих и неэндокринные функции (например, поджелудочной железы);

в) эндокринными клетками, диффузно вне пределов одного органа (например, APUD-системы пищеварительного тракта, клетками предсердия).

Гормональная регуляция – направленное изменение физиологических функций, обусловленное действием гормонов и биологически активных веществ. Гормональная регуляция физиологических процессов является специализированной формой гуморальной регуляции. Гормоны ослабляют или усиливают действие нервной системы на течение физиологических процессов, а также действуют самостоятельно.

Дистантный характер действия. Гормоны действуют на функции органов, расположенных на значительном расстоянии от той железы, в которой они образовались.

Специфичность действия гормонов. Определенные гормоны оказывают регулирующее влияние на определенные процессы.

У большинства гормонов отсутствует видовая специфичность. Высокая активность в малых дозах. Биологическая активность гормонов проявляется в относительно малой концентрации этих вещества и оказывающих выраженный эффект. Гормоны оказывают свое влияние, находясь в крови в концентрации 10^{-7}-10^{-12} моль/л.

Сравнительно быстрое разрушение гормонов тканями. Гормоны быстро разрушаются тканями, поэтому железы внутренней секреции должны вырабатывать их постоянно.

Взаимодействие гормонов с клетками

По способу передачи информации выделяют аутокринное, изокринное, паракринное, телекринное и нейрокринное действие гормонов.

Аутокринное действие оказывают гормоны, высвобождающиеся из секретирующей клетки и действующие на нее же. Изокринно действуют секретируемые вещества, переносимые от клетки к клетке по контактам их поверхностей.

Паракринным действием обладают вещества (тканевые гормоны), поступающие из секретирующей клетки в межклеточное пространство и влияющие путем местной диффузии на соседние клетки.

Телекринное (дистантное) действие (на значительном удале-

нии от места образования) оказывают гормоны, которые приносятся к клеткам – мишеням с током крови. Дистантным сигнальным действием обладают все традиционные гормоны желез внутренней секреции.

Нейрокринное действие обеспечивается нейросекретами белковой и пептидной природы, которые высвобождаются из окончаний нейросекреторных клеток.

В пределах ЦНС регуляторные пептиды оказывают либо короткодистантное действие на многие нейроны, либо локальное – в области синаптических окончаний нейросекреторных волокон, нередко сосуществуя с основным медиатором.

Рецепторы гормонов – специальные клеточные белковые молекулы, содержащие высокоспецифические локусы для связывания гормонов.

Рецепторы гормонов локализуются как на поверхности клеток, так и внутри них. Рецепторы стероидных гормонов локализованы в ядре. Они имеют цитозольное происхождение, накапливаясь в ядре вторично в результате перехода в него гормонрецепторных комплексов из цитозоля.

Рецепторы тиреоидных гормонов представлены несколькими независимыми пулами ядерных, цитоплазматических, митохондриальных рецепторных белков и, возможно, белков плазматических мембран.

Рецепторы пептидных гормонов и катехоламинов - мембранные рецепторы. Они асимметрично встроены в плазматическую мембрану; их узнающий фрагмент ориентирован к наружной поверхности, в сторону межклеточного пространства. В мембране они способны совершать продольные и поперечные движения. Высокой подвижностью обладают инсулиновые рецепторы, совершая латеральные и «поплавковые», а также вращательные движения – то в направлении внеклеточного, то в направлении внутриклеточного пространства.

Рецепция гормонов подразделяется на два типа:

- поверхностный (мембранный), при котором с мембранными рецепторами взаимодействуют белковые и пептидные гормоны, катехоламины, практически все гистогормоны и нейромедиаторы;

- внутриклеточный, при котором в разных вариантах с цитоплазматическими и ядерными рецепторами связываются стероидные и тиреоидные гормоны.

Можно выделить 2 основных механизма действия гормонов:

1-й механизм – белковые и пептидные гормоны связываются на поверхности клеток с комплементарными ему рецепторами и изменяют пространственную ориентацию рецептора. Последние являются трансмембранными белками и состоят из рецепторной и каталитической части. При связывании с гормоном активируется каталитическая субъединица, которая начинает синтез вторичного посредника (мессенджера). Мессенджер активирует целый каскад ферментов, что ведет к изменению внутриклеточных процессов. Например, аденилатциклаза вырабатывает циклический аденозинмонофосфат, регулирующий ряд процессов в клетке. По данному механизму функционируют гормоны белковой природы, молекулы которых гидрофильны и не могут проникать через клеточные мембраны;

2-й механизм – стероидные гормоны проникают в клетку, связываются с белком-рецептором и вместе с ним попадают в ядро, где изменяют активность соответствующих генов. Это ведет к изменению метаболизма клетки. Эти же гормоны могут действовать на отдельные органеллы, например митохондрии. По этому механизму действуют жирорастворимые стероидные и тиреоидные гормоны, которые благодаря липотропным свойствам легко проникают внутрь клетки через ее оболочку.

Контрольные вопросы

1. Какими регулирующими системами объединены органы и ткани человека?
2. В чем состоит нервная регуляция функций организма?
3. Опишите схему нервно-гуморальной регуляции физиологических функций человека?
4. Как эндокринные железы классифицируются по иерархическому принципу?
5. Какие особенности действия гормонов в организме человека вы знаете?
6. Каков принцип взаимодействия гормонов с клетками существуют?

Занятие 6. Эндокринная система. Железы внутренней секреции и их гормоны

Цель занятия – изучить состав и функции эндокринной системы. Изучить железы внутренней секреции и их гормоны.

Эндокринная система наряду с нервной является ведущим аппаратом интеграции многоклеточного организма, обеспечивая гуморальную регуляцию функций органов. Эта регуляция осуществляется гормонами – биологически активными веществами разной химической природы, выделяемыми железами внутренней секреции (рис. 18).

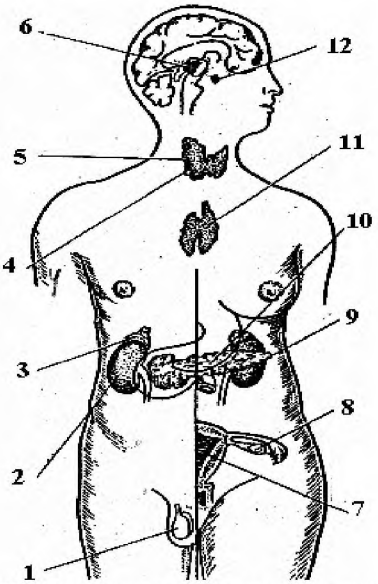


Рис. 18. Железы внутренней секреции человека:
1 – яички; 2 – почки 3 – надпочечники 4 – паращитовидные 5 – щитовидная 6 – эпифиз 7 – плацента 8 – яичники 9 – желудочно-кишечный тракт 10 – поджелудочная железа 11 – вилочковая железа 12 – гипофиз

В целом функция эндокринной системы – поддержание гомеостаза организма – регуляция важнейших вегетативных функций организма: роста, репродукции, размножения и дифференцировки

клеток; обмена веществ и энергии; секреции; экскреции; всасывания; поведенческих и защитные реакций (рис. 19).

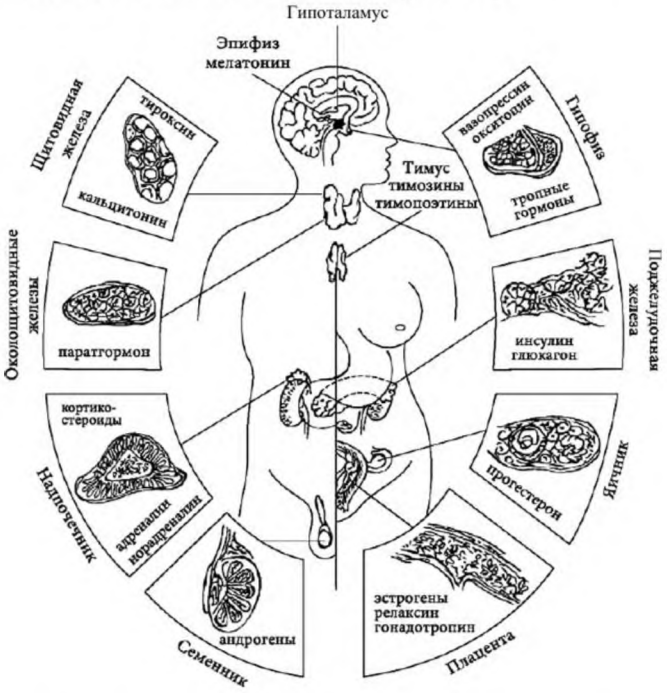


Рис. 19. Эндокринные железы человека и их гормоны

Различают ***центральные эндокринные железы*** - гипоталамус, эпифиз и гипофиз. Они осуществляют контроль за деятельностью других (периферических) эндокринных желез.

Периферические эндокринные железы – щитовидная и паращитовидная, поджелудочная, надпочечники, половые железы, плацента, диффузная эндокринная система (эндокринные клетки в органах) осуществляют непосредственный контроль за важнейшими функциями организма (табл. 1).

Одна эндокринная железа может выделять несколько различных гормонов, каждый из которых выполняет специфические функции (табл. 1).

Таблица 1

Эндокринные железы человека и их эффекты

Название	Источник	Главные эффекты
1. Олигопептиды		
Тиреолиберин	Гипоталамус	Стимуляция синтеза тиреотропного гормона передней долей гипофиза
Люлиберин	Гипоталамус	Стимуляция синтеза лютеинизирующего гормона передней долей гипофиза
Вазопрессин	Задняя доля гипофиза	Повышение кровяного давления в результате сужения мелких кровеносных сосудов. Усиленная реабсорбция воды в почечных канальцах
Соматостатин	Гипоталамус	Подавление секреции соматотропина передней долей гипофиза
Белки		
Инсулин	Бета-клетки поджелудочной железы	Утилизация углеводов (включая захват глюкозы клетками). Стимуляция белкового синтеза. Стимуляция синтеза липидов в жировых клетках
Соматотропин	Передняя доля гипофиза	Стимулирует синтез в печени соматомедина-1, вызывающего рост мышц и костей. Стимулирует дифференцировку жировой, мышечной и хрящевой ткани
Соматомедин-1	Главным образом печень	Рост костной и мышечной ткани. Влияние на метаболизм фосфора, Ca^{2+}, углеводов и липидов
Адренокортикотропный гормон (АКТГ)	Передняя доля гипофиза	Стимуляция синтеза кортизола корой надпочечников. Освобождение жирных кислот из жировых клеток
Паратгормон	Паращитовидные железы	Усиливает резорбцию кости, как следствие, - повышает уровень Ca^{2+} и фосфата в крови. Усиливает реабсорбцию почками Ca^{2+} и Mg^{2+} и уменьшает реабсорбцию фосфата
Фолликулостимулирующий гормон (ФСГ)	Передняя доля гипофиза	Стимуляция роста фолликулов яичника и секреции ими эстрадиола. Стимуляция сперматогенеза в семенниках
Лютеинизирующий гормон (ЛГ)	Передняя доля гипофиза	Стимуляция созревания ооцитов, овуляции и секреции прогестерона яичником. Стимуляция выработки тестостерона семенниками
Тиреотропный гормон	Передняя доля гипофиза	Стимуляция синтеза тироксина в щитовидной железе. Освобождение жирных кислот жировыми

		клетками
		Продолжение таблицы 1
	Производные аминокислот	
Адреналин	Мозговое вещество надпочечников	Повышение кровяного давления, ускорение сердечного ритма. Усиление гликогенолиза в печени и мышцах. Выброс жирных кислот жировыми клетками
Тиреоидный гормон (тироксин)	Щитовидная железа	Повышение метаболической активности большинства клеток
	Стероидные гормоны	
Кортизол	Кора надпочечников	Влияние на метаболизм белков, углеводов и липидов в большинстве тканей. Подавление воспалительных реакций
Эстрадиол	Яичники, плацента	Развитие и поддержание женских вторичных половых признаков. Созревание и циклическая активность придаточных органов половой системы. Развитие протоков молочной железы
Тестостерон	Семенники	Развитие и поддержание мужских вторичных половых признаков. Созревание придаточных органов и поддержание их нормальной функции
Прогестерон	Яичники (желтое тело), плацента	Подготовка матки к беременности. Сохранение беременности. Развитие альвеолярной системы молочных желез

Гипоталамус является центром регуляции вегетативных функций и высшим эндокринным центром. В гипоталамусе выделяют следующие отделы:

- передний;
- средний (медиобазальный);
- задний.

Функции гипоталамуса

- Объединяет нервные и эндокринные механизмы регуляции.
- Выделяет гормоны-релизоры – статины и либерины, которые через стимуляцию выработки гипофизом тропных гормонов, оказывает трансаденогипофизарное влияние на аденогипофиззависимые эндокринные железы и парааденогипофизарное влияние на аденогипофизнезависимые железы.
- Осуществляет контроль за всеми висцеральными функциями организма.

Исследования показывают, что эндокринная система включает не только истинные железы внутренней секреции, но и много других гормональных систем в органах и тканях организма, которые вырабатывают биологически активные вещества с гормоноподобным эффектом; они регулируются нейроэндокринной системой или действуют автономно.

Гипофиз (греч. *hypophysis* - отросток) нижний мозговой придаток, расположенный у основания головного мозга в особом углублении – так называемом турецком седле.

Гипофиз представляет собой *паренхиматозный орган,* состоит из нескольких долей: *аденогипофиза (*железистой или передней доли, около 70% всей железы), промежуточной доли и *нейрогипофиза* (нервной доли). Передняя доля секретирует 9 гормонов. В передней доле вырабатываются в основном белковые и полипептидные гормоны, называемые тропными гормонами, или тропинами, вследствие их стимулирующего действия на ряд других эндокринных желез.

Функции гипофиза

- регуляция деятельности аденогипофиззависимых эндокринных желез;
- накопление нейрогормонов гипоталамуса *вазопрессина и окситоцина*;
- регуляция пигментного и жирового обмена;
- синтез гормона, регулирующего рост организма –соматотропин, СТГ;
- выработка нейропептидов (эндорфинов).

Эпифиз – находится глубоко под полушариями головного мозга между передними буграми четверохолмия. Эпифиз (шишковидная железа) маленькая железа всего 150 мг.

- Наиболее активно эпифиз функционирует в молодом возрасте. При старении орган уменьшается, в нем могут откладываться в виде кристаллов фосфаты и карбонаты кальция, которые связаны с органическим матриксом разрушенных клеток (эпифизарный песок).
- Эпифиз синтезирует около 40 гормонов пептидной природы, из которых наиболее изучены ***серотонин и мелатонин*** – регулируют «биологические часы» организма (рис. 20).

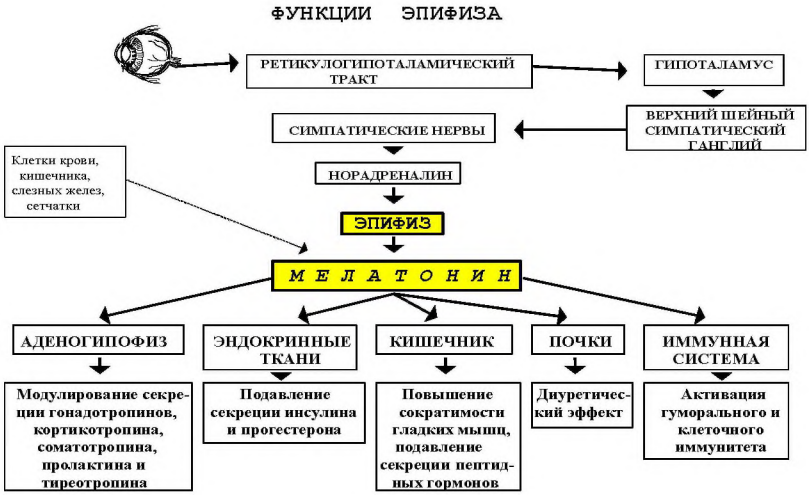


Рис. 20. Функции эпифиза

Гормоны являются производными аминокислоты триптофана. Вначале из триптофана синтезируется серотонин, а из последнего образуется *мелатонин.* Он является антагонистом меланоцитостимулирующего гормона гипофиза, продуцируется в ночное время, тормозит секрецию гонадолиберина, тиреоидных гормонов, гормонов надпочечников, гормона роста, настраивает организм на отдых.

Доказано, что гормоны эпифиза подавляют развитие злокачественных опухолей. Функции эпифиза подавляются световым воздействием, а темнота стимулирует его.

Щитовидная железа – расположена на передней поверхности трахеи, состоит из 2-х долей. Масса около 25 г, но зависит от возраста и физиологического состояния, является паренхиматозным органом дольчатого строения. Строму формирует капсула из плотной неоформленной соединительной ткани и отходящие от нее трабекулы, образованные рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью. Фолликулы щитовидной железы уникальны – они активно поглощают йод и включают его в гормоны.

Щитовидная железа *вырабатывает несколько гормонов:*

В щитовидной железе синтезируются гормоны - йодированные производные тирозина. Они объединены общим названием йодтиронины. К ним относят 3, 5, 3' – трийодтиронин (трийодтиронин, T_3) и 3, 5, 3', 5' – тетрайодтиронин (T_4), или тироксин. Тиреоидные гормоны – тетрайодтиронин T_4 и трийодтиронин T_3 – регулируют основной обмен, а также процессы развития, роста и дифференцировки тканей. Тиреоидные гормоны ускоряют катаболизм белков (с одновременной активацией из синтеза), жиров и углеводов, увеличивают потребление кислорода клетками. Мишенями тиреоидных гормонов являются практически все клетки организма.

В щитовидной железе находятся клетки, вырабатывающие гормоны тирокальцитонин, соматостатин и серотонин.

Тирокальцитонин понижают уровень кальция в крови в результате стимуляции клеток костной ткани (остеобластов). При этом кальций откладывается в костях, что приводит к их повышенной минерализации. Одновременно тирокальцитонин стимулирует экскрецию кальция почками.

Соматостатин подавляет рост и размножение клеток, секрецию ряда других желез, а серотонин обладает множественными эффектами: регулирует функцию ряда эндо- и экзокринных желез, микроциркуляцию, функции соединительной ткани, иммунных реакций.

Паращитовидная железа – небольшие тельца, расположеные на задней поверхности щитовидной железы и имеют с ней общую иннервацию и кровоснабжение. У 90 % людей – 4 П.ж., у 5% - их 3 и у 5% - их пять.

Гормон паращитовидной железы – паратгормон (ПТГ – паратиреоидный) является антагонистом тирокальцитонина и *повышает уровень кальция в крови 2 способами:*

- путем разрушения минерального компонента кости за счет активации остеокластов, при этом кальций идет в кровь, где его содержание повышается;
- путем активации образования в кишечнике витамина D, который усиливает всасывание кальция.

Поджелудочная железа – непарный орган, расположен между желудком, двенадцатиперстной кишкой и селезенкой. Железа смешанного типа – большая часть железы вырабатывает пищеварительный поджелудочный сок, и группы клеток – островки Лангерганса (альфа, бета и дельта- клетки) вырабатывают гормоны.

Бета -клетки секретируют инсулин**.** Инсулин – гормон поджелудочной железы – анаболический гормон – регулирует метаболизм, транспорт глюкозы, аминокислот, ионов, биосинтез белков. Инсулин способствует поступлению глюкозы из крови в клетки различных тканей, т.о. усиливается энергетический обмен и синтез белка. Он стимулирует образование из глюкозы основного запасного вещества нашего организма – *гликогена.* Гликоген образуется и хранится в печени. Инсулин ускоряет поглощение и отложение жиров в жировом депо организма. Секреция инсулина *стимулируется* повышенной концентрацией глюкозы и аминокислот в крови, а *угнетается* – адренолином, соматостатином и глюкагоном.

Альфа-клетки продуцируют глюкагон – пептид, антагонист инсулина, *повышает содержание глюкозы в крови*, хотя и не действует на поглощение глюкозы тканями. Основной орган мищень его печень, стимулирует распад гликогена до глюкозы., в результате повышается содержание глюкозы в крови.

Дельта-клетки вырабатывают соматостатин, идентичный гормону гипоталамуса, но действует он местно – паракринно. Функция соматостатина в поджелудочной железе торможение секреции инсулина и глюкагона, т.о. участвует в регуляции углеводного и жирового обмена.

Сахарный диабет (*Diabetes mellitus*) – широко распространенное заболевание, которое наблюдается при абсолютном или относительном дефиците инсулина. Нехватка этого пептидного гормона отражается главным образом на обмене углеводов и липидов. Сахарный диабет встречается в двух формах. При диабете **I типа** (инсулинзависимом сахарном диабете) уже в раннем возрасте происходит гибель инсулинсинтезирующих клеток в результате аутоиммунной реакции. Менее тяжелый диабет **II типа** (инсулиннезависимая форма) обычно проявляется в более пожилом возрасте. Он может быть вызван различными причинами, например пониженной секрецией инсулина или нарушением рецепторных функций.

Надпочечники – парные органы внутренней секреции, массой по 5-7 гр, расположены на полюсах почек. В каждом надпочечнике выделяют 2 слоя: корковое и мозговое.

Общее название гормонов коры надпочечников - *кортикостероиды* (минералокортикоиды, глюкокортикоиды, половые гормоны). Все эти гормоны по химической природе – стероиды (рис. 21).

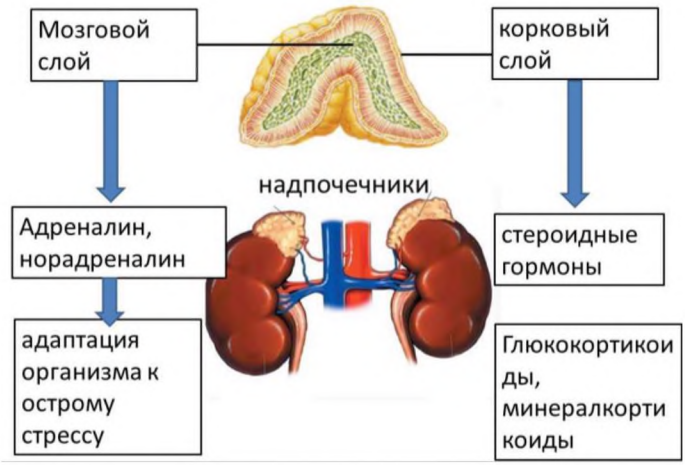


Рис. 21. Надпочечники и их гормоны

Функции надпочечников

- *выработка минералокортикоидов* (альдостерона, дезоксикортикостерона ацетата и др.), регулирующих водно-солевой обмен, а также активирующих воспалительные и иммунные реакции. Минералокортикоиды стимулируют реабсорбцию натрия почками, что ведет к задержке в организме воды и повышению артериального давления;

- *выработка глюкокортикоидов* (кортизола, гидрокортизона и др.). Эти гормоны повышают уровень глюкозы в крови за счет синтеза ее из продуктов распада жиров и белков. Гормоны подавляют воспалительные и иммунные реакции, что используется в медицине для лечения аутоиммунных, аллергических реакций и т. д.;

- *выработка половых гормонов,* в основном андрогенов (дегидроэпиандростерон (ДЭА) и андростендиона), и женские половые гормоны (эстрогены и прогестерон), которые имеют слабовыраженный андрогенный эффект, но, выделяясь при стрессе, стимулируют рост мускулатуры. Выработку и секрецию андрогенов стимулирует АКТГ - адренокортикотропный гормон. Самый мощный андроген надпочечников – тестостерон – синтезируется в небольшом количестве. Эти стероиды превращаются в более активные андрогены вне надпочечников.

Гормоны коры надпочечников – биологически активные кортикостероиды (гормоны коры надпочечников) объединяют в 3 основные класса:

- *Глюкокортикоиды* (C_{21}-стероиды) – играют важную роль в адаптации к стрессу. Они оказывают разнообразные эффекты, на наиболее важный – стимуляция глюконеогенеза. Основной глюкокортикоид человека – кортизол.

- *Минералокортикоиды* (C_{21}-стероиды) – необходимы для поддержания уровня Na+ и K+. Самый активный гормон этого класса – альдостерон.

- *Андрогены* – C_{19}-стероиды. В коре надпочечников образуются предшественники андрогенов, из которых наиболее активный –и слабый – андростендион.

- *Мозговое вещество надпочечников продуцирует катехоламины* – гормон адреналин и нейромедиатор норадреналин, которые вырабатываются при стрессе.

Половые гормоны – эти гормоны синтезируются в надпочечниках, семенниках и яичниках. Наиболее важными представителями стероидных гормонов являются *прогестерон, кортизол, альдостерон, тестостерон и эстрадиол*. Сегодня к этой группе относят также кальцитриол (холекальциферол, витамин D). Половые признаки определяются соотношением секретируемых андрогенов и эстрогенов. Предшественником половых гормонов служит холестерол. В некоторых периферических тканях небольшое количество тестостерона превращается в эстрадиол. В яичниках синтезируются женские половые гормоны - эстрогены и прогестины, среди которых наиболее активными являются 17β-эстрадиол и прогестерон.

Прогестерон – предшественник в биосинтезе стероидов коры надпочечников и половых гормонов. Он стимулирует имплантацию зиготы. *Стероидные гормоны* и *иодтиронин* — относительно низкомолекулярные вещества (300-800 Да), плохо растворимые в воде. При транспортировке в крови они связываются со специфическими плазматическими белками (переносчиками). Все липофильные гормоны действуют по общему механизму, т. е. связываются с внутриклеточным рецептором и регулируют транскрипцию определенных генов.

Контрольные вопросы

1. Какие функции эндокринной системы вы знаете?

2. В чем заключается функция гипоталамуса?
3. Какие эндокринные железы человека и их функции?
4. Какие функции гипофиза вы знаете?
5. Какие функции эпифиза вам известны?
6. Какие основные функции надпочечников вам известны?

Занятие 7. Строение нервной клетки. Генерация мембранного потенциала. Рефлекторная дуга

Цель занятия – изучить строение нервной клетки. Рассмотреть характеристику генерации мембранного потенциала. Описать строение рефлекторной дуги.

Строение нервной клетки

Нервные клетки человека в большинстве содержат одно ядро. Двухъядерные и многоядерные нейроны встречаются крайне редко. Исключение составляют нервные клетки некоторых ганглиев вегетативной нервной системы. Форма ядра нервных клеток округлая. В ядрах содержится мало хроматина, что часто придает им на окрашенных предатках пузырькообразный вид. Располагаются ядра обычно в центре тела нейрона, реже эксцентрично.

Базофильное вещество, или хроматофильное вещество, тигроидное вещество, глыбки Ниссля - участки цитоплазмы с большим содержанием рибосом, а следовательно, и РНК. Строение нервной клетки представлено на рисунке 22.

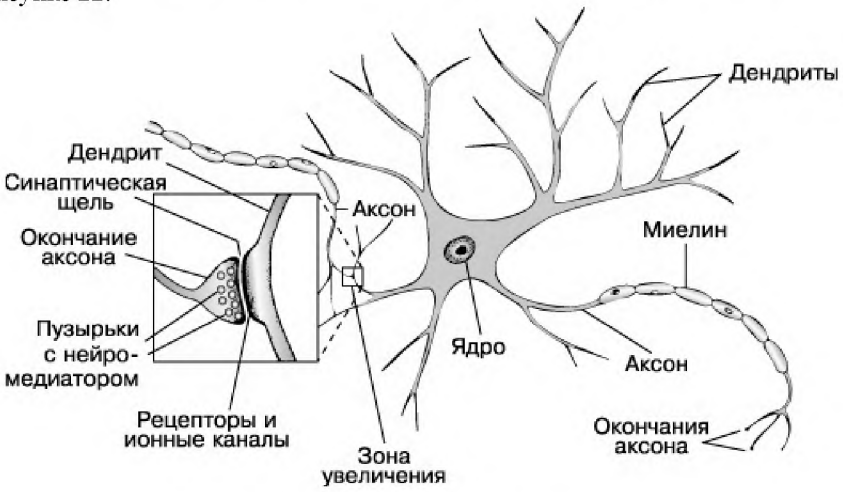


Рис. 22. Строение нервной клетки

Цитоплазматическая сеть в дифференцированных нейронах представлена системой связанных между собой цистерн, пузырьков и каналь-

цев. Их диаметр колеблется от 300 до 400 А, а в отдельных случаях достигает 800-2000 А. В совокупности они представляют трехмерную сеть двухконтурных мембран (альфа-цитомембран), ориентированных параллельно друг другу. В целом цитоплазматическая сеть цитоплазмы нейронов — структура очень подвижная, изменяющаяся в соответствии с функциональным состоянием клетки.

Цитоплазма всех нервных клеток богата рибосомами, которые, как и в клетках других тканей, представлены гранулами диаметром 150-350 А. В нейробластах рибосомы распределяются в матриксе свободно поодиночке или образуют небольшие группы - полирибосомы. В дифференцированных нейронах значительная часть рибосом связана с поверхностью мембран цитоплазматической сети, которая соответствует эргастоплазме железистых или других клеток, продуцирующих белок.

Генерация мембранного потенциала

Поляризация мембраны живой клетки обусловлена отличием ионного состава с её внутренней и наружной стороны. Когда клетка находится в спокойном (невозбуждённом) состоянии, ионы по разные стороны мембраны создают относительно стабильную разность потенциалов, называемую *потенциалом покоя*. Если ввести внутрь живой клетки электрод и измерить мембранный потенциал покоя, он будет иметь отрицательное значение (порядка − 70-90 мВ). Это объясняется тем, что суммарный заряд на внутренней стороне мембраны существенно меньше, чем на внешней, хотя с обеих сторон содержатся и катионы, и анионы. Снаружи - на порядок больше ионов натрия, кальция и хлора, внутри - ионов калия и отрицательно заряженных белковых молекул, аминокислот, органических кислот, фосфатов, сульфатов. В целом среда и внутри, и снаружи клетки заряжена нейтрально.

Потенциал мембраны может изменяться под действием различных стимулов. Искусственным стимулом может служить электрический ток, подаваемый на внешнюю или внутреннюю сторону мембраны через электрод. В естественных условиях стимулом часто служит химический сигнал от соседних клеток, поступающий через синапс или путём диффузной передачи через межклеточную среду. Смещение мембранного потенциала может происходить в отрицательную (*гиперполяризация*) или положительную (*деполяризация*) сторону.

В нервной ткани *потенциал действия,* как правило, возникает при деполяризации – если деполяризация мембраны нейрона дости-

гает некоторого порогового уровня или превышает его, клетка возбуждается, и от её тела к аксонам и дендритам распространяется волна электрического сигнала.

Это обусловлено тем, что на мембране клетки находятся ионные каналы – белковые молекулы, образующие в мембране поры, через которые ионы могут проходить с внутренней стороны мембраны на наружную и наоборот. Большинство каналов ионо-специфичны - натриевый канал пропускает практически только ионы натрия и не пропускает другие (это явление называют селективностью). Мембрана клеток возбудимых тканей (нервной и мышечной) содержит большое количество *потенциал-зависимых* ионных каналов, способных быстро реагировать на смещение мембранного потенциала. Деполяризация мембраны в первую очередь вызывает открытие потенциал-зависимых натриевых каналов. Когда одновременно открывается достаточно много натриевых каналов, положительно заряженные ионы натрия устремляются через них на внутреннюю сторону мембраны. Движущая сила в данном случае обеспечивается градиентом концентрации (с внешней стороны мембраны находится намного больше положительно заряженных ионов натрия, чем внутри клетки) и отрицательным зарядом внутренней стороны мембраны. Поток ионов натрия вызывает ещё большее и очень быстрое изменение мембранного потенциала, которое и называют *потенциалом действия* (в специальной литературе обозначается ПД).

Если на нервное или мышечное волокно действует раздражитель, то проницаемость мембраны тут же изменяется. Она увеличивается для ионов натрия, т. к. концентрация натрия в тканевой жидкости выше, то ионы устремляются в кислоту, уменьшая до нуля мембранный потенциал. На некоторое время возникает разность потенциалов с обратным знаком (реверсия мембранного потенциала).

а) фаза деполяризации

б) фаза реполяризации

в) фаза следовой реполяризации (потенциал)

Изменение проницаемости мембраны для Na+ продолжается недолго. Она начинает повышаться для K+ и снижается для Na+. Это соответствует фазе реполяризации. Нисходящая часть кривой соответствует следовому потенциалу и отражает восстановительные процессы наступающие после раздражения.

Амплитуда и характер временных изменений потенциала действия (пд) мало зависит от силы раздражителя. Важно, чтобы это сила была определенной критической величины, которая называется раздражения или реобазой. Возникнув в месте раздражения (ПД) распространяется по нервному или мышечному волокну, не изменяя своей амплитуды. Наличие порога раздражения и независимость амплитуды потенциала действия от силы стимула называется законом «все» или «ничего». Кроме силы раздражения важно и время действия его. Слишком короткое время действия раздражителя не приводит к возбуждению. Потенциал действия возникает, когда деполяризация мембраны достигнет критического уровня. Но локальный ответ важен. Он подготавливает ткани к последующим воздействиям.

Проведение возбуждения

Возбуждение распространяется по нервным и мышечным волокнам вследствие образования в них потенциала действия и местных электрических токов. Если в каком-либо участке нервного волокна вследствие действия раздражителя зарождается потенциал действия, то мембрана в этом участке будет заряжена «+». Соседний невозбужденный участок «—».

Возникает местный ток, который деполяризует мембрану и способствует возникновению в этом участке потенциала действия. Таким образом происходит распространение возбуждения по волокну.

В естественных условиях возбуждение по волокну распространяется в виде прерывистых импульсов определенной частоты. Это связано с тем, что после каждого импульса нервное волокно на короткий промежуток времени становится невозбудимым. Изменение возбудимости исследуют при помощи 2-х раздражителей, действующих с определенным интервалом.

Рефлекторная дуга – путь, по которому проводятся нервные импульсы во время рефлекса. Состоит из 5 частей:

1. Р*ецептор;*

- каждый рецептор воспринимает определенный раздражитель;

- рецепторы преобразуют раздражители в серию нервных импульсов;

2. *чувствительный путь* – электрические нервные импульсы распространяются по мембранам отростков нейронов; чувствительный нейрон, лежащий в ганглии, передает возбуждение в центральную нервную систему;

3. У*часток центральной нервной системы;*

В нервной системе имеются вставочные нейроны, с помощью которых центральная нервная система регулирует силу рефлекторного ответа двигательный нейрон лежит в центральной нервной системе в передних рогах серого вещества спинного мозга;

4. Двигательный путь;

5. Рабочий орган.

Начальным звеном является сенсорный рецептор, образованный нервным окончанием чувствительного нейрона или чувствительной клеткой сенсоэпителиального происхождения (рис. 23).



Рис. 23. Взаимодействие рефлекторной дуги и рефлекторного кольца

В состав дуги кроме рецептора входят: афферентный (чувствительный, центростремительный) нейрон, ассоциативный (или вставочный) нейрон, эфферентный (двигательный, центробежный) нейрон и эффектор (рабочий орган) (рис. 24, 25).

Эффектором могут быть мышца, на волокнах которой заканчивается синапсом аксон эфферентного нейрона, экзо- или эндокринная железа, иннервируемые эфферентным нейроном. Вставочных

нейронов может быть один или много или ни одного. Эфферентный и вставочный нейроны обычно располагаются в нервных центрах.

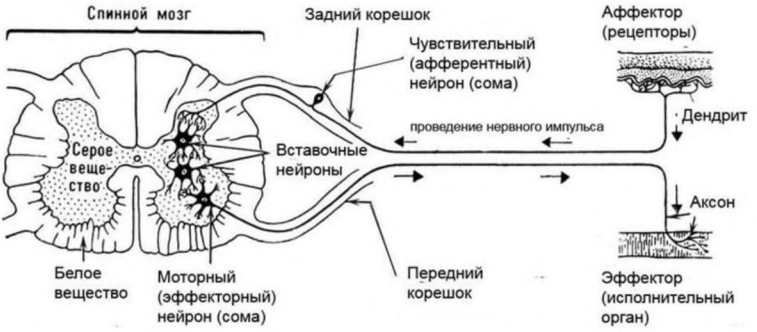


Рис. 24. Схема соматической рефлекторной дуги

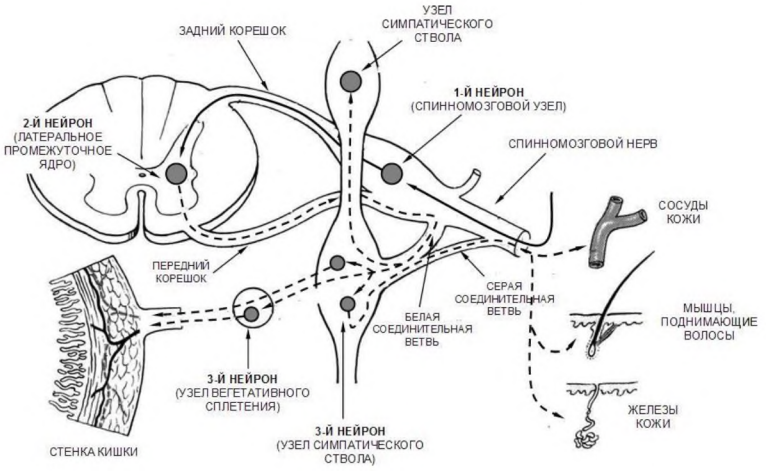


Рис. 25. Схема вегетативной рефлекторной дуги

Первое представление о рефлексе как общем принципе организации нервной деятельности и его зависимости от внешних стиму-

лов принадлежит французскому естествоиспытателю – физику, математику и философу Рене Декарту (1596-1650). Р. Декарт, наблюдая за тем, что прикосновение к роговице глаза вызывает мигание, выдвинул гипотезу об «отраженной деятельности». Он считал, что «животные духи» переходят с одних нервов на другие и отражаются от мозга как лучи солнца от зеркальной поверхности. Он распространил принцип автоматизма рефлекторной реакции на все так называемые непроизвольные движения.

Термин «рефлекс» был предложен в 1736 (по другим данным в 1743 г.) французским врачом и философом Асперуха Монпелье. Монпелье понимал рефлекс в физическом смысле - как зеркальное отражение.

Во 2-й половине 19 в. И.М. Сеченов обосновал представление об универсальном значении рефлекторного принципа в деятельности спинного и головного мозга как для непроизвольных, автоматических, так и произвольных движений, связанных с участием сознания и психической деятельности мозга. В своей работе «Рефлексы головного мозга» (1863) он писал: «все акты сознательной и бессознательной жизни по способу происхождения суть рефлексы». Таким образом, по Сеченову рефлекс – это универсальная форма взаимодействия организма со средой.

Эта концепция Сеченова послужила основой для развития представления И.П. Павлова о приспособительном значении рефлекторной деятельности и учения об условных рефлексах.

Рефлексы (рефлекторные реакции) подразделяют на безусловные и условные.

Безусловные рефлексы являются врожденными, проявляются при воздействии специфического раздражителя на строго определенное рецепторное поле. Они присущи представителям данного вида живых существ.

Условные рефлексы являются приобретенными - вырабатываются на протяжении всей жизни индивидуума. Подробная характеристика их будет дана при изучении высших интегративных функций мозга.

По биологической значимости рефлекторной реакции выделяют: пищевые, оборонительные, половые, ориентировочные, статокинетические рефлексы.

По типу рецепторов, с которых вызывается рефлекс, разли-

чают: эстероцептивные, интероцептивные, проприоцептивные рефлексы. Среди последних выделяют сухожильные и миотатические рефлексы.

По участию в осуществлении рефлекса соматического или автономных отделов ЦНС и эффекторных органов различают соматические и автономные рефлексы.

Соматическими называют рефлексы, если эффектор и рецептивное поле рефлекса относятся к соматическим структурам. Примером автономного рефлекса является рефлекторное замедление сердечной деятельности, вызванное воздействием на рецепторы желудка. Примером соматического рефлекса является сгибание руки в ответ на болевое раздражение кожи.

Автономными называют рефлексы, эффектором в которых являются внутренние органы, а эфферентная часть рефлекторной дуги образована нейронами автономной нервной системы.

По уровню ЦНС, на котором замыкается рефлекторная дуга, выделяют спинальные, бульбарные (замыкающиеся в продолговатом мозге), мезенцефальные, таламические, корковые рефлексы.

По количеству нейронов рефлекторной дуги рефлекса и числу центральных синапсов: двухнейронные, трехнейронные, мультинейронные; моносинантические, полисинаптические рефлексы.

Контрольные вопросы

1. Какие особенности характерны для нервной клетки?
2. Какой принцип лежит в основе образования мембранного потенциала?
3. Опишите принцип распространения возбуждения по нервным волокнам?
4. Какие компоненты входят в состав рефлекторной дуги?
5. В какие группы объединяют рефлексы
6. Какие группы делятся рефлексы по количеству нейронов рефлекторной дуги и числу центральных синапсисов?

Занятие 8. Нервная система. Отделы головного мозга

Цель занятия – изучить строение и функции нервной системы. Рассмотреть отделы головного мозга.

В согласовании всех функционирующих в организме многочисленных анатомических структур в точном соответствии с реальной ситуацией и обстановкой в окружающей среде главная роль принадлежит нервной системе (рис. 26).



Рис. 26. Нервная система человека

Нервную систему принято разделять на *центральную* и *периферическую*. К центральной нервной системе относят *головной* и *спинной мозг* (рис. 27).

Периферическая нервная система осуществляет связь головного и спинного мозга со всеми органами тела. К периферической нервной системе относят *нервы*, *нервные сплетения*, *нервные узлы* (*ганглии*) и *стволы*. В нервной системе выделяют *афферентный* и *эфферентный отделы*.



Рис. 27. Отделы нервной системы

Эфферентный отдел подразделяют на соматический (анимальный) и автономный (вегетативный). *Соматическая* (от греч. soma - тело) *нервная система* иннервирует кожные покровы тела, а также весь двигательный аппарат, в том числе кости, суставы и мышцы. *Вегетативная* (от лат. *vegetatio* – растительный), или *автономная*, *нервная система* иннервирует внутренние органы, кровеносные сосуды и железы, контролируя и регулируя тем самым обменные процессы в организме. Регуляция жизнедеятельности организма протекает при гармоничном сочетании работы всех отделов нервной системы.

На рисунке 28 представлены основные отделы головного и спинного мозга и последовательность их расположения. *Головной мозг* (*encephalon*) включает: *конечный мозг* (cerebrum), в котором выделяют левое и правое полушария (hemispheriae cerebri), каждое

из которых в свою очередь включает кору мозга, белое вещество и ба зальные ядра; промежуточный мозг; средний мозг, мост, продолговатый мозг и мозжечок. В *спинном мозге* различают *шейный*, *грудной*, *поясничный*, *крестцовый* и *копчиковый отделы*.

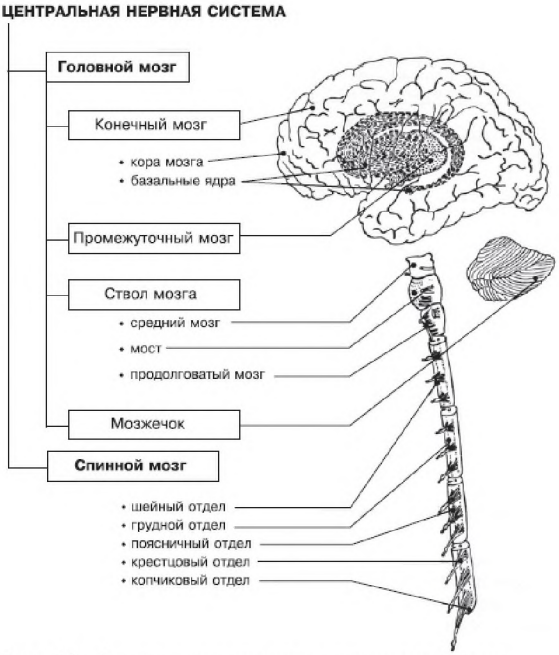


Рис. 28. Отделы головного и спинного мозга

Головной мозг находится в полости черепа (рис. 29). Масса мозга человека составляет в среднем 1400 г (1245 г – у женщин и 1375 г – у мужчин), но может колебаться от 1100 до 2000 г. Головной мозг принято делить на 3 части:

1) большой мозг - большие полушария;
2) малый мозг, или мозжечок;
3) мозговой ствол. К мозговому стволу относятся:
- продолговатый мозг;
- мост;
- средний мозг;
- промежуточный мозг (клиницисты его не относят к стволу).

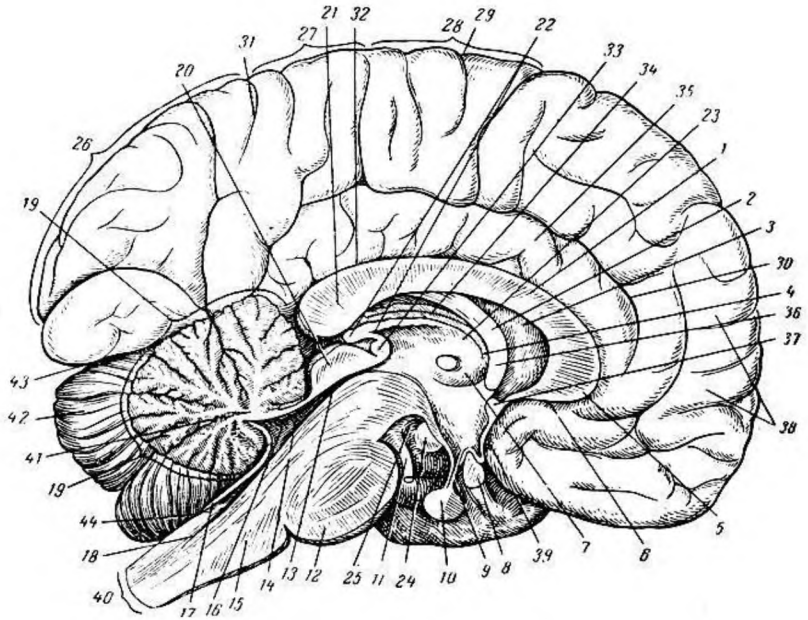


Рис. 29. Сагиттальный разрез головного мозга

1 – мозолистое тело; 2 – свод; 3 – прозрачная перегородка; 4 – монроево отверстие; 5 – колено; 6 – клюв мозолистого тела; 7 – полость третьего желудочка; 8 - зрительный перекрест (в разрезе); 9 – воронка; 10 - придаток мозга; 11 – глазодвигательный нерв; 12 – варолиев мост; 13 – сильвиев водопровод; 14 – передний мозговой парус; 15 – продолговатый мозг; 16 – четвертый желудочек; 17 – задний мозговой парус; 18 – центральный канал спинного мозга; 19 – разрез червячка мозжечка; 20 – четверохолмие; 21 – утолщение мозолистого тела; 22 – шишковидное тело; 23 – боковая стенка третьего желудочка (зрительный бугор); 24 – титечное тело; 25 – заднее продырявленное пространство; 26 – часть затылочной доли (клин); 27-28 – теменная доля; 29 – верхний конец роландовой борозды; 30 – поясная борозда; 31 – теменно-затылочная борозда; 32 – борозда мозолистого тела; 33 – задняя спайка; 34 – сосудистая покрышка третьего желудочка; 35 – поясная извилина; 36 – передняя ножка свода; 37 – передняя спайка; 38 – лобная доля; 39 – передняя стенка третьего желудочка; 40 – место разреза продолговатого мозга у места перехода его в спинной мозг; 41 – белое вещество мозжечка; 42 – полушарие мозжечка; 43 – нижний край затылочной доли; 44 – отверстие Мажанди

Продолговатый мозг является непосредственным продолжением спинного мозга и в основном сохраняет его форму и строение. Продолговатый мозг имеет вид луковицы. Верхний расширенный конец его граничит с мостом, а нижней границей служит уровень

большого отверстия затылочной кости. Серое вещество продолговатого мозга представлено дыхательным центром (регулирует частоту и глубину дыхания), сосудодвигательным центром (регулирует ритм сердца, кровяное давление), центрами безусловных пищевых рефлексов (сосания, глотания, слюноотделения), центрами защитных рефлексов (чихания, рвоты, кашля, мигания, слезоотделения), ядрами четырех пар (9-12) черепных нервов.

Также в его толще находятся нейроны ретикулярной формации, скопления которых образуют, в частности, дыхательный и сосудодвигательный центры.

Ретикулярная формация представляет собой совокупность клеток и нервных волокон, расположенных в стволе мозга и образующих сеть. Ретикулярная формация связана со всеми органами чувств, двигательными и чувствительными областями коры большого мозга, таламусом и гипоталамусом, спинным мозгом. Она регулирует уровень возбудимости и тонуса различных отделов ЦНС, включая кору большого мозга, участвует в регуляции уровня сознания, эмоции, сна и бодрствования, вегетативных функций, целенаправленных движений.

Задний мозг состоит из варолиева моста и мозжечка. Мост лежит спереди продолговатого мозга и имеет переднюю (выпуклую) и заднюю (плоскую) поверхности, которые образует верхнюю часть ромбовидной ямки. Боковые его части сужены и являются ножками моста, которые соединяют мост с мозжечком. Мост состоит из серого и белого вещества. Серое вещество находится внутри и представлено ядрами 5-8 пар черепных нервов. Белое вещество располагается снаружи и состоит из продольных и поперечных волокон. Вся эта система проводящих путей связывает через мост кору больших полушарий с корой полушарий мозжечка.

Мозжечок находится позади продолговатого мозга и имеет прямое отношение к координации движения. Мозжечок помещается под затылочными долями полушарий большого мозга, в черепной ямке. В нем различают боковые части или полушария и червь, расположенный между полушариями. В отличие от спинного мозга и ствола серое вещество (кора) находится на поверхности мозжечка, а белое расположено внутри, под корой. Осуществляет поддержание равновесия или определенной позы, координацию быстрых и точных движений. У продолговатого и заднего мозга есть общая по-

лость, получившая название четвертого мозгового желудочка, который напоминает палатку и имеет дно и крышу. Дно желудочка представлено ромбовидной ямкой.

Средний мозг образован крышей (четверохолмие) и ножками мозга. Ножки состоят из белого вещества, по ним идут проводящие пути. Покрышка – средняя часть отдела мозга, содержит ядра черепных нервов: III (глазодвигательного) и IV (блокового); центральное серое вещество с Сильвиевым водопроводом, красные ядра и черную субстанцию. В верхних буграх четверохолмия локализованы подкорковые зрительные центры; в нижних - подкорковые слуховые центры.

Промежуточный мозг расположен выше среднего мозга; полостью его является III желудочек; состоит из двух отделов – зрительного мозга и подбугорной области (гипоталамуса), содержащих более 40 ядер серого вещества:

Конечный мозг имеет поверхности: верхнебоковую, медиальную и нижнюю (основание мозга). Поверхность мозга покрыта бороздами и извилинами. На верхнебоковой поверхности две борозды делят её на четыре доли. Центральная борозда отделяет лобную долю от теменной, боковая – височную – от лобной и теменной. Затылочная доля отделена теменно-затылочной бороздой, проходящей на медиальной поверхности мозга, и отделяет затылочную долю от теменной.

Мозолистое тело опоясывает поясная извилина, переходящая в окологиппокампову извилину, оканчивающуюся крючком. В больших полушариях находятся боковые желудочки; на дне нижнего рога бокового желудочка лежит гиппокамп.

Серое вещество больших полушарий расположено на поверхности и образует кору, а также находится в виде крупных ядер в толще мозга. Кора больших полушарий толщиной 1,3-5,0 мм, содержит зернистые и пирамидные нервные клетки, расположенные послойно (шесть слоёв). В коре различают двигательные и сенсорные зоны, где располагаются центры, регулирующие выполнение определённых функций.

Между ядрами расположены прослойки белого вещества – капсулы – наружная и внутренняя, через которые проходят волокна проводящих путей.

Проводящие пути мозга – пучки нервных отростков, соединяющих спинной и головной мозг. Различают четыре группы путей:

- восходящие (чувствительные);
- нисходящие (двигательные);
- комиссуральные (соединяют половины мозга);
- ассоциативные (внутри половины мозга).

По восходящим путям к головному мозгу поступают сигналы от различных рецепторов кожи (прикосновения, давления, температуры, боли), рецепторов мышц и сухожилий. Основные функции отделов головного мозга представлены в таблице 2.

Таблица 2

Отделы мозга и их функции

Отдел мозга	**Особенности строения**	**Функции**
Продолговатый мозг	Является продолжением спинного мозга, в их строении много общего. Серое вещество располагается отдельными скоплениями – ядрами. Есть нервные центры, ответственные за акты глотания, работу пищеварительных желёз	Рефлекторные и проводящие. Через ядра осуществляются многие рефлекторные процессы: кашель, чихание, слюноотделение
Средний мозг	Является частью ствола мозга. Имеется четыре небольших бугорка – четверохолмие. Нейроны верхних бугров реагируют на объекты, быстро передвигающиеся в поле зрения. Нижние бугры – центры первичной обработки слуховых стимулов. Реагируют на сильные резкие звуки, приводя слуховую систему в состояние повышенной готовности	Нейроны верхних бугров управляют направлением взгляда и приведением зрительной системы в состояние повышенной готовности при сильных зрительных стимулах. Если в поле зрения человека что-то промелькнёт или с ним рядом раздастся какой-то шум, то человек невольно вздрагивает и мышцы его напрягаются
Мост	Находятся нервные волокна, по которым нервные импульсы идут вверх в кору большого мозга или обратно вниз – в спинной мозг, к мозжечку, к продолговатому мозгу	Находятся центры, связанные с мимикой, жевательными функциями
Промежуточный мозг (таламус и гипоталамус)	Состоит из таламуса и гипоталамуса. К низу от гипоталамуса на тонкой ножке расположена железа внутренней секреции – гипофиз. Таламус – центр анализа всех видов чувствительной информации, кроме обонятельной. Передние	В результате в соответствующие зоны коры больших полушарий из таламуса поступают новые и важные сигналы, а также информация, связанная с текущей деятельностью. Нижняя часть промежуточного мозга – гипоталамус – также выполняет

	ядра гипоталамуса – центр парасимпатических влияний, задние – центр симпатический влияний	важнейшие функции, являясь высшим центром вегетативной регуляции
Мозжечок	Расположен на задней стороне ствола мозга. Вес мозжечка взрослого человека – 150 г. Строение мозжечка похоже на строение всего мозга. Со средним мозгом мозжечок соединён тремя парами ножек. Состоит из червя и полушарий, разделённых бороздами на доли. В мозжечок поступает информация от всех двигательных систем: из больших полушарий, из среднего и спинного мозга	Регуляция позы тела и поддержание мышечного тонуса; координация медленных произвольных движений; обеспечение точности быстрых произвольных движений. При разрушении червя мозжечка человек не может ходить и стоять, у него нарушается чувство равновесия

Спинной мозг является филогенетически самым древним отделом ЦНС (центральной нервной системы). В нем располагаются нейроны нескольких типов. Около трех процентов составляют двигательные нейроны или мотонейроны. Они, в свою очередь подразделяются на альфа- мотонейроны фазические (быстрые) и альфа-мотонейроны тонические (медленные), а также гамма- мотонейроны. Кроме того, более 95% приходится на вставочные или интернейроны, среди которых выделяют собственные спинальные и проекционные.

Спинной мозг имеет переднюю и заднюю поверхности. На каждой из поверхностей имеются продольные борозды. На передней поверхности посередине располагается передняя срединная щель, на задней – задняя срединная борозда. Они делят спинной мозг на две симметричные половины. На боковых поверхностях спинного мозга симметрично входят задние (афферентные) и выходят передние (эфферентные) корешки спинномозговых нервов. Линии входа и выхода делят каждую половину на три канатика спинного мозга (передний, боковой и задний).

Спинной мозг состоит из серого вещества, содержащего нервные клетки, и белого вещества, образованного нервными волокнами. Серое вещество расположено внутри спинного мозга и со всех сторон окружено белым веществом. На поперечном разрезе серое вещество напоминает букву Н. В сером веществе выделяют передние и задние рога, причем первые шире вторых. На протяжении

грудного отдела и в 1–3 сегментах поясничного отдела спинного мозга, помимо передних и задних рогов, имеются боковые рога.

Передний столб спинного мозга содержит: 1) прямой или не перекрещённый, пирамидный путь (*tractus pyramidalis anterior*); 2) преддверноспинальный путь (*tractus vestibulospinalis*); 3) тектоспинальный путь (*tractus tectospinalis*) и один сенсорный пучок – передний спиноталамический (*tractus spinothalamicus anterior*).

Боковой столб спинного мозга содержит три двигательных пучка: 1) боковой, или перекрещенный, пирамидный (*tractus pyramidalis lateralis*); 2) рубоспинальный (*tractus rubrospinalis*); 3) ретикулоспинальный (tractus reticulospinalis) и четыре чувствительных пучка: 1) прямой, или неперекрещенный, спиномозжечковый пучок Флексига (*tractus spinocerebellaris posterior*); 2) перекрещенный спиномозжечковый пучок Говерса *(tractus spinocerebellaris anterior*); 3) боковой спиноталамический пучок (tractus *spinothalamicus lateralis*) 4) спинотектальный пучок (t*ractus spinotectalis*). Задний столб спинного мозга содержит только два пучка: 1) тонкий пучок Голля (*fasciculus gracilis*); 2) клиновидный пучок Бурдаха (*fasciculus cuneatus*).

Спинной мозг выполняет рефлекторную и проводниковую функции. Основной формой нервной деятельности является рефлекс. Это ответная реакция организма на раздражение из внешней или внутренней среды, осуществляемая центральной нервной системой. Основой рефлекса является рефлекторная дуга. Она состоит из рецепторов, афферентной, или чувствительной, части, центральной, эфферентной, или двигательной, части и рабочего органа. Афферентная часть представлена рецепторами и чувствительными, или центростремительными, нейронами. Дальше импульс поступает в центральную нервную систему, где переключается на один или несколько вставочных нейронов, а затем по центробежному или двигательному нейрону поступает к рабочему органу – эффектору.

Существует несколько классификаций спиномозговых рефлексов, основные из них две следующие: 1-я - по рецепторам, раздражение которых вызывает рефлекс. По ней различают: Проприорецептивные, висцерорецептивные и кожные рефлексы. Проприорецептивные - запускаются рецепторами мышц, суставов и сухожильными рецепторами. Отсюда их первоначальное название - сухожильные рефлексы.

Различают две формы сухожильных рефлексов: - фазический рефлекс на растяжение (возникает в ответ на очень кратковременное растяжение мышцы например удар – коленный рефлекс. - тонический рефлекс на растяжение (возникает в ответ на длительное растяжение, продолжающееся десятки сек.); (открыт в 1924 г. Ч.Шеррингтоном). Основным отличием от фазических рефлексов являются временные характеристики их течения: фазический рефлекс представляет собой кратковременную (фазную реакцию), рефлексы же растяжения носят длительный, тонический характер (растяжение мышцы - лучше экстензора - вызывает рефлекторное тоническое сокращение мышечных волокон, которое противодействует растяжению); Такие рефлексы ещё называются миотатическими, а фазические просто сухожильными

Контрольные вопросы

1. Где расположен головной мозг, чем он защищен?
2. Назовите функции среднего мозга.
3. Какие части головного мозга являются продолжением спинного мозга?
4. Чем правое полушарие мозга отличается от левого?
5. Что такое борозды и извилины, какова их функция?
6. Раскройте понятие «рефлекс»?

Занятие 9. Высшая нервная деятельность. Формы поведения. Методы изучения деятельности нервной системы

Цель занятия – изучить высшую нервную деятельность. Рассмотреть формы поведения. Рассмотреть методы изучения деятельности нервной системы.

Для современных представлений о работе мозга и поведении решающим явилось открытие И.П. Павловым принципа условно рефлекторной связи – *условного рефлекса — этой своеобразной функциональной единицы*, основного и характерного вида деятельности головного мозга, основы, на которой в конечном итоге строится высшая нервная деятельность, почти все поведение высокоразвитого организма.

«Центральное физиологическое явление в нормальной работе больших полушарий, – писал Павлов, – есть то, что мы назвали условным рефлексом. Это есть временная нервная связь бесчисленных агентов окружающей животное среды, воспринимаемых рецепторами данного животного, с определенными деятельностями организма. Это явление в психологии называют ассоциацией».

Безусловный рефлекс – это врожденная видоспецифическая реакция организма, рефлекторно возникающая в ответ на специфическое воздействие раздражителя, на воздействие биологически значащего (боль, пища, тактильное раздражение и т.д.) стимула, адекватного для данного вида деятельности. Безусловные рефлексы связаны с жизненно важными биологическими потребностями и осуществляются в пределах стабильного рефлекторного пути. Они составляют основу механизма уравновешивания влияний внешней среды на организм. Безусловные рефлексы возникают на непосредственные сенсорные признаки адекватного для них раздражителя и, таким образом, могут быть вызваны сравнительно ограниченным числом раздражителей внешней среды.

Совпадение во времени любого стимула, воспринимаемого органами чувств, с действием факторов, вызывающих врожденный рефлекс, придает этому индифферентному («безразличному») раздражителю сигнальное значение, т.е. значение связи с той или иной потребностью организма. Этот ранее индифферентный сигнал становится условным сигналом к определенной деятельности.

Условные рефлексы – индивидуальный приобретенный опыт позволяющий реагировать на все многообразие стимулов внешней среды.

ВНД (высшая нервная деятельность) – условно рефлекторная деятельность отделов мозга, обеспечивающих адекватное отношение организма к внешнему миру – поведение.

Низшая нервная деятельность – деятельность спинного мозга и отделов головного мозга, заведующих интеграцией и соотношениями между частями тела.

ВНД – совокупность нейрофизиологических процессов, обеспечивающих сознание, подсознание и приспособительное поведение.

Исходный базовый принцип физиологии высшей нервной деятельности составляет *основной закон биологии* – единство организма и среды. Живой организм находится в состоянии подвижного равновесия с окружающей средой. Этот закон предусматривает приспособительную изменчивость организма относительно среды.

Исследование отдельных функций И.П. Павлов проводил с позиций системной организации. Он рассматривал функции организма как «саморегулирующиеся системы», в которых гомеостаз является одним из основных механизмов регуляции постоянства внутренней среды организма.

Активное взаимодействие организма и среды осуществляется по рефлекторному принципу. Уравновешивание организма с внешней средой осуществляется благодаря безусловно-рефлекторной деятельности нервной системы.

Согласно рефлекторной теории Сеченова-Павлова причина любого рефлекторного акта лежит вне его. И.П. Павлов делает очень важное замечание, что благодаря условным рефлексам *явления* внешней среды 1) могут отражаться в деятельности организма, 2) или остаются индифферентными, незначащими для него. Благодаря условным рефлексам организм активно избирательно относится к окружающей действительности.

Павлов сформулировал представление о трех свойствах нервной системы и представил в виде классификации типов ВНД, на базе которых произвел разделение по типологии поведения.

Сила нервных процессов, иначе сила возбуждения и торможения. Сильными животными (или животными с сильными нервными процессами) считаются те, которые легко образуют условные рефлексы на интенсивно и очень интенсивно действующие раздражители. У животных со слабыми нервными процессами вместо этого развивается запредельное торможение. Главное назначение этого

свойства – дать меру работоспособности нервной системы, способности достаточно долго противостоять утомлению.

Уравновешенность нервных процессов. Здесь выделены два основных варианта: возбуждение и торможение уравновешивают друг друга (уравновешенный тип) либо процессы возбуждения преобладают над процессами торможения (неуравновешенный тип).

Подвижность нервных процессов. С помощью этого свойства можно оценить способность нервной системы быстро менять свое состояние - переходить от возбуждения к торможению, и обратно.

Различные варианты сочетаний этих свойств дают довольно большое количество типов ВНД. Однако Павлов, проводя классификацию, старался держаться в рамках четырех классических темпераментов, выделенных еще Гиппократом (рис. 30).

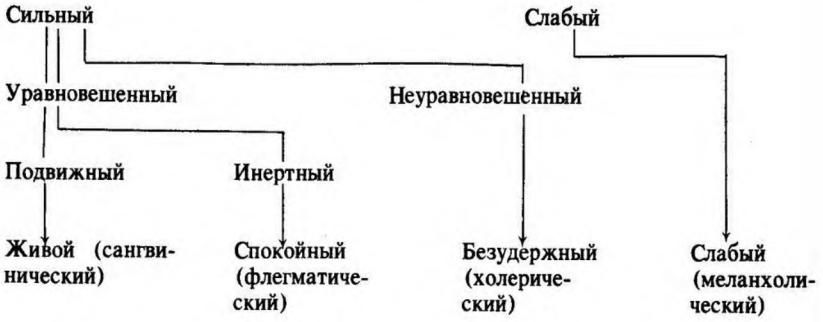


Рис. 30. Типы ВНД по И.П.Павлову

Охарактеризуем каждый тип ВНД применительно к человеку (рис. 29).

Холерик. Тип легковозбудимый, эмоциональный, общительный. Холерика отличает высокий уровень активности, энергичность действий, сильные и ярко выраженные эмоциональные переживания. Для него характерна несдержанность, вспыльчивость в конфликтных ситуациях.

Сангвиник. Тип спокойный, устойчивый, с хорошо развитым вниманием и работоспособностью, максимально высоким уровнем исследовательской активности. Он подвижен, общителен, быстро отзывается на события, легко переживает неудачи и неприятности.

Флегматик. Тип малоэмоциональный, малообщительный, малоподвижный, с хорошо развитым вниманием и работоспособностью. Его отличает низкий уровень поведенческой активности, он медлителен, спокоен, ровен. Характерно постоянство чувств и настроений. Процесс изменения привычек и навыков у флегматика затруднен.

Меланхолик. Тип легковозбудимый, малообщительный, неуверенный в себе. Отличается сниженным уровнем двигательной и речевой активности, эмоциональной ранимостью. Склонен к глубоким внутренним переживаниям. Меланхоликам в наибольшей степени свойственны нестандартные ходы воображения и мышления, различные проявления творческих процессов.

Психическая деятельность (ПД) нервной системы - любая осознаваемая – деятельность мозга. Виды ПД – потребности, ощущения, представление, мышление, воля, эмоции, сон, память, речь, внимание, сознание.

Подавляющее большинство поведенческих актов человек совершает, используя уже готовую программу поведения. Такие целостные двигательные программы получили название фиксированных комплексов действия (ФКД).

Психика – это форма деятельности нервной системы, направленная на адекватное ориентирование и связь с окружающей средой; основное внешнее проявление психики - формы двигательной активности (моторика, возбуждение, секреция).

Поведение – извне наблюдаемая двигательная активность, включающая моменты неподвижности, исполнительное звено взаимодействия целостного организма с окружающей природой (рис. 31).

Любое сложное поведение можно представить, как ряд психических актов. Схема этой последовательности одинаковая для животных и человека.

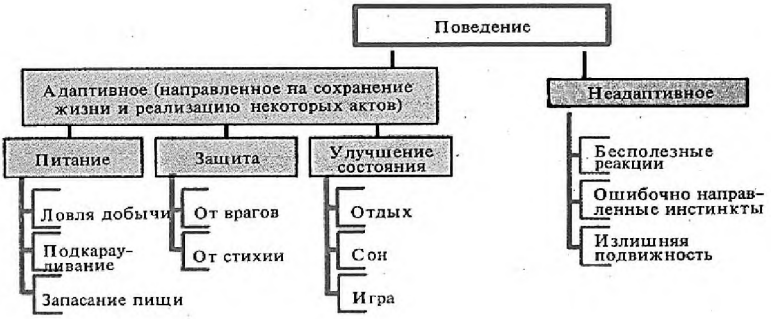


Рис. 31. Поведение – форма адаптации организма

Цель поведения – удовлетворение потребности.

Потребность – основа поведения, это желание, возникающее у особи и являющаяся внутренней силой побуждающей к различным формам активности.

Актуализация (доминирование) любой потребности связано с определенными изменениями во внутренней среде (в некоторых случаях они провоцируются внешними факторами). При этом необходимо чтобы отклонения константы внутренней среды достигло определенного порогового значения. Например, пищевая потребность возникает в результате:

- изменения концентрации глюкозы в крови;
- нервных импульсов поступающих из желудочно-кишечного тракта.

Эти сигналы воспринимаются специфическими отделами нервной системы и формируют ощущение голода.

Потребности предполагают существование предметов, удовлетворяющих её. Для животных эти предметы имеются в природе, для человека обычно это продукты его труда. За каждой потребностью в филогенезе и онтогенезе закрепляется способ её удовлетворения. Многие процессы в организме протекают периодически, подчиняясь собственному внутреннему ритму, независимо от внешних воздействий типа смена дня и ночи.

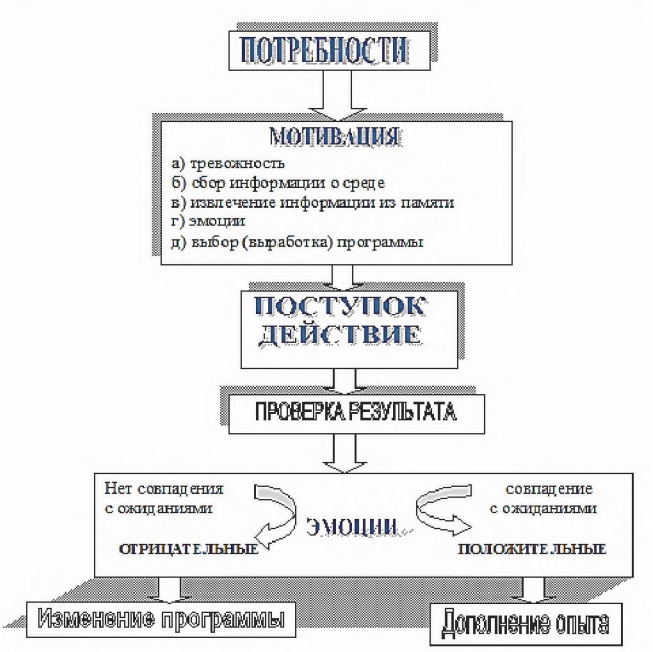


Рис. 32. Структура поведения

На основе потребности формируется мотивация. Термин «*мотивация*» означает «то что вызывает движение». Потребность перерастает в мотивацию, которая активизирует память о способах удовлетворения потребности (рис. 32).

Потребность не всегда преобразуется в мотивационные возбуждения, но без должного мотивационного возбуждения невозможно удовлетворение соответствующих потребностей. В этом механизме можно выделить несколько этапов. Общая эффективность работы зависит от уровня тревоги. В рамках мотивационного возбуждения происходит не сбор всей доступной информации, а поиск ключевого стимула, который позволит охарактеризовать ситуацию как знакомую, такую, с которой животное (человек) уже сталкивался.

Одновременно из памяти извлекаются сведения об аналогичных ситуациях и программах действия, которые использовались раньше. Эмоции при этом становятся регулирующим фактором.

Сила эмоций пропорциональна недостатку информации о способе удовлетворения текущей потребности. Чем менее знакома ситуация, тем сильнее эмоции. Кроме того, если в памяти обнаруживается несколько способов удовлетворения потребности, то возникающие на этом этапе эмоции сильнее, чем, если бы, был один вариант.

Эмоции – мощный регулятор поведения. *Отрицательные* эмоции возникают в случае несовпадения полученного результата и побуждают организм изменить программу действия. *Положительные* эмоции возникают при совпадении полученного результата с ожидаемым, т. е. при удовлетворении потребности, и стимулируют закрепление в памяти нового сочетания — изменения в среде и эффективный ФКД.

В память помещаются сведения о потребности, состоянии внешней среды, сами действия, который привели к удовлетворению данной потребности, и сведения об эффективности этого поведения, т. е. о затрачином количестве энергии и времени.

Выбор или создание программы действия (сценария, проекта, плана) непосредственно предшествует поведенческому акту. В подавляющем большинстве случаев ни животные, ни человек, не разрабатывают программу действия, а используют ту, которая уже применялась ранее при схожей ситуации.

Память – свойство нервной системы к длительному хранению информации о внешних событиях. Память – это особая форма психического отражения действительности, заключающаяся в закреплении, сохранении и последующем воспроизведении информации в живой системе.

По современным представлениям, в памяти закрепляются не отдельные информационные элементы, а целостные системы знаний, позволяющие всему живому приобретать, хранить и использовать обширный запас сведений в целях эффективного приспособления к окружающему миру.

Память как результат обучения связана с такими изменениями в нервной системе, которые сохраняются в течение некоторого времени и существенным образом влияют на дальнейшее поведение живого организма. Комплекс таких структурно-функциональных изменений связан с процессом образования *энграмм-следов* памяти (термин, предложенный зоологом Дж. Янгом в 50-х гг.).

Согласно И.П. Павлову, физиологической основой запоминания служит условный рефлекс как акт образования временной связи между стимулом и реакцией. Эти формы памяти и научения называют простыми, чтобы отличать от научения, имеющего произвольный осознанный характер. Элементарные формы научения есть даже у беспозвоночных.

Память разделяется также на:

- *генотипическую*, или филогенетическую – связана с безусловными рефлексами и инстинктами;
- *фенотипическую* – обеспечивает обработку и хранение информации, приобретаемой в ходе онтогенеза на основе различных механизмов научения.

В ходе совершенствования механизмов адаптации развились и упрочились более сложные формы памяти, связанные с запечатлением разных сторон индивидуального опыта.

Мнестические процессы могут быть связаны с деятельностью разных анализаторов, поэтому существуют специфические виды памяти соответственно органам чувств:

- зрительная;
- слуховая;
- тактильная;
- обонятельная;
- двигательная.

Уровень развития этих видов памяти у разных людей различен.

Существует классификация памяти по продолжительности закрепления и сохранения материала. По этому принципу память принято подразделять на три вида:

- ***иконическую,*** или сенсорную память (ИП). Длительность хранения в ИП составляет 250-400 мс, однако по некоторым данным этот процесс может продолжаться до 4 с. Объем ИП при наличии соответствующей инструкции от 12 до 20 элементов;

- ***кратковременную,*** *или* ***оперативную память*** (КВП). Длительность хранения в кратковременной памяти около 12 с, при повторении – дольше. Объем КВП представлен широко известным числом Миллера: 7±2 элемента:

- ***долговременную, или декларативную*** **память** (ДВП). Длительность хранения в ДВП неопределенно долгая, объем велик, а по некоторым представлениям неограничен.

Считается, что каждый из этих видов памяти обеспечивается различными мозговыми процессами и механизмами, связанными с деятельностью функционально и структурно различных мозговых систем.

Роль отдельных структур мозга в формировании памяти

В процессе обучения запоминание осуществляется с помощью различных структур мозга, включающих два уровня:

неспецифический (общемозговой) – стволовая ретикулярная формация, гипоталамус, ассоциативный таламус, гиппокамп и лобная кора;

модально-специфический (региональный) – различные отделы новой коры больших полушарий, за исключением лобной коры.

Мозговая кора больших полушарий - основной субстрат модуляции памяти. Разрушение ее отдельных структур может вызвать расстройство памяти за счет нарушения разных процессов: либо запоминания, либо сохранения, либо воспроизведения. Височные доли коры участвуют в запечатлении и хранении образной информации. При нарушении лобных долей отмечаются затруднения в организации действий, легкая отвлекаемость, наклонность к повторным стереотипным реакциям на раздражители.

Эмоции – особый класс психических процессов и состояний, связанных с потребностями и мотивами, отражающих в форме непосредственных субъективных переживаний (удовлетворения, радости, страха и т. д.) значимость действующих на индивида явлений и ситуаций.

Сопровождая практически любые проявления жизненной активности человека, эмоции служат одним из главных механизмов внутренней регуляции психической деятельности и поведения, направленных на удовлетворение потребностей.

Сон – это особая активность мозга, при которой у человека выключаются сознание и механизмы поддержания естественной позы, снижена чувствительность анализаторов. Сон человека имеет правильную циклическую организацию.

В течение сна различают пять стадий: четыре – медленноволнового сна и одна – быстрого. Иногда говорят, что сон состоит из двух фаз: медленной и быстрой. Завершенным циклом считается отрезок сна, в котором происходит последовательная смена стадий медленноволнового сна быстрым сном. В среднем отмечаются 4-6 таких циклов за ночь продолжительностью примерно 1,5 ч. каждый.

Несмотря на то что все высшие позвоночные животные спят, а человек проводит во сне не менее трети своей жизни, на протяжении веков оставались неизвестными природа и назначение этого состояния. К настоящему времени установлено, что люди, спящие 7-8 ч в сутки, живут дольше при прочих равных условиях.

Виды сна

- *монофазный* – приуроченный к суточной смене дня и ночи (у человека и животных);

- *полифазный* – если смена сна и бодрствования происходит несколько раз в сутки (дети, старики);

- *сезонный сон* (спячка) – наблюдается у ряда животных и обусловлен неблагоприятными для организма условиями среды: холод, засуха и т. д.

Кроме перечисленных, описаны следующие виды сна, обычно рассматриваемые как следствие нефизиологических воздействий на организм человека или животного:

- *наркотический* – вызываемый различного рода химическими воздействиями: вдыханием паров эфира, хлороформа, введением в организм наркотиков, алкоголя, морфия и т. д. Кроме того, такой сон может быть вызван электронаркозом (воздействием прерывистого электрического тока слабой силы);

- *патологический* – возникает при анемии мозга, мозговой травме, наличии опухолей в больших полушариях или поражении некоторых участков ствола мозга. Сюда же относится и летаргический сон, который может возникнуть как реакция на сильную эмоциональную травму может длиться от нескольких дней до нескольких лет. К явлениям патологического сна следует отнести также и снохождение (*сомнамбулизм*), физиологические механизмы которого до сих пор неизвестны;

- *гипнотический* – может быть вызван гипнотическим действием обстановки и воздействиями гипнотизера. Во время гипнотического сна возможно выключение произвольной корковой активности при сохранении частичного контакта с окружающим и наличием сенсомоторной деятельности.

По определению П.В. Симонова, ***сознание*** представляет собой знание, которое в абстрактной форме может быть передано другим людям. Этот смысл содержится и в самой этимологии слова «сознание» - «совместное знание». Оно возникло в процессе эволюции на

базе потребности к общению, передачи знаний и объединения усилий высокоорганизованных членов сообщества, какими являлись наши предки.

И. П. Павлов считал, что специфика высшей нервной деятельности человека возникла в результате нового способа взаимодействия с внешним миром, который стал возможен при трудовой деятельности людей и который выразился в **речи**.

Речь возникла как средство общения между людьми в процессе труда. Ее развитие привело к возникновению языка.

Под ***первой сигнальной системой*** понимают работу мозга, обуславливающую превращение непосредственных раздражителей в сигналы различных видов деятельности организма. Это система конкретных, непосредственно чувственных образов действительности, фиксируемых мозгом человека и животных.

Второй сигнальной системой обозначают функцию мозга человека, которая имеет дело со словесными символами («сигналами сигналов»). Это система обобщенного отражения окружающей действительности в виде понятий, содержание которых фиксируется в словах, математических символах, образах художественных произведений.

Поведение животных и человека бесконечно разнообразно по своим формами, проявлениями и механизмам. В настоящее время существует множество классификаций, различающихся критериями положенными в их основу.

I. ***КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ ПОВЕДЕНИЯ ПО Д. ДЬЮСБЕРИ*** (1981) выделяет три основные группы поведения - индивидуальное, репродуктивное и социальное.

Индивидуальное поведение – направленно на выживание и жизнеобеспечение отдельной особи:

Локомоци***я*** – перемещения в пространстве, движения необходимые для осуществления любых функций.

Манипуляции – совокупность действий особи с предметами, направленных на использование их для нужд.

Исследовательская активность – знакомство животного с окружающей средой или источником раздражения, таким образом создает основу для «индивидуального программирования поведения».

Кормовое поведение – сложный комплекс действий, включающий поиск, захват, удержание добычи и последующие манипуляции с ней.

Защитное поведение – избегание опасности, охрана детенышей, территорий, поиск убежища и т.д.

Комфортное поведение – поддержание чистоты тела, обустройство ночлега, почесывание и т.п.

Игра – совокупность специфических ювенильных действий, характерных главным образом для молодых особей (Фабри К., 1993) или – это форма деятельности « в которой совершенствуется управление поведением».

Орудийная деятельность – деятельность, когда предметы из среды используются для воздействия на другие для повышения эффективности поведения.

Репродуктивное поведение – обеспечивает сохранение вида; через образование брачных пар (сезонность, поиск партнера, ухаживание, спаривание), выведение потомства и воспитание его.

Социальное поведение – регулирует взаимоотношение особей, включает все виды взаимодействий в сообществе. Особи в местах обитания расселяются не хаотично, а в соответствии с наследственной программой сформировавшейся в ходе эволюции вида. Особи многих видов образуют сообщества, характеризующиеся сложной структурой: состав, система коммуникации, разделение ролей, аффилиация (тенденция держаться вместе), относительная изоляция от других группировок.

II. КЛАССИФИКАЦИЯ форм поведения по КРУШИНСКОМУ Л.В. (1986) основывается на критериях:

- Способ формирования в онтогенезе

- Нейробиологические механизмы лежащие в основе данного акта.

1 категория – поведение обусловлено наследственной программой, генетически детерминированные сценарии действий не требующие подготовки или тренировки в стандартных для вида ситуациях.

2 категория – поведение формирующееся по мере накопления индивидуального опыта.

3 категория – поведение в экстренной ситуации, принятие решения без подготовки, озарение (инсайт) = элементарная рассудочная деятельность животных.

III. КЛАССИФИКАЦИЯ форм поведения по функциям (по Симонову) исходит из положения что «поведение побуждается (мотивируется) потребностями организма». Формы поведения разделяются на 3 группы:

Витальное обеспечивает индивидуальное выживание особи. Не удовлетворение этих биологических потребностей приведет к гибели особи. Биологические потребности обеспечивают поддержание постоянства внутренней среды. Витальное поведение активизируется при отклонении параметров внутренней среды от оптимального уровня и прекращается при его достижении.

Социальное (зоосоциальное, ролевое) поведение обеспечивает сохранение вида и осуществляется только путем взаимодействия с другими особями. Первоосновами такого поведения будут потребности:

- принадлежать к определенной социальной группе;
- митации, следование поведенческим образцам, принятым в данной группе;
- иерархии, стремление занять в группе определенное положение с соответствующими привилегиями (доминирование, лидерство, подчинение, следование);
- территориальность;
- сопереживание (эмпатия);
- родительская опека;
- половые контакты.

Саморазвитие, самосовершенствование индивидуума обусловлено идеальными (духовными) потребностями:

- исследования нового;
- игровая;
- преодоления преграды;
- творчества;
- информированности;
- компетентности;
- самопознания.

Третья группа потребностей и соответствующее поведение в основном присуще человеку, хотя зачатки и элементы таких форм поведения можно выявить у различных групп животных.

Реальное поведение особей представляет собой сложное сочетание различных форм и компонентов. Сходные действия или поступки могут иметь различные побуждающие причины, что и является задачей изучения зоопсихологов, этологов, психогенетиков.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные виды рефлексов в соответствии с учением И.П. Павлова.
2. Назовите типы темпераментов и дайте им характеристику.
3. Какие действия получили название фиксированных комплексов действия?
4. В чем заключается цель поведения?
5. Что такое «потребность»?
6. Опишите структуру поведения.

Занятие 10. Кровеносная система. Кровь

Цель занятия – изучить состав и функции кровеносной системы, понятие кровь.

Внутренняя среда организма – это кровь, лимфа и жидкость, заполняющая промежутки между клетками и тканями. Вода, составляющая основу всех жидкостей в организме, вместе с растворенными в ней органическими и неорганическими веществами легко проходит через стенки сосудов. Вследствие этого химический состав *плазмы* крови (то есть жидкой части крови, не содержащей клеток), *лимфы* и *тканевой жидкости* во многом одинаков.

Между кровью, находящейся в капиллярах, тканевой жидкостью и лимфой происходит непрерывный обмен жидкостями и растворенными в ней веществами, а также устанавливается динамическое равновесие. Лимфа образуется из тканевой жидкости, за сутки ее вырабатывается у взрослого человека около 2 л. В лимфе содержится белок в количестве 20 г/л, что примерно в 10 раз меньше, чем в крови. Проходя через мельчайшие артериальные капилляры внутри тканей под значительным давлением, кровь фильтруется стенками капилляров, и ее жидкая фракция выходит в межклеточное пространство. Так образуется тканевая жидкость.

Состав и функции крови. *Кровь* – это красная непрозрачная жидкость, состоящая из двух фракций – жидкой, или *плазмы,* и твердой, или клеток – *форменных элементов* крови.

Значение крови

а) Транспортная функция:

- переносит к клеткам питательные вещества и кислород.

- переносит к органам выделения продукты обмена. Через легкие происходит выброс лишнего CO_2, через почки выводятся растворимые продукты обмена.

б) С помощью крови осуществляется гуморальная регуляция (транспортировка гормонов).

в) Защитная функция (клетки и вещества крови участвуют в иммунном ответе).

г) Участие в поддержании постоянства внутренней среды организма (например, ионного состава, pH, состава белков и др.).

д) Участие в терморегуляции (кровь переносит тепло из органов, в которых оно вырабатывается, к органам, отдающим тепло, например, к коже, кишечнику, легким, мочевому пузырю).

Состав крови

а) Объем крови взрослого человека в среднем – 5 л (у мужчин – 5,2 л, у женщин – 3,9 л), т.е. 6-8% массы тела. Удельный вес – 1,050 -1,060

б) Кровь относится к соединительной ткани. Межклеточное вещество крови - плазма (55% объема крови) + 45% форменные элементы. Состав плазмы: 90% – вода, 10% – белки, жиры, глюкоза, соли и др. Белки крови – альбумины, глобулины, фибриноген, протромбин, система комплемента и др. Небелковые соединения – полипептиды, аминокислоты, мочевина, мочевая кислота, аммиак, креатинин. Органические кислоты – молочная, лимонная, пировиноградная кислоты. Вязкость крови. Если принять вязкость воды за 1, то вязкость плазмы – 1,7–2,2, а крови – 5,0. Повышение вязкости увеличивает нагрузку на сердце. Осмотическое давление крови – осмотическое давление белков, имеет важное значение в водном обмене и предохраняет от обезвоживания организма. Буферные свойств крови – (от англ.buffer – смягчать толчок) свойство растворов поддерживать pH на определенном уровне; в основном определяются гемоглобином (амфотерные свойства). Состав плазмы поддерживается организмом на одном уровне. Изменения в ее составе обычно ведут к заболеваниям. Изменение концентрации глюкозы в крови (гипер- или гипогликемия) вызывает обморочное состояние и даже смерть.

Границы физиологической нормы pH – 7,35-7,45. При pH 7,2 наступает коматозное состояние (потеря сознания, расстройство жизненно важных функций). *Ацидоз (*сдвиг в кислую среду) *и алкалоз* (сдвиг в щелочную) – изменения кислотности плазмы – сопровождают крупные воспалительные процессы. Наблюдаются при диабете, отравлениях, голодании, заболеваниях желудочно-кишечного тракта.

Происхождение клеток крови

Форменные элементы образуются в красном костном мозге

(ядерные клетки – лейкоциты и безъядерные – эритроциты, тромбоциты). Их созревание, накопление и разрушение происходит в лимфатических узлах, зобной железе (тимусе), селезенке и печени.

Свертывание крови – защитная реакция организма, предохраняющая его от кровопотери. Разрушение кровеносного сосуда приводит к выходу из него крови. Это запускает цепь биохимических процессов, ведущих к образованию тромба. Процессы свертывания крови представляют собой ферментативные аутокаталитичегкие реакции, т. е. предшествующие продукты таких реакций катализируют последующий их ход до образования фибринового сгустка. Из растворимого низкомолекулярного белка фибриногена под действием ферментов собирается высокомолекулярный нерастворимый белок - фибрин.

Этот процесс идет под действием фермента тромбина, выделяющегося из тромбоцитов, при их разрушении вне сосудов и их контакте с клетками соединительной ткани. Диаметр тромбоцитов 2-5 мкм, в I мм их насчитывается от 250 до 400 тыс. В кровотоке тромбоциты находятся от 8 до II дней.

Для свертывания крови необходимы ионы кальция. Если их удалить, свертывания не происходит. Процесс свертывания идет 3-8 мин.

После свертывания сгусток уплотняется под действием химических факторов из тромбоцитов. В процессе свертывания крови участвуют плазменные и тромбоцитарные факторы. Недостаток первых и уменьшение или неполноценность вторых приводят к замедлению свертываемости и кровоточивости. Плазма, лишенная фибриногена, называется сывороткой. В лимфе также находится фибриноген, поэтому лимфа может свертываться. У больных гемофилией (наследственная болезнь) кровь несвертывается в течение длительного времени из-за дефицита некоторых плазменных факторов свертывания.

Форменные элементы крови

Эритроциты. Безядерные клетки двояковогнутые, диаметр – 7–8 мкм, толщена – 2,5 мкм. В 1 $мм^3$ крови содержится 4–5 млн. клеток. Суммарная площадь эритроцитов 3 500–3 800 $м^2$. Функция – перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким.

а) Белок эритроцитов гемоглобин может химически связываться с O_2 и CO_2.

б) Гемоглобин состоит из 4 субъединиц белка глобина, к каждой из которых присоединена небелковая часть – гем – содержащая атом железа (II).

Гемоглобин придает крови темно-красный цвет. У человека гемоглобин имеет молекулярную массу 68 000 (4 субъединицы по 17 000). Молекула гемоглобина состоит из двух α-глобинов и двух β-глобинов, являющихся продуктами разных генов. Соединение гемоглобина (*оксигемоглобин*) с кислородом имеет ярко-алую окраску, это определяет цвет артериальной крови. $Нв + 4O_2 = Нв(O_2)_4$ – оксигемоглобин.

Нестойкое соединение гемоглобина с O_2 разрушается в тканях, бедных кислородом, поэтому венозная кровь имеет темно-красный цвет. Миоглобин содержится в мышцах, также связывает O_2 , но при более низких значениях парциального давления и является резервуаром O_2 в мышцах при интенсивной работе.

Карбогемоглобин – соединение CO_2 с гемоглобином. Хотя 80% CO_2 транспортируется в растворенном виде.

в) Продолжительность жизни эритроцитов – около 100–120 дней. Ежедневно разрушается 5 млн. эритроцитов и столько же образуется.

г) Новые эритроциты образуются в красном костном мозге.

д) Запас эритроцитов на случай кровопотери находится в селезенке, депонирующей (хранящей) до 300 мл крови. При физической работе ее гладкие мышцы сокращаются и кровь выделяется в сосуды.

е) Разрушение эритроцитов идет в печени и селезенке, в которой также уничтожаются бактерии и вирусы, попавшие в кровь.

Малокровие – анемия – снижение числа эритроцитов в крови и (или) уменьшение содержания в них гемоглобина.

а) Причины малокровия: плохое питание, инфекционные заболевания, кровопотери, авитаминозы, злокачественные опухоли, недостаток железа в пище, например, при вегетарианском питании. Часто малокровие излечимо.

Переливание крови.

а) Кровь берут у взрослых людей – доноров.

б) Кровь, обработанную антисвертывающими составами, хранят в закупоренных сосудах.

в) Группы крови передаются от родителей детям и не изменяются со временем. Группы крови наследуются тремя независимыми

друг от друга генами. Два гена доминантны А и В и один ген О – рецессивен.

д) Наиболее распространенной является II группа, редкой - IV. Распределение людей с разными группами крови неодинаково в различных районах Земли: I группа наиболее распространена (ее частота составляет 90–100%) у населения Центральной и Южной Америки. В Москве люди с I группой крови составляют 33%, II–38, III–21 и IV – 8.

Лейкоциты – ядерные клетки, способные к амебоидному движению. Лейкоциты способны выходить из кровеносного русла и накапливаться в местах поражения тканей организма. К лейкоцитам относят все ядерные клетки крови человека, среди которых различают лейкоциты зернистые – гранулоциты (нейтрофилы, эозинофилы, базофилы) и незернистые – агранулоциты (В- и Т- лимфоциты, моноциты). Клетки бесцветны (отсюда название «лейкос» – белый). Продолжительность жизни лейкоцитов зависит от их вида и составляет от 1 дня до нескольких лет.

Основная функция лейкоцитов формирование врожденного и адаптивного иммунитета. И. И. Мечников открыл *фагоцитоз*. Мечников предложил фагоцитарную теорию иммунитета в 1863 г. Фагоциты поглощают чужеродные вещества и вызывают местную воспалительную реакцию организма, сопровождающуюся отеком, покраснением и болью. В очаг воспаления привлекаются новые фагоциты. Поглощая чужеродные тела и поврежденные клетки, фагоциты гибнут в больших количествах, превращаясь в гной.

Лимфоциты образуют особые белки – антитела, участвующие в обезвреживании чужеродных веществ. Антитела специфичны для определенного вида белка. Антитела могут сохраняться в крови длительное время, и организм становится невосприимчивым к заболеваниям.

Система кровообращения – главная транспортная система человеческого организма – система кровообращения. Она состоит из труб-сосудов, насоса-сердца и многочисленных клапанов, которые обеспечивают однонаправленность движения крови через сердце и не допускают обратного тока крови в венах. Разветвляясь на мельчайшие трубочки — капилляры, кровеносные сосуды доходят практически до каждой клетки, снабжая их питательными веществами и кислородом и забирая продукты их жизнедеятельности, которые нужны другим клет-

кам или от которых организму необходимо избавиться. Система кровообращения у млекопитающих и человека представляет собой замкнутую сеть сосудов, через которую проходит единый ток крови, обеспечиваемый циклическим сокращением сердечной мышцы.

Сердце – полый мышечный орган (масса – около 300 г, у мужчин – 330 г, у женщин – 240 г). Расположено в грудной полости слева. Окружено соединительнотканной околосердечной сумкой, выделяющей вовнутрь жидкость, уменьшающую трение. Сердце у человека четырехкамерное. Поперечная перегородка делит сердце на правую и левую части. Каждая часть разделена на отделы: верхний – предсердие и нижний – желудочек (рис. 33).

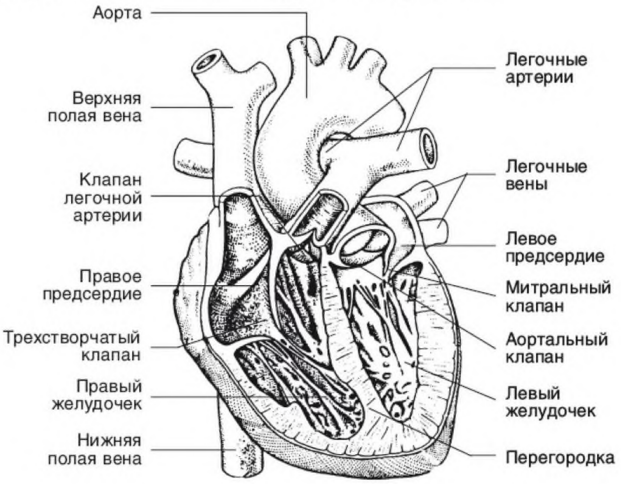


Рис. 33. Строение сердца

Стенки предсердий тоньше, чем стенки желудочков. Стенки левого желудочка толще, чем стенки правого. На границе между предсердиями и желудочками находятся створчатые клапаны, створки которых прикреплены сухожильными нитями к стенкам желудочков. В левой половине сердца клапан двух-, а в правой – трехстворчатый.

При сокращении предсердий клапаны открываются. При сокращении желудочков клапаны закрываются, поэтому кровь движется в одном направлении. Натяжение сухожильных нитей

предотвращает выворачивание створок клапанов в предсердие.

Кровеносные сосуды бывают трех типов:

Артерии – сосуды, по которым кровь движется от сердца. Их стенки образованы наружной соединительнотканной оболочкой (обусловливают прочность и упругость артерий), средний слой – гладкие мышцы с эластичными волокнами, внутренний слой - эндотелиальный (один слой плоских эндотелиальных клеток).

Капилляры – образованы лишь одним слоем клеток эндотелия.

Через эндотелий капилляров плазма крови обменивается с тканевой жидкостью питательными веществами и продуктами обмена. У человека более 150 млрд. капилляров общей длиной более 100 тыс. км. Совокупность артериол, капилляров, и венул называют – *микроциркуляторным руслом*. Здесь происходит обмен веществом между кровью и межклеточным веществом. Средняя скорость фильтрации во всех капиллярах организма около 20 литров в сутки.

Вены – сосуды, по которым кровь движется к сердцу. Стенки вен тоньше, чем у артерий, так как давление в них меньше. Как и у артерий, стенки вен образованы тремя оболочками, но у вен слабо развита мышечная оболочка. В стенках вен имеются полулунные клапаны, препятствующие обратному движению в них крови. Кровеносная система у человека замкнутая, состоит из двух кругов кровообращения:

Малый (легочный) круг кровообращения – путь крови от правого желудочка через артерии, капилляры и вены легких до левого предсердия. Кругооборот крови в нем происходит за 4 секунды. В артериях малого круга течет венозная кровь. На границе легочной артерии и правого желудочка находятся полулунные клапаны. Имеют вид кармашков на внутренней поверхности сосудов. При выталкивании крови из желудочков спадаются. При расслаблении правого желудочка наполняются кровью, препятствуя ее обратному ходу. В легкие входят две ветви легочной артерии, отходящей от правого желудочка. В капиллярах, оплетающих легочные альвеолы, происходит газообмен. В венах малого круга течет артериальная кровь. Четыре легочные вены впадают в левое предсердие.

Большой круг кровообращения – путь крови от левого желудочка через артерии, капилляры и вены всех органов тела до правого предсердия. Кругооборот крови в нем происходит за 23 секунды. Левый желудочек выбрасывает кровь в аорту – самую крупную артерию человека, от которой вниз идет брюшная аорта. На

границе аорты и левого желудочка находятся полулунные клапаны. От аорты отходят артерии, ветвящиеся в органах на множество капилляров. В капиллярах происходит газообмен и обмен веществами между тканевой жидкостью и плазмой. Кровь собирается в верхнюю (от головы) и нижнюю (от туловища) полые вены. Полые вены впадают в правое предсердие.

Работа сердца

Автоматия сердечной мышцы – способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в самой сердечной мышце. Обеспечивает независимость работы сердца от нервной системы. Нормальный ритм сердечных сокращений задают клетки синуса правого предсердия (водитель ритма). Поэтому нормальный ритм называется синусовым. Эти клетки имеют минимальный рефрактерный период (период, в течение которого не возможно повторное самостоятельное сокращение мышечного волокна). В сутки сердце сокращается 100 тыс. раз, перекачивая 10 тонн крови. В анатомии существует эмпирическое правило: одну артерию сопровождают 2 вены.

Сердечный цикл

Нормальный ритм – 70–75 сокращений в минуту. При физической нагрузке пульс у нетренированного человека может утроиться. Длительность сердечного цикла – 0,8 секунд. Длительность сокращений предсердий – 0,1 с. Длительность сокращений желудочков - 0,3 с. Длительность расслабления всей сердечной мышцы – 0,4 с. В покое желудочком выбрасывается около 5л крови за 1 минуту – *минутный объем крови*; за 1 сокращение – 60–70 мл крови – *систолический объем кровотока*. При тяжелой физической работе за 1 мин минимальный объем достигает 30 литров.

Регуляция работы сердца

При увеличении частоты и силы сердечных сокращений скорость тока крови увеличивается. Регуляция работы сердца (сила и частота сокращений) осуществляется нервной и гуморальной системами. Регуляция автономной нервной системой.

Парасимпатические нервы (10 пара черепно-мозговых нервов, т.н. блуждающий нерв) уменьшают частоту и силу сердечных сокращений, снижая скорость тока крови в сосудах.

Симпатические нервы увеличивают частоту и силу сердечных сокращений.

Гуморальная регуляция

Адреналин (гормон надпочечников), соли кальция и другие биологически активные вещества увеличивают частоту и силу сердечных сокращений. Волнение на экзамене вызывает возбуждение симпатической нервной системы и выброс в кровь адреналина, что стимулирует сердечную деятельность. *Ионы калия*, брадикинин и другие БАВ уменьшают частоту и силу сердечных сокращений. Гуморальная и нервная регуляция в норме совместно обеспечивают приспособление сердечной деятельности к условиям внешней среды. При физической нагрузке в результате стимуляции сердечной деятельности ускоряется ток крови и улучшается снабжение мышц кислородом и питательными веществами. Во сне возбуждена парасимпатическая система, в крови образуется брадикинин, сердечная деятельность угнетается.

Движение крови по сосудам

Сокращение желудочков создает давление крови в сосудах. Максимальное давление в аорте, минимальное - в полых венах. Непрерывный ток крови в сосудах обеспечивается разностью давления в них. Обычно измеряют артериальное давление в плечевой артерии.

В норме у молодых людей при сокращении сердца давление в плечевой артерии – 120 мм рт. ст. (систолическое давление), а в момент расслабления 70 мм рт. ст. (диастолическое давление) Повышенное артериальное давление называется гипертонией, пониженное – гипотонией. Систолическое давление – самый высокий уровень артериального давления, возникающий в момент систолы (сокращения) желудочков. Диастолическое давление – самый низкий уровень артериального давления, возникающий в момент диастолы (расслабления) желудочков. Систолическое давление измеряется по появлению шумов Короткова при пережатии манжетой артерии и постепенном ее расслаблении. На плечевой артерии слышны удары пульса, когда кровь, прошедшая через сжатую артерию, ударяет в пустой сосуд ниже манжеты. Диастолическое давление измеряют при исчезновении шумов Короткова

Пульс – ритмические колебания стенок сосудов, возникшие при гидродинамическом ударе во время сердечного выброса. В норме у взрослого человека составляет 60–80 ударов в минуту.

Пульс прощупывается в крупных артериях, близко расположенных к поверхности тела (на внутренней стороне запястья, на висках, по бокам шей). Скорость пульсовой волны не связана со

скоростью тока крови в сосудах, а зависит от упругости стенок сосудов.

Скорость тока крови

Кругооборот крови в большом и малом круге кровообращения происходит за 27 секунд. Скорость пульсовой волны - приблизительно 10 м/с. Скорость тока крови в сосудах зависит от просвета сосуда. В аорте максимальная скорость тока крови – 0,5 м/с (5 л/мин). Минимальная скорость тока крови в капиллярах 0,5–1,2 мм/с (за счет того, что суммарный просвет капилляров больше просвета аорты почти в 500 раз). Скорость тока крови в полых венах – 0,25 м/с (суммарный просвет полых вен в 2 раза больше, чем просвет аорты). Движение крови в венах. В венах находятся полулунные клапаны, препятствующие обратному току крови. При сокращении скелетных мышц вены сжимаются, и кровь из них выдавливается в сторону сердца. Движению крови в венах способствует присасывающее действие грудной клетки, возникающее при ее расширении во время вдоха.

Перераспределение крови в организме

В зависимости от потребности органа в кислороде и питательных веществах его кровоснабжение может изменяться за счет изменения просвета его сосудов. Просвет сосудов в органах изменяется под действием сокращения или расслабления мышц стенок сосудов. Рефлекторное изменение просвета сосудов происходит за счет действия вегетативной нервной системы.

Симпатическая и парасимпатическая нервная система влияют просвет сосудов в зависимости от органа. Сужение сосудов называют – вазоконстрикцией, а расширение сосудов – вазодилятацией.

Сокращение мышц сосудов тем больше, чем больше частота следования импульсов симпатической нервной системы.

Под действием адреналина, вазопрессина происходит сокращение просвета сосудов. Гистамин вызывает вазодилятацию артериол, венулоконстрикцию и повышение проницаемости капилляров, что приводит к отеку тканей.

Лимфатическая система. Второй транспортной системой организма является сеть лимфатических сосудов. Лимфа практически не участвует в транспорте кислорода, но имеет большое значение для распределения по организму питательных веществ (особенно - липидов), а также для защиты организма от проникновения чужеродных

тел и опасных микроорганизмов. Лимфатические сосуды по своему устройству похожи на вены, они также имеют внутри себя клапаны, обеспечивающие однонаправленный ток жидкости, но, стенки лимфатических сосудов способны к самостоятельному сокращению («лимфатические сердца»). Во всех тканях имеются слепо заканчивающиеся лимфатические капилляры. На пути лимфатических сосудов, особенно в местах их слияния, образуются лимфатические узлы, выполняющие главным образом защитные (иммунные) функции. Отрицательное давление, создающееся в грудной полости при вдохе, также работает в качестве силы, толкающей лимфу по направлению к грудной клетке, где лимфатические протоки впадают в вены. Таким образом, лимфатическая система объединяется с системой кровообращения в единую транспортную сеть организма.

Лимфатические сосуды в месте слияния образуют *лимфатические узлы*. Движению лимфы способствует давление тканевой жидкости, поступающей в лимфатические капилляры, а также сокращение мышц и движение органов, окружающих лимфатические сосуды, присасывающее действие грудной полости при вдохе.

В лимфатических узлах аккумулируются лимфоциты, осуществляющие фагоцитоз и образование антител. При этом происходит набухание лимфоузлов, за счет образования лимфоцитов.

Скопления лимфоузлов у человека:

- в подмышечной впадине;
- в подколенных и локтевых сгибах;
- в грудной и брюшной полости;
- в паховой области;
- на шее (в слизистой оболочке зева они называются миндалинами).

От лимфатических узлов лимфа по лимфатическим сосудам двигается к правому и левому грудным лимфатическим протокам, которые впадают в нижнюю полую вену. Лимфа со всего тела поступает в левый грудной проток, а из правой грудной области и правой верхней конечности – в уменьшенный правый грудной проток.

Контрольные вопросы

1. Каково значение кровообращения?
2. Какие органы входят в систему кровообращения?
3. Где расположено сердце человека?
4. Что такое артерии?

5. Что такое большой круг кровообращения?
6. Что такое автоматия сердечной мышцы?

Занятие 11. Понятие о резистентной системе организма. Иммунная система. Виды иммунитета

Цель занятия – изучить понятие о резистентной системе организма. Рассмотреть иммунную систему и виды иммунитета.

Резистентность – совокупность генетически детерминированных неспецифических защитных факторов, обусловливающих невосприимчивость к инфекциям) механизмы естественной резистентности и приобретенного иммунитета тесно переплетаются: их взаимодействие осуществляется на всех этапах проникновения, размножения в организме и элиминации возбудителя.

Факторы естественной резистентности первыми «встают» на защиту при действии патогенных (чаще всего инфекционных) агентов.

Среди факторов естественной резистентности выделяют:

- Естественные барьеры: кожа, слизистые - поверхности, которые первыми вступают в контакт с возбудителями инфекций.
- Система фагоцитов, включающая нейтрофилы и макрофаги.
- Система комплемента (совокупность сывороточных белков крови), тесно взаимодействующая с фагоцитами.

Интерфероны – антивирусные агенты. Существует по крайней мере 14 альфа-интерферонов, которые продуцируются лимфоцитами, а бета-интерферон – фибробластами. При вирусной инфекции клетки синтезируют интерферон и секретируют его в межклеточное пространство, где он связывается с рецепторами соседних незараженных клеток.

Различные вещества, чаще всего белковой природы, участвующие в реакциях воспаления, фибринолиза и свертывания крови. Некоторые из них (лизоцим) обладают прямым бактерицидным действием. Система естественных (нормальных) киллеров, не обладающих антигенной специфичностью (Т-киллеры, К-клетки).

Главной линией обороны служит кожа, которая, будучи непо-

врежденной, не проницаема для большинства инфекционных агентов. Способность кожи к десквамации клеток обеспечивает механическое удаление патогена, а воздействие молочной кислоты и жирных кислот, содержащихся в поте и секрете сальных желез и обусловливающих низкое значение pH, оказывается губительным для большинства бактерий.

Секрет, выделяемый мукоцеллюлярным аппаратом бронхов, желудка, кишечника и других внутренних органов, действует как защитный барьер, препятствуя прикреплению бактерий к эпителиальным клеткам и механически удаляя их за счет движения ресничек эпителия (при кашле, чихании).

Вымывающее действие слез, слюны, мочи способствует защите поверхности эпителия от повреждения, вызванного патогенными агентами. Во многих биологических жидкостях, секретируемых организмом, содержатся вещества, обладающие бактерицидными свойствами (например, соляная кислота в желудочном соке; спермин и цинк в сперме; лизоцим в слезах, носовых выделениях и слюне; лактопероксидаза в молоке).

Защитной является фильтрационная функция лимфатических узлов.

К неспецифическим факторам резистентности относится фагоцитарная система. Она представлена двумя типами клеток, которые И.И. Мечников определил как микрофаги (полиморфноядерные нейтрофилы) и макрофаги, трансформирующиеся из моноцитов, которые задерживаются в тканях, образуя систему мононуклеарных фагоцитов.

Всем фагоцитам присущи следующие функции:

- миграция и хемотаксис;
- адгезия и фагоцитоз;
- цитотоксичность;
- секреция гидролаз и других БАВ.

Иммунитет (лат. *immunitas* – освобождение, избавление от чего-либо), т.е. невосприимчивости организма к инфекционным и неинфекционным агентам и веществам, обладающим антигенными свойствами. Способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.

W.E.Paul (1987) «Иммунную систему можно рассматривать как

совокупность лимфоцитов, макрофагов, ряда сходных с макрофагами клеток, включая дендритные клетки селезенки и эпителиальные клетки Лангерганса, а также специализированные эпителиальные клетки, сходные с теми, которые были найдены в тимусе».

К.Дреслер (1988). «Иммунная система – функциональная система организма позвоночных, состоящая из лимфоидных клеток и органов, ответственных за специфические иммунные защитные механизмы».

Л.Йегер (1990). «В настоящее время иммунная система рассматривается как система контроля, обеспечивающая индивидуальность и целостность организма».

П.Ф.Литвицкий (1992). «Иммунокомпетентная система – совокупность лимфоидных органов, тканей и клеток, обеспечивающих биохимическую, структурную и функциональную индивидуальность организма путем элиминации из него носителей чужеродной генетической информации».

Основная функция иммунной системы – отличать генетически чужеродные структуры от собственных, перерабатывать и элиминировать их. Иммунная система обеспечивает защиту организма от инфекций, а также удаление поврежденных, состарившихся и измененных клеток собственного организма.

Органы иммунной системы делят на первичные (***центральные***) и вторичные (***периферические***) (рис. 34).



Рис. 34. Органы иммунной системы

К первичным *(центральным* органам иммунной системы) относят *тимус – вилочковую железу* и сумку Фабрициуса (*bursa of Fabricius*), обнаруженную только у птиц. У человека (и других млекопитающих) роль сумки Фабрициуса выполняет, очевидно, *костный мозг*, поставляющий стволовые клетки-предшественники лимфоцитов. Оба центральных органа иммунной системы являются местами дифференцировки популяций лимфоцитов. Тимус поставляет Т-лимфоциты (тимусзависимые лимфоциты), а в костном мозге образуются В-лимфоциты.

В период эмбрионального развития стволовые клетки желточного мешка или печени плода заселяют вилочковую железу или костный мозг (у человека). После рождения костный мозг становится единственным источником стволовых клеток.

К периферическим лимфоидным органам относятся *селезенка, лимфатические узлы, миндалины*, а также ассоциированная с кишечником и бронхами лимфоидная ткань.

Действие иммунных механизмов базируется на *реакциях двух типов клеточных* и *гуморальных*.

Клеточные реакции обеспечивают защиту организма от внутриклеточных и грибковых инфекций, внутриклеточных паразитов и опухолевых клеток, тогда как гуморальные направлены прежде всего против внеклеточных бактерий и вирусов.

Иммунные реакции носят защитно-приспособительный характер и направлены на освобождение организма от чужеродных антигенов, поступающих извне. Эти же реакции участвуют в элиминации антигенов, образующихся в самом организме под действием биологических и физико-химических факторов (бактерий, вирусов, ферментов, лекарственных веществ и др.). Иммунные реакции направлены также на элиминацию онкогенов, изоантигенов, которые могут поступать при переливании крови, пересадке органов и тканей, резус-конфликте. В зависимости от механизмов, формирующих невосприимчивость организма к патогенным агентам, различают два основных вида иммунитета - наследственный (естественный) и приобретенный (адаптивный, искусственный) (рис. 35).



Рис. 3. Виды иммунитета

Наследственный иммунит5ет (синонемы: *врожденный, видовой, естественный, конституциональный*) присущ тому или иному виду животных или человеку и передается из поколения в поколение по наследству. Например, животные невосприимчивы к вирусу ветряной оспы человека, вирусу сывороточного гепатита; у

многих животных не удается вызвать заболевание вирусом кори; люди невосприимчивы к вирусу чумы крупного рогатого скота и собак.

Факторы и механизмы, обеспечивающие видовой наследственный иммунитет, различны:

– ареактивность клеток, обусловленная отсутствием на их поверхности рецепторов к вирусам;

– нормально функционирующие кожа и слизистые оболочки составляют первую линию защиты организма от вирусных и бактериальных инфекций;

– лизоцим – муколитический фермент;

– пропердин – белок сыворотки крови, обладающий бактерицидными свойствами;

– лейкины и бета-лизин, высвобождаемые из лейкоцитов,

– комплемент – сложная система сывороточных белков, обладающих ферментативными свойствами;

– антитела;

– интерферон;

– фагоцитоз. И. И. Мечников открыл фагоцитоз и предложил фагоцитарную теорию иммунитета в 1863 г. Фагоциты поглощают чужеродные вещества и вызывают местную воспалительную реакцию организма, сопровождающуюся отеком, покраснением и болью. На рисунке 36 представлены клетки иммунной системы.

Приобретенный (АДАПТИВНЫЙ) иммунитет может развиться в результате перенесенной инфекции или иммунизации. Он также строго специфичен, но по наследству не передается. Различают активно и пассивно приобретенный иммунитет.

Активно приобретенный иммунитет возникает в результате перенесенной инфекции или после вакцинации живыми или убитыми вакцинами – искусственно приобретенный. Активно приобретенный иммунитет может сохраняться годами (грипп – 1-2 года) или десятилетиями (корь).

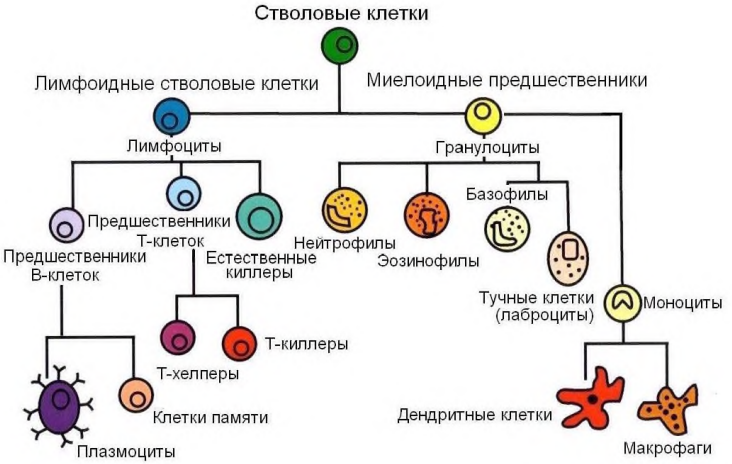


Рис. 36. Клетки иммунной системы

Приобретенный противоинфекционный иммунитет тесно связан с естественной резистентностью. В его формирование включается сложная система иммунокомпетентных клеток, их растворимые факторы и циркулирующие антитела, что и создает высокую степень специфической резистентности, обеспечивая выздоровление, и защиту от повторного заражения. В механизмах становления противоинфекционного иммунитета участвуют многие субпопуляции иммунокомпетентных клеток, связь между которыми осуществляется с помощью растворимых медиаторов, образующихся в Т-, В-клетках и макрофагах. Эти медиаторы влияют на пролиферацию, дифференцировку и функцию клеток, которые участвуют или даже не участвуют непосредственно в *Пассивно приобретенный иммунитет* возникает у плода вследствие того, что он получает антитела от матери через плаценту, поэтому новорожденные в течение определенного времени остаются невосприимчивыми к некоторым инфекциям (например, кори). Инфекционные агенты, продукты их жизнедеятельности и антигенные фракции оказывают сильное неспецифическое действие на иммунную систему: в одних случаях стимулируют приобретенный иммунитет, а в других могут вызывать иммунодепрессию и иммунопатологию. Многие инфекционные заболевания сопровождаются иммунодефицитными состояниями (наиболее часто отмечен дефицит Т-системы).

Контрольные вопросы

1. Что такое резистентность организма?
2. Перечислите факторы естественной резистентности.
3. Назовите основные функции иммунной системы?
4. Перечислите органы иммунной системы?
5. Какие органы относятся к периферическим лимфоидным органам?
6. Назовите виды иммунитета.

Занятие 12. Дыхательная система

Цель занятия – изучить строение дыхательной системы

Дыхание – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и выделение наружу углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками для окисления органических веществ с освобождением энергии, используемой в процессе жизнедеятельности (внутреннее дыхание). К системе органов дыхания относят легкие и воздухоносные пути. При дыхании поглощается кислород и выделяется углекислый газ. При выдохе выделяются также пары воды, аммиак, сероводород и другие газы – продукты обмена.

Воздухоносные пути. Начинаются *носовой полостью*, разделенной костно-хрящевой перегородкой на две половины. В каждой половине находятся извилистые носовые ходы, увеличивающие поверхность носовой полости. Служат для согревания вдыхаемого

воздуха. Слизистая оболочка носовой полости снабжена: реснич-ным эпителием, гонящим слизь наружу, кровеносными сосудами, согревающими поступающий воздух, железами, выделяющими слизь, которая связывает микроорганизмы и пыль из воздуха, а также увлажняет поступающий воздух. Слизь содержит фермент лизоцим и лейкоциты, обезвреживающие микроорганизмы.

Носовая полость открывается в *носоглотку* внутренними ноздрями – хоанами, а оттуда – в гортань,

Гортань подобна воронке, стенки которой образованы хрящами. Самый большой хрящ – щитовидный. Хрящи гортани соединены мышцами и связками. Вход в гортань при глотании закрывается надгортанным хрящом. Между хрящами натянуты голосовые связки, между которыми находится *голосовая щель*. Голосовая щель изменяет размеры за счет мышц, натягивающих голосовые связки. Звук появляется при неполном смыкании голосовой щели и прохождении через нее воздуха из-за колебаний голосовых связок.

Окончательное формирование звука происходит в полостях глотки, носоглотки, рта и носа и зависит от положения губ, нижней челюсти и языка. Крик повреждает голосовые связки, что может вызвать их воспаление и вести к хрипоте и потере голоса.

От гортани начинается *трахея, идущая перед пищеводом*.

Передняя стенка трахеи образована хрящевыми полукольцами, соединенными связками и мышцами, поэтому просвет трахеи всегда открыт.

Задняя стенка трахеи мягкая и прилегает к пищеводу. Поэтому глотая крупные куски пищи, человек может подавиться, если пища застрянет в пищеводе, перекрыв трахею.

Трахею выстилает мерцательный эпителий с железистыми клетками. *Трахея делится на два бронха*, которые ветвятся, входя в правое и левое легкое. Бронхи имеют в стенках кольцевые хрящи.

Легкое

Бронхи ветвятся, образуя бронхиолы, на концах которых находятся грозди тонкостенных легочных пузырьков – *альвеол*.

Стенки альвеол образованы однослойным эпителием и оплетены снаружи густой сетью капилляров.

Клетки эпителия выделяют наружу биологически активные вещества, образующие *сурфактант*, который препятствует спаданию и слипанию стенок альвеол. Отработанный сурфактант переварива-

ется фагоцитами или выделяется в виде мокроты. При легочных заболеваниях сурфактант может не выделяться или повреждаться, тогда альвеолы смыкаются и перестают участвовать в газообмене.

Легкие растянуты за счет отрицательного давления (относительно атмосферного) в плевральной полости. При проникающих ранениях грудной полости возникает пневмоторакс. В плевральную полость поступает воздух, и легкое схлопывается (стягивается), выключаясь из процесса газообмена

Газообмен в легких и тканях

Дыхательные движения.

а) Смена вдоха и выдоха регулируется дыхательным центром в продолговатом мозге. Дыхательный центр чувствителен к содержанию CO_2 в крови (это пример нейрогуморальной регуляции дыхания). Он не реагирует на изменение в крови содержания O_2.

б) Вдох осуществляется за счет сокращения межреберных мышц, поднимающих ребра и диафрагму, которая становится более плоской. Увеличение объема грудной клетки создаст в плевральной полости отрицательное давление, что приводит к растягиванию легких и засасыванию в них воздуха. Глубокий вдох осуществляется за счет работы мышц верхнего плечевого пояса и мышц груди, а глубокий выдох – за счет выдыхательных межреберных мышц и сокращений мышц живота, выдавливающих внутренние органы в сторону грудной полости.

в) Спокойный выдох происходит за счет расслабления этих мышц.

г) В покое взрослый человек дышит с частотой 16 вдохов в минуту. Во сне частота дыхания в среднем 12 вдохов в минуту, при работе может быть до 40 вдохов в минуту.

Жизненная емкость легких – наибольший объем воздуха, который человек может выдохнуть после самого глубокого вдоха (в среднем – 3,5 л). Измеряется спирометром.

а) При спокойном вдохе и легкие поступает 0,5 л воздуха.

б) При спокойном выдохе из легких выходит 0,5 л воздуха.

После спокойного вдоха человек может вдохнуть 1 500 мл (дополнительный объем). После спокойного выдоха человек может еще выдохнуть 1500 мл (резервный объем). После самого глубокого выдоха в легких остается остаточный объем (ОО) – 1 000 мл воздуха. Жизненная емкость легких (ЖЗЛ) - максимальный объем воздуха, выдыхаемый после самого глубокого вдоха. Общая емкость

лггких (ОЕЛ) – ЖЗЛ+ОО.

Содержание газов в легких

Во вдыхаемом воздухе содержится около 21% кислорода, 79% азота, 0,03% углекислого газа и небольшое количество водяных паров и инертных газов. В выдыхаемом воздухе содержится 16% кислорода, 4% углекислого газа, увеличивается также содержание воды, а содержание азота и инертных газов не изменяется. Газообмен в легких происходит в капиллярах, оплетающих альвеолы, где кислород связывается с гемоглобином эритроцитов.

Обмен газов в тканях

Из капилляров большого круга кровообращения кислорода поступает в тканевую жидкость за счет диффузии, так как кислород в тканевой жидкости постоянно расходуется. В результате газообмена в тканях артериальная кровь превращается в венозную.

Дыхательные рефлексы

Дуги дыхательных рефлексов проходят через дыхательный центр, который находится в продолговатом мозге. В дыхательном центре каждые 2 сек. Возникают возбуждения, которые передаются на диафрагму и др. дыхательные мышцы. Нарушение в дыхательном центре приводит к дыханию Чейн-Стокса, когда оно периодически прерывается.

Чихание – защитный рефлекс, очищающий носовую полость, проявляется в быстром рефлекторном выдохе через ноздри. Слизь выбрасывается из носа при чихании со скоростью 167 км/ч. Нередко чихание возникает в виде приступов, самый продолжительный приступ чихания наблюдался в 1981 г. и продолжался 978 дней. Чихание вызывают пыль, резкие запахи, накопившаяся слизь в носовой полости.

Кашель – резкий рефлекторный выдох через рот, возникающий при раздражении гортани. При вхождении в холодную воду у человека возникает ощущение «захватывает дух», т.е. происходит рефлекторная остановка дыхания. При физической нагрузке у тренированного человека увеличивается глубина дыхания, а у нетренированного увеличивается частота дыхательных движений. В состоянии покоя человек потребляет 250–350 мл/мин кислорода. При быстрой ходьбе–до 2,5 л/мин. Максимальная работа вызывает потребление 4 л/мин O_2.

Гуморальная регуляция дыхания

Зажатие ноздрей у собаки, соединенной общим кровотоком с

другой собакой, вызывает учащение дыхания у собаки с открытым носом. Это указывает на наличие гуморальных механизмов регуляции дыхания. Основным гуморальным регулятором является CO_2.

Контрольные вопросы

1. Где начинаются воздухоносные пути человека?
2. Куда поступает воздух из носовой полости?
3. Как влияет на поверхность альвеол курение?
4. Че отличаются бронхи от трахеи?
5. Как можно увеличить жизненную емкость легких?
6. На что похожа гортань человека?

Занятие 13. Опорно-двигательная система

Цель занятия – изучить строение опорно-двигательного аппарата человека.

Структурная часть опорно-двигательной системы подразделяется на активную (мышцы) и пассивную (скелет). К основным функциям относятся:

- локомоторная (двигательная) – обеспечивает передвижение тела и его частей в пространстве;
- опорная – опорный остов организма для всех внутренних органов;
- кроветворения – красный костный мозг – источник стволовых клеток крови;
- антигравитационная (гравитация – земное тяготение, от лат. *gravitas* – тяжесть; гр. *anti* – против) – жесткая конструкция скелета

противодействует силе земного притяжения, позволяет сохранять форму тела и вертикальное положение;

- формообразующая – определяет форму и размеры тела, его пропорции и тип конституции;

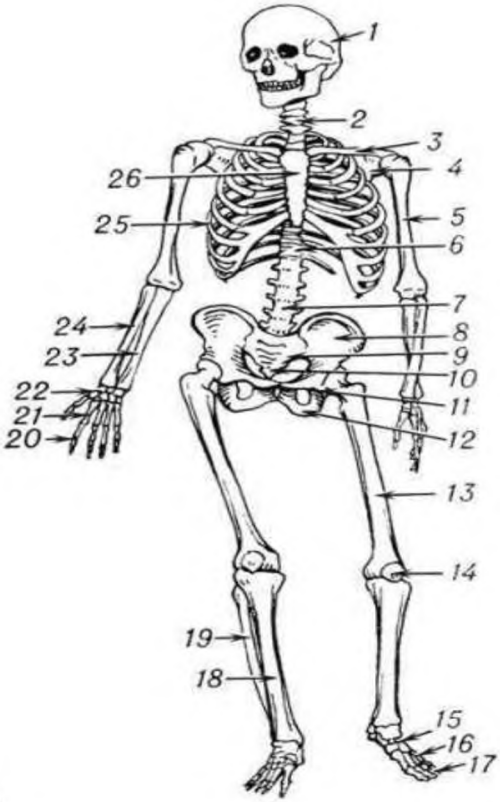
- защитная – кости защищают жизненно важные органы от внешних воздействий и возможных повреждений; в частности, череп является костным вместилищем для головного мозга, органов зрения, обоняния, слуха и равновесия, начальных отделов пищеварительной и дыхательной систем, позвоночный канал защищает спинной мозг, грудная клетка – сердце, легкие, крупные кровеносные сосуды и нервы, полость таза – внутренние половые органы, конечные отделы пищеварительной и мочевой систем, костномозговая полость – красный костный мозг;

К основным отделам скелета относятся:

- череп;
- пояс верхних конечностей;
- грудная клетка;
- скелет свободной верхней конечности;
- позвоночный столб;
- пояс нижней конечности;
- скелет свободной нижней конечности.

Позвоночный столб состоит из 30–34 позвонков; в нем выделяют пять отделов:

1. шейный – 7 свободных шейных позвонков;
2. грудной – 12 свободных грудных позвонков;
3. поясничный – 5 свободных поясничных позвонков;
4. крестцовый – 5 сросшихся крестцовых позвонков;
5. копчиковый – от 1 до 5 рудиментарных копчиковых позвонков. Строение скелета представлена на рисунке 37.



7

Рис. 37. Строение скелета

1–череп; 2–шейные позвонки; 3– ключица; 4–лопатка; 5–плечевая кость; 6–грудные позвонки; 7–поясничные позвонки; 8–подвздошная кость; 9–крестец; 10–копчик; 11–лобковая кость; 12–седалищная кость; 13–бедренная кость; 14–надколенник; 15–предплюсна; 16–плюсна; 17–фаланги; 18–большая берцовая кость; 19–малая берцовая кость; 20–фаланги; 21–пясть; 22–запястье; 23–локтевая кость; 24–лучевая кость; 25–ребра; 26–грудина

Позвонки шейного, грудного и поясничного отделов позвоночного столба называют свободными, они представляют собой отдельные кости, имеют общий план строения, их всего 24.

Позвонок состоит из тела, дуги и отростков. Тело и дуга ограничивают позвоночное отверстие. На целом позвоночном столбе отверстия всех позвонков образуют позвоночный канал, в котором

располагается спинной мозг.

Дуга позвонка состоит из ножки и пластинки. Ножка дуги срастается с телом, имеет две вырезки: почти плоскую верхнюю и более глубокую нижнюю. По вырезкам можно определить верхнюю и нижнюю поверхности позвонка. На целом позвоночном столбе вырезки соседних позвонков образуют межпозвоночные отверстия, через которые проходят спинномозговые нервы и кровеносные сосуды. Задняя часть дуги называется пластинкой дуги позвонка.

От дуги позвонка отходят 7 отростков: непарный остистый отросток расположен в сагиттальной плоскости; парные поперечные отростки отходят в стороны во фронтальной плоскости; парные суставные отростки отходят вверх и вниз от дуги. Каждый суставной отросток имеет суставную поверхность для сочленения с соседним позвонком. Плоскость расположения суставных отростков различна в разных отделах позвоночного столба.

Шейные, грудные и поясничные позвонки имеют характерные отличия – групповые признаки, среди которых выделяют главные и второстепенные.

Главный групповой признак шейных позвонков – отверстие в поперечном отростке. Поперечный отросток шейных позвонков представляет собой результат сращения истинного поперечного отростка и рудимента ребра (передняя часть отростка).

Некоторые шейные и грудные позвонки имеют индивидуальные признаки.

Первый шейный позвонок – атлант – не имеет тела, вырезок, остистого и суставных отростков, состоит из передней и задней дуг и парных боковых масс. На передней поверхности передней дуги атланта находится передний бугорок, на ее задней поверхности – ямка зуба для сочленения с зубом второго шейного позвонка. На задней дуге атланта находится задний бугорок, представляющий собой редуцированный остистый отросток. По верхней поверхности задней дуги проходит борозда позвоночной артерии. На верхней поверхности боковых масс находятся верхние суставные поверхности в виде ямок эллипсовидной формы для сочленения с мыщелками затылочной кости, на нижней поверхности – почти плоские нижние суставные поверхности для сочленения со вторым шейным позвонком.

Второй шейный позвонок – осевой позвонок – отличается от

типичных шейных позвонков наличием зуба, представляющего собой тело атланта, отошедшее в процессе эволюции ко второму шейному позвонку. Зуб имеет верхушку, переднюю и заднюю суставные поверхности для сочленения с атлантом.

Шестой шейный позвонок имеет сильно развитый передний бугорок на поперечном отростке – сонный бугорок (к нему можно прижать сонную артерию для остановки кровотечения).

Седьмой шейный позвонок имеет более длинный остистый отросток, поэтому носит название – выступающий.

Грудные позвонки отличаются количеством реберных ямок на теле:

- I имеет одну полную ямку сверху (для I ребра и полу-ямку снизу для II ребра).
- X имеет только верхнюю полу-ямку для X ребра.
- XI и XII имеют по одной полной ямке для соответствующих по счету ребер.

Остальные грудные позвонки имеют справа и слева на теле по две полу-ямки – одну сверху и одну снизу.

Крестец образован пятью сросшимися крестцовыми позвонками. В нем различают: основание, направленное вверх; верхушку, направленную вниз; переднюю, или тазовую, поверхность и заднюю, или дорсальную, поверхность.

На основании крестца находится парный верхний суставной отросток для сочленения с пятым поясничным позвонком. Тело первого крестцового позвонка образует выступ – мыс, с каждой стороны от мыса располагается крестцовое крыло. На передней поверхности видны четыре поперечные линии, которые представляют собой следы сращения тел позвонков, и четыре пары передних крестцовых отверстий, через которые проходят передние ветви I–IV крестцовых спинномозговых нервов.

Боковые части крестца образованы рудиментами ребер; на боковой части находится суставная ушковидная поверхность для сочленения с тазовой костью и крестцовая бугристость для прикрепления связок и мышц.

В центре крестца находится крестцовый канал – продолжение позвоночного канала.

Копчик обычно состоит из четырех рудиментарных позвонков, которые, кроме тела, утратили практически все признаки строения

позвонков, только первый копчиковый позвонок сохранил рудименты верхних суставных отростков – копчиковые рога – и поперечных отростков в виде боковых выростов тела. Копчиковые позвонки не имеют дуг и позвоночных отверстий, поэтому позвоночный канал в копчиковом отделе отсутствует.

Соединения позвоночного столба

В позвоночном столбе непрерывные соединения представлены фиброзными, хрящевыми и костными соединениями. Фиброзные соединения (синдесмозы) позвоночного столба представлены связками. Связки делят на короткие и длинные; короткие соединяют соседние позвонки, длинные тянутся вдоль всего позвоночного столба.

Короткие связки

Желтые связки расположены между дугами позвонков, они принимают участие в формировании задней стенки позвоночного канала, препятствуют расхождению дуг позвонков при сгибании туловища, способствуют выпрямлению позвоночного столба при разгибании, важны для прямохождения.

Межпоперечные связки натянуты между поперечными отростками, ограничивают боковые движения позвоночного столба в противоположную сторону, отсутствуют в шейном отделе.

Межостистые связки – широкие соединительнотканные тяжи между остистыми отростками, спереди они сливаются с желтыми связками, сзади переходят в надостистую связку.

Длинные связки

Надостистая связка соединяет верхушки остистых отростков, тянется от седьмого шейного позвонка до крестца.

Выйная связка – широкая треугольная фиброзная пластинка с большим содержанием эластических волокон, расположенная в шейном отделе позвоночного столба. Она прикрепляется к основанию черепа и остистым отросткам II–VII шейных позвонков. Выйная связка хорошо развита у четвероногих животных, рудиментарна у человека; она поддерживает голову, препятствует сгибанию, способствует разгибанию шейного отдела позвоночного столба.

Передняя продольная связка идет вдоль передней поверхности тел позвонков, препятствует чрезмерному разгибанию позвоночного столба.

Задняя продольная связка идет вдоль задней поверхности тел позвонков внутри позвоночного канала, препятствует чрезмерному

сгибанию позвоночного столба, является антагонистом передней продольной связки.

2. Хрящевые соединения позвоночного столба.

Симфизы. Тела позвонков соединяются с помощью межпозвоночных дисков. Диск представляет собой пластинку волокнистого хряща; в нем выделяют фиброзное кольцо, расположенное по периферии, и студенистое ядро, расположенное в центре. Студенистое ядро является рудиментом хорды, состоит из аморфного вещества хряща, играет роль амортизатора. В поясничном отделе в области студенистого ядра может быть небольшая щель.

Временные синхондрозы: а) соединение между телом и дугой позвонка в детском и юношеском возрасте; б) соединение между телами крестцовых позвонков в детском и юношеском возрасте.

3. Костные соединения (синостозы) позвоночного столба:

- между дугой и телом позвонка у взрослых;
- между телами крестцовых позвонков у взрослых.

4. Суставы позвоночного столба.

Межпозвоночные суставы образованы суставными отростками соседних позвонков. Суставы по форме плоские, по функции – многоосные, малоподвижные, комбинированные. В них возможны незначительные скользящие движения. Несмотря на то, что движения между соседними позвонками ограничены, позвоночный столб обладает довольно большой подвижностью за счет суммации движений между всеми позвонками. Движения позвоночного столба включают сгибание и разгибание – вокруг фронтальной оси, боковые наклоны – отведение и приведение – вокруг сагиттальной оси, вращение – вокруг вертикальной оси, круговое движение – при переходе с одной оси на другую.

Позвоночный столб образует 4 изгиба в сагиттальной плоскости: шейный и поясничный лордозы (от гр. *lordos*–выгнутый), обращенные выпуклостью вперед, грудной и крестцовый кифозы (от гр. *kyphos* согнувшийся), обращенные выпуклостью назад (рис. 38.). Грудной и крестцовый кифозы представляют собой первичные изгибы – результат согнутого положения эмбриона. Шейный и поясничный лордозы являются вторичными изгибами, они развиваются под влиянием тяги мышц и имеют скорее функциональный характер, чем анатомический. Изгибы необходимы для поддержания равновесия при вертикальном положении тела и для смягчения толчков

и сотрясений, возникающих при ходьбе, прыжках и других движениях.

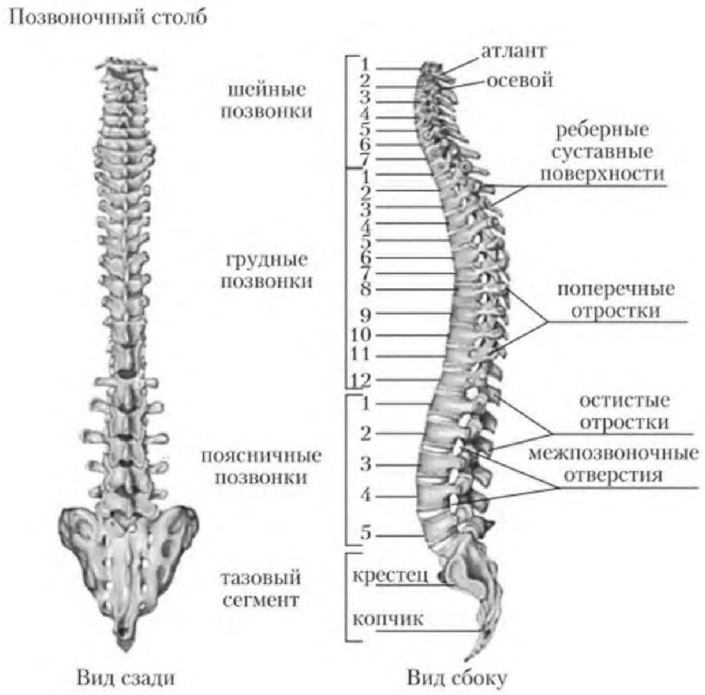


Рис. 38. Позвоночный столб

Физиологические изгибы позвоночного столба образуются постепенно. У новорожденного позвоночный столб почти прямой; когда ребенок начинает держать голову (в возрасте 2 месяцев), образуется шейный лордоз; когда ребенок начинает сидеть (в возрасте 5–6 месяцев), усиливается грудной кифоз; когда ребенок начинает ходить (в возрасте около года), формируется поясничный лордоз.

В грудном отделе (на уровне III грудного позвонка) иногда образуется небольшой физиологический сколиоз (изгиб во фронтальной плоскости), у праворуких он обращен выпуклостью вправо, у леворуких – влево; обусловлен бóльшим развитием мускулатуры справа или слева соответственно.

Скелет головы и черепа состоит из 29 отдельных костей. В черепе выделяют две основные части: мозговой череп и лицевой череп, мозговой череп делят на свод и основание.

Кости мозгового черепа:

- лобная кость (1);
- теменная кость (2);
- затылочная кость(1);
- клиновидная кость (1);
- решетчатая кость (1);
- височная кость (2).

Кости лицевого черепа:

- нижняя челюсть (1);
- верхняя челюсть (2);
- скуловая челюсть (2);
- небная челюсть (2);
- носовая кость (2);
- слезная кость (2);
- нижняя носовая раковина (2);
- сошник (1);
- подъязычная кость (1);
- слуховые косточки (6);
- молоточек (2);
- наковальня (2);
- стремечко (2).

Кости свода черепа (лобная, теменные, верхняя часть чешуи затылочной кости, чешуя височной кости, часть большого крыла клиновидной кости) относятся к плоским костям, они состоят из двух пластинок компактного вещества – наружной и внутренней и тонкого слоя губчатого вещества, заключенного между ними. Такая кость называется диплоэ – двойная. Внутри костей свода черепа находятся диплоические каналы, в которых проходят диплоические вены. Внутренняя пластинка более тонкая и хрупкая, ее называют также стеклянной пластинкой, наружная пластинка более толстая и упругая.

Большинство костей основания черепа относится к неправильным костям – это решетчатая, клиновидная, височная, затылочная кости.

Кости лицевого черепа разнообразны по строению: верхняя и

нижняя челюсти, нижняя носовая раковина, небная, скуловая, подъязычная кости – неправильные; сошник, носовая и слезная кости – плоские (рис. 39).

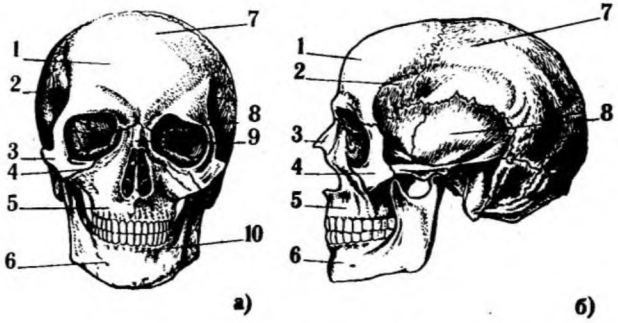


Рис. 39. Кости черепа человека

а) вид спереди: 1 – лобная кость; 2 – линия висков; 3 – скуловая дуга; 4 – скуловая кость; 5 – верхняя челюсть;6 - подбородочное отверстие; 7 – теменная кость; 8 – глазничная впадина; 9 – носовая кость; 10- нижняя челюсть;

б) вид сбоку: 1 – лобная кость; 2 – линия висков; 3 – носовая кость; 4 – скуловая кость; 5 – верхняя челюсть; 6 – нижняя челюсть; 7 – теменная кость; 8 – височная кость

Лобная кость формирует передний отдел свода черепа и большую часть передней черепной ямки в основании черепа; относится к плоским костям. Лобная кость состоит из трех частей: чешуи, глазничной и носовой. Содержит воздухоносную полость – лобную пазуху.

Немного выше надглазничного края располагается возвышение – надбровная дуга; между надбровными дугами находится надпереносье.

Глазничная часть расположена горизонтально, почти под прямым углом к лобной чешуе, она принимает участие в формировании верхней стенки глазницы и дна передней черепной ямки в основании черепа.

Носовая часть лобной кости располагается между двумя глазничными частями.

Кзади от носовой части между глазничными частями располагается решетчатая вырезка, в которой на целом черепе располагается решетчатая пластинка решетчатой кости.

Лобная пазуха – полость неправильной формы, расположенная в толще чешуи. Тонкая перегородка делит ее на две половины.

Теменная кость – парная, относится к плоским костям, образует большую часть свода черепа. Теменная кость представляет собой изогнутую четырехугольную пластинку, имеет 4 края, 4 угла и 2 поверхности.

Затылочная кость – непарная, относится к неправильным костям, образует задние отделы свода и основания черепа. Она состоит из четырех частей, которые расположены вокруг большого затылочного отверстия: непарной базилярной части, непарной затылочной чешуи, парной латеральной части.

Клиновидная кость – непарная, относится к неправильным костям, лежит в основании черепа между лобной, затылочной и височными костями. Она образует большую часть средней черепной ямки, принимает участие в формировании костных стенок глазницы, полости носа. Клиновидная кость состоит из тела, пары больших крыльев, пары малых крыльев, парных крыловидных отростков.

Тело расположено в центре кости, имеет кубическую форму, внутри содержит воздухоносную клиновидную пазуху.

Решетчатая кость – непарная, имеет форму неправильного куба, лежит в основании черепа, образует центральную часть передней черепной ямки, принимает участие в образовании медиальной стенки глазницы, стенок полости носа. Она состоит из решетчатой и перпендикулярной пластинок и двух лабиринтов.

Решетчатая пластинка заполняет решетчатую вырезку лобной кости и формирует верхнюю стенку полости носа.

Височная кость – парная, принимает участие в формировании как основания, так и свода черепа. На височной кости находится суставная ямка для сочленения с нижней челюстью, к височной кости прикрепляются мышцы головы и шеи, она является вместилищем для органов слуха и равновесия.

Чешуйчатая часть устроена как плоская кость, на внутренней поверхности ее видны пальцевые вдавления и мозговые возвышения – отпечатки извилин и борозд височной доли головного мозга и артериальные борозды – отпечатки ветвей средней менингеальной артерии.

Верхняя челюсть – парная кость, образующая скелет средней

части лица, она принимает участие в формировании нижней и латеральной стенок полости носа, нижней стенки глазницы, подвисочной и крыловидно-небной ямок.

Верхняя челюсть состоит из тела и четырех отростков, содержит воздухоносную верхнечелюстную (Гайморову) пазуху.

Лобный отросток соединяется с лобной и носовой костями. Скуловой отросток соединяется со скуловой костью. Небный отросток расположен горизонтально, вместе с небным отростком противоположной стороны образует передние три четверти костного неба.

Нижняя челюсть – самая крупная кость лицевого черепа, она непарная, состоит из тела и двух ветвей. Нижняя челюсть служит опорой для 16 зубов, принимает участие в образовании височно-нижнечелюстного сустава.

Тело нижней челюсти имеет подковообразную форму. Свободный верхний край тела носит название альвеолярной дуги, содержит 16 зубных альвеол для зубов нижней челюсти.

Кости свода черепа и лицевого черепа соединены фиброзными соединениями – швами. Различают следующие виды швов:

- плоский шов – шовные края костей ровные или слегка волнистые, соединяются торцами, конец в конец; плоскими швами соединяются кости лицевого черепа;

- чешуйчатый шов – шовные края несколько скошены, черепицеобразно накладываются один на другой; чешуйчатым швом соединена чешуя височной кости с теменной и клиновидной костями;

- зубчатый шов – шовные края имеют многочисленные зубообразные выступающие отростки, которые соединяются друг с другом по типу застежки «молния». Зубчатыми швами соединены кости свода черепа.

Наружное основание черепа для удобства описания делят на три части – переднюю, среднюю и заднюю.

Передняя часть образована костями лицевого черепа, включает в себя верхнюю альвеолярную дугу, несущую зубы верхней челюсти, и костное небо.

Средняя часть наружного основания черепа занимает область от заднего края костного неба до переднего края большого затылочного отверстия. В переднем отделе средней части находятся хоаны – отверстия, ведущие из полости носа в носоглотку.

Задняя часть наружного основания черепа простирается от переднего края большого затылочного отверстия до верхней выйной линии. Самым крупным образованием этой части черепа является большое затылочное отверстие, в области которого спинной мозг соединяется с головным.

Внутреннее основание черепа делится на три черепные ямки – переднюю, среднюю и заднюю. Ямки расположены в виде каскада – дно передней черепной ямки занимает самое верхнее положение, дно задней черепной ямки – самое нижнее.

По внешнему строению выделяют следующие виды костей:

- длинная кость;
- короткая кость;
- плоская кость;
- неправильная кость;
- воздухоносная кость;
- сесамовидная кость.

Длинные кости имеют удлиненную форму, находятся в составе конечностей, состоят из тела, или диафиза, и двух концов, или эпифизов. Тело имеет цилиндрическую форму, внутри него находится костномозговая полость. В период роста и развития организма в ней содержится красный костный мозг, который с возрастом замещается желтым костным мозгом. Концы (эпифизы) длинных костей расширены и утолщены, состоят из губчатого вещества, покрытого снаружи тонким слоем компактного вещества. На эпифизе имеются суставные поверхности, покрытые суставным хрящом. В ячейках губчатого вещества содержится красный костный мозг. Часть кости, расположенная на границе диафиза и эпифиза, называется метафизом. В течение всего периода роста кости здесь находится эпифизарный хрящ, который является зоной роста кости в длину. По окончании роста скелета эпифизарный хрящ окостеневает. К длинным костям относятся плечевая, локтевая, лучевая, бедренная, большеберцовая и малоберцовая кости, пястные и плюсневые кости, фаланги пальцев, ключица.

Короткие кости находятся в тех частях скелета, где требуются компактность и прочность в сочетании с гибкостью. Короткие кости состоят из губчатого вещества, покрытого снаружи тонким слоем компактного вещества; форма их подобна кубу. К коротким костям относятся кости запястья, предплюсны, надколенник и другие сесамовидные кости.

Плоские кости выполняют защитные функции, образуя стенки полостей (черепа, грудной полости, таза), и имеют большие поверхности для прикрепления мышц. Они состоят из двух тонких слоев компактного вещества, между которыми находится слой губчатого вещества. К плоским костям относятся лобная, теменная, затылочная, носовая, слезная кости, сошник, лопатка, тазовая кость, грудина и ребра.

Неправильные кости по строению нельзя отнести ни к одной из вышеназванных групп. Они состоят из губчатого вещества, покрытого тонким слоем компактного вещества. К ним относятся позвонки, височная, клиновидная, решетчатая, скуловая, небная кости, верхняя и нижняя челюсти, нижняя носовая раковина и подъязычная кость.

Выделяют также воздухоносные кости, которые содержат полости, заполненные воздухом. К ним относятся кости черепа: лобная, клиновидная, решетчатая, височная кости, верхняя челюсть. Воздушные полости облегчают кости черепа и служат резонаторами (усилителями) голоса.

Свежая кость взрослого человека содержит: 50% воды, 16% жира, 12% других органических веществ (белки), 22% неорганических веществ (фосфаты кальция).

Высушенная кость содержит 60-70% неорганических веществ, 30-40% органических веществ.

Неорганическая составляющая кости:

- Гидроксиапатит (95%);
- Магний, калий, натрий, фтор, цинк в небольших количествах.

Органическая составляющая:

- Клетки (2%);
- Внеклеточный матрикс (98%), в его составе:

1. Коллагены (95%);
2. Неколлагеновые белки (5%) (остеокальцин, остеонектин, костный протеогликан и др.).

Состав костной ткани

1. Клетки костной ткани:

– остеогенные клетки-предшественники (развиваются из мезенхимы, многочисленны в костях плода, у взрослого имеются в небольшом количестве, дифференцируются в остеобласты);

– остеобласты (образуют костную ткань: синтезируют и секретируют не минерализованное межклеточное вещество – остеоид,

принимают участие в его обызвествлении; различают активные и неактивные формы остеобластов);

– остеоциты – основной тип клеток зрелой костной ткани, они образуются из остеобластов, находятся в небольших костных полостях – лакунах, имеют многочисленные отростки, которые располагаются в узких костных канальцах и связаны с отростками соседних клеток;

– остеокласты – клетки, разрушающие костную ткань; имеют костномозговое происхождение, относятся к клеткам моноцитарно-макрофагального ряда.

2. Межклеточное вещество.

Поверхность кости покрыта надкостницей (тонкий слой плотной соединительной ткани, сросшейся с костью). В надкостнице проходят сосуды и нервы. Надкостница участвует в питании кости и образовании новой костной ткани. За счет работы клеток надкостницы срастаются переломы.

Суставные поверхности костей покрыты хрящом, а не надкостницей. Хрящи не покрыты надкостницей.

Кости могут расти и в длину, и в ширину. Рост костей у человека в норме заканчивается к 22-25 годам.

У новорожденного скелет содержит кости, частично состоящие из хрящей. Затем хрящ постепенно замещается костной тканью.

Кость растет в длину за счет клеток хрящевой ткани, образующей прослойки на концах длинных костей.

Классификация соединений костей

Соединения костей включают два основных типа:

I. Непрерывные соединения – в таком соединении между костями нет полости, подвижность в нем отсутствует или резко ограничена (неподвижное соединение).

II. Прерывные соединения, или суставы – между сочленяющимися костями имеется полость, кости становятся подвижными относительно друг друга (подвижное соединение).

Непрерывные соединения в зависимости от того, посредством какой ткани соединяются кости, делят на три вида:

1. Фиброзные соединения – соединения костей посредством соединительной ткани; к ним относятся следующие соединения:

- связки;
- межкостные перепонки, или мембраны;
- швы;

- роднички (соединительнотканная мембрана между костями свода черепа у плода и новорожденного).

2. Хрящевые соединения:

- синхондроз – соединение посредством гиалинового хряща; по времени существования синхондроз может быть временным или постоянным; временные синхондрозы существуют до определенного возраста, затем превращаются в синостозы;

- симфиз – соединение посредством фиброзного хряща, внутри которого часто образуется узкая щель, увеличивающая подвижность;

3. Костные соединения (синостозы) – соединения костей посредством костной ткани; в нормальных условиях в синостозы переходят временные синхондрозы; в старческом возрасте в синостозы могут переходить и фиброзные соединения, например, швы между костями черепа.

Прерывные соединения, или суставы, должны иметь три основных элемента:

- суставные поверхности;

- суставную полость;

- суставную капсулу.

Суставные поверхности покрыты суставным хрящом, который, как правило, является гиалиновым, в отдельных суставах – волокнистым (фиброзным), например, в височно-нижнечелюстном суставе. Важной характеристикой суставных поверхностей является соответствие их друг другу по форме – конгруэнтность. В суставах часто на одной кости имеется суставная головка, на другой – суставная ямка.

Суставная полость представляет собой герметичное пространство, ограниченное суставными поверхностями и синовиальным слоем капсулы. Суставная полость заполнена синовиальной жидкостью, которая уменьшает трение суставных поверхностей, улучшает их скольжение, способствует сцеплению суставных поверхностей; за счет синовиальной жидкости осуществляется питание суставного хряща.

Суставная капсула состоит из наружного фиброзного слоя, или мембраны и синовиального слоя, или мембраны. Синовиальный слой вырабатывает синовиальную жидкость

К осевому скелету относятся скелет туловища, состоящий из позвоночного столба и грудной клетки, и скелет головы, или череп.

Данная лекция посвящена скелету туловища.

Скелет грудной клетки состоит из 12 пар ребер, грудины и 12 грудных позвонков. Первые 7 пар ребер, сочленяются с грудиной и называются истинными, последние 5 пар ребер, не имеющие прямого контакта с грудиной, называются ложными. VIII, IX, X ребра присоединяются к грудине косвенно, каждое сочленяется с хрящом вышележащего ребра, образуя реберную дугу. XI и XII ребра, не соединяются с реберной дугой и называются колеблющимися; их концы свободно лежат между мышцами брюшной стенки.

Ребро состоит из задней костной части и передней части – реберного хряща. Костная часть ребра состоит из головки, шейки и тела. На головке имеется суставная поверхность для сочленения с грудными позвонками, у II–X ребер суставная поверхность разделена на две части гребнем головки ребра, так как эти ребра сочленяются с двумя полу-ямками на телах соседних позвонков, на I, XI, XII ребрах, сочленяющихся с полными ямками, такого разделения нет.

Грудина состоит из рукоятки, тела и мечевидного отростка. На верхнем крае рукоятки грудины расположена непарная яремная вырезка, по бокам от нее – ключичные вырезки, несущие суставные поверхности седловидной формы для сочленения с ключицей. На боковом крае грудины находятся реберные вырезки, на них имеются суставные поверхности для сочленения с ребрами. Рукоятка, тело и мечевидный отросток соединяются друг с другом хрящевыми соединениями.

Соединения ребер с грудиной

- первое ребро соединяется с грудиной постоянным синхондрозом (непрерывное соединение);
- остальные истинные ребра (со II по VII) соединяются с грудиной плоскими малоподвижными грудино-реберными суставами;
- 8-10 ребра соединяются с вышележащим ребром межхрящевыми суставами.

Соединения ребер с позвонками

- головки ребер соединяются суставами с реберными ямками на телах позвонков.
- бугорки ребер соединяются суставами с поперечными отростками грудных позвонков (кроме 11 и 12 ребер).

К добавочному скелету относятся кости поясов конечностей и свободных конечностей.

Скелет верхней конечности состоит из пояса верхней конечности и свободной верхней конечности.

К поясу верхней конечности относятся две кости – ключица и лопатка.

Скелет свободной верхней конечности состоит из трех отделов: плеча, предплечья и кисти. Скелет плеча образован одной – плечевой – костью, скелет предплечья – двумя костями: лучевой и локтевой. Скелет кисти делится на запястье, пясть и пальцы. Скелет запястья состоит из 8 коротких костей, скелет пясти – из 5 костей, скелет пальцев образован фалангами (всего 14 костей).

Ключица состоит из тела и двух концов – грудинного и акромиального. Тело ключицы S-образно изогнуто, верхняя поверхность ключицы гладкая, нижняя – шероховатая.

Лопатка – плоская кость треугольной формы, на ней выделяют:

- две поверхности: переднюю, или реберную, и заднюю;
- три угла: верхний, нижний, латеральный;
- три края: медиальный, латеральный, верхний;
- три отростка: ость лопатки, акромион, клювовидный отросток.

На лопатке имеются две суставные поверхности: плоская суставная поверхность акромиона для сочленения с ключицей и слегка вогнутая суставная впадина в области латерального угла для сочленения с плечевой костью. У верхнего края суставной впадины расположен надсуставной бугорок, у нижнего края – подсуставной бугорок. От бугорков начинаются сухожилия мышц.

Края, углы и отростки лопатки служат для прикрепления мышц.

Скелет плеча образован плечевой костью. Она относится к длинным костям, состоит из тела (диафиза) и двух концов (эпифизов) – проксимального и дистального.

Локтевая кость относится к длинным костям, состоит из тела (диафиза), проксимального и дистального концов (эпифизов).

Тело локтевой кости – трехгранной формы.

На дистальном эпифизе расположена головка локтевой кости, на ней имеется суставная окружность для сочленения с лучевой костью. С медиальной стороны головки локтевой кости находится шиловидный отросток, он направлен вниз и служит для прикрепления мышц и связок.

Лучевая кость относится к длинным костям, состоит из тела

(диафиза) и двух эпифизов – проксимального и дистального.

Проксимальный эпифиз лучевой кости носит название головки, на верхней поверхности его имеется суставная ямка для сочленения с головкой мыщелка плечевой кости, по краю головки расположена суставная окружность для сочленения с локтевой костью.

Между головкой и телом находится узкая часть – шейка лучевой кости. Тело лучевой кости имеет трехгранную форму.

Дистальный эпифиз лучевой кости утолщен, на латеральной стороне его расположен шиловидный отросток, на медиальной стороне имеется локтевая вырезка для сочленения с головкой локтевой кости. На нижней поверхности дистального эпифиза находится запястная суставная поверхность для сочленения с костями запястья.

Скелет запястья состоит из 8 коротких костей, расположенных в два ряда. Проксимальный ряд образуют, начиная с лучевой стороны:

1. ладьевидная кость (имеет форму лодочки);
2. полулунная кость (имеет форму полумесяца);
3. трехгранная кость (имеет форму трехгранной пирамидки);
4. гороховидная кость (напоминает горошину).

Первые три кости лежат в одной плоскости, гороховидная кость расположена на ладонной поверхности трехгранной кости.

Скелет пясти образован пятью костями. Каждая пястная кость состоит из основания, тела и головки. Первая пястная кость короче, но массивнее остальных, вторая пястная кость – самая длинная, на лучевой стороне основания третьей пястной кости имеется костный выступ – шиловидный отросток.

Каждая из пяти пястных костей соответствует одному пальцу. Каждый палец на кисти имеет порядковый номер и собственное название:

- I – большой палец;
- II – указательный палец;
- III – средний палец;
- IV – безымянный, или кольцевой палец;
- V – мизинец.

Скелет пальцев образован фалангами. II - V пальцы имеют по три фаланги – проксимальную, среднюю и дистальную, большой палец две – проксимальную и дистальную.

Каждая фаланга состоит из основания, тела, и головки. Прок-

симальные фаланги являются наиболее длинными, дистальные фаланги – наиболее короткими. На ладонной поверхности каждой дистальной фаланги имеется бугристость для прикрепления осязательного валика.

Соединения костей пояса верхней конечности

Акромиально-ключичный сустав образован суставными поверхностями акромиона и акромиального конца ключицы.

Грудино-ключичный сустав соединяет пояс верхней конечности с осевым скелетом; он образован грудинным концом ключицы и ключичной вырезкой грудины, в полости сустава находится суставной диск.

Соединения свободной части верхней конечности

Плечевой сустав образован головкой плечевой кости и суставной впадиной лопатки. Суставные поверхности не соответствуют друг другу по форме и площади поверхности – головка плечевой кости шаровидной формы, суставная впадина – почти плоская ямка, площадь суставной поверхности головки примерно в три раза больше, чем у суставной впадины.

Плечевой сустав – самый подвижный в теле человека, по форме является шаровидным, по функции – многоосным. В нем совершаются движения вокруг фронтальной оси *(сгибание/разгибание)*, вокруг сагиттальной оси *(отведение/приведение)*, вокруг вертикальной оси *(вращение внутрь и наружу)*, при переходе с одной оси на другую совершается *круговое движение*.

Локтевой сустав – сложный сустав, посредством которого плечевая кость сочленяется с костями предплечья; он состоит из трех суставов: плечелоктевого, плечелучевого, проксимального лучелоктевого. Суставы имеют общую капсулу и одну суставную полость. Лучелоктевой сустав образован блоком плечевой кости и блоковидной вырезкой локтевой кости;

- плечелучевой сустав образован головкой мыщелка плечевой кости и головкой лучевой кости;

- проксимальный лучелоктевой сустав образован суставной окружностью лучевой кости и лучевой вырезкой локтевой кости.

Капсула сустава обширная, прикрепляется на сочленяющихся костях далеко за пределами суставных поверхностей.

Локтевой сустав по функции является двухосным, в нем возможны сгибание и разгибание вокруг фронтальной оси, вращение (пронация и супинация) вокруг вертикальной оси.

Соединения костей предплечья между собой. Лучевая и локтевая кости соединяются между собой двумя суставами – проксимальным и дистальным лучелоктевыми и лучелоктевым синдесмозом, представленным межкостной перепонкой предплечья.

Проксимальный лучелоктевой сустав входит в состав локтевого сустава. Суставная головка в нем принадлежит лучевой кости, а суставная ямка образована лучевой вырезкой на локтевой кости. Сустав по форме суставных поверхностей цилиндрический, по функции – одноосный.

Дистальный лучелоктевой сустав по форме суставных поверхностей и функции аналогичен проксимальному суставу, только в нем суставная головка принадлежит локтевой кости, а суставная ямка образована локтевой вырезкой на лучевой кости. Дистальный и проксимальный лучелоктевые суставы – комбинированные, в них совершается вращение (пронация и супинация) вокруг вертикальной оси. При этих движениях локтевая кость остается неподвижной, а лучевая вращается вокруг нее, при этом вслед за лучевой костью движется вся кисть.

Скелет нижней конечности состоит из пояса нижней конечности и свободной нижней конечности. К поясу нижней конечности относятся тазовая кость и крестец.

Скелет свободной нижней конечности состоит из трех отделов: бедра, голени и стопы. Скелет бедра образован одной – бедренной – костью, скелет голени – двумя костями: большеберцовой и малоберцовой. Скелет стопы делится на предплюсну, плюсну и пальцы. Скелет предплюсны состоит из 7 коротких костей, скелет плюсны – из 5 костей, скелет пальцев образован фалангами (14 костей).

Тазовая кость относится к плоским костям, представляет собой результат сращения трех костей – подвздошной, седалищной и лобковой. На латеральной поверхности тазовой кости находится чашеобразная вертлужная впадина, которая служит для сочленения с бедренной костью. В образовании вертлужной впадины принимают участие все три кости. В пределах вертлужной впадины выделяют полулунную суставную поверхность и ямку – несуставную часть вертлужной впадины. На передней поверхности тазовой кости расположено запирательное отверстие, ограниченное лобковой и седалищной костями.

Подвздошная кость состоит из тела и крыла. Тело подвздош-

ной кости входит в состав вертлужной впадины. На крыле подвздошной кости различают верхний утолщенный край – подвздошный гребень, подвздошную ямку, крестцово-тазовую и ягодичную поверхности.

На крестцово-тазовой поверхности располагаются: ушковидная суставная поверхность для сочленения с крестцом и подвздошная бугристость для прикрепления связок. На наружной (ягодичной) поверхности крыла подвздошной кости находятся три шероховатые линии для прикрепления ягодичных мышц.

Седалищная кость состоит из тела и ветви. Тело седалищной кости входит в состав вертлужной впадины, образуя ее задненижнюю часть.

Лобковая кость состоит из тела и двух ветвей – верхней и нижней. На медиальной поверхности тела находится симфизиальная поверхность, служащая для соединения с лобковой костью противоположной стороны.

Бедренная кость относится к длинным костям, состоит из тела и двух концов (эпифизов) – проксимального и дистального. Бедренная кость является самой длинной в теле человека.

Скелет голени образован двумя костями – большеберцовой и малоберцовой.

Большеберцовая кость на голени расположена медиально, относится к длинным костям, по длине занимает второе место после бедренной кости; состоит из тела, проксимального и дистального концов.

Малоберцовая кость – латеральная кость голени, она значительно меньше большеберцовой кости. Малоберцовая кость относится к длинным костям, состоит из тела и двух концов – проксимального и дистального. Проксимальный конец представлен головкой малоберцовой кости, она имеет приблизительно шаровидную форму с заостренной верхушкой. На верхнемедиальной поверхности головки имеется круглая суставная поверхность, для сочленения с большеберцовой костью.

Соединения свободной части нижней конечности

Тазобедренный сустав образован суставной поверхностью головки бедренной кости и полулунной суставной поверхностью вертлужной впадины. Несуставная часть вертлужной впадины – ямка – содержит жировую ткань. К краю вертлужной впадины при-

крепляется хрящевая вертлужная губа, делающая впадину еще более глубокой.

В полости тазобедренного сустава имеется связка головки бедренной кости, которая одним концом прикрепляется к ямке головки бедренной кости, другим концом – к ямке вертлужной впадины. В этой связке проходит артерия, питающая головку и шейку бедренной кости.

Коленный сустав – самый крупный и сложный в теле человека, образован тремя костями: бедренной, большеберцовой и надколенником. В нем объединены два сустава:

- сочленение между бедренной и большеберцовой костями, выполняющее опорную и локомоторную функции;

- сочленение между надколенником и бедренной костью, которое увеличивает плечо силы четырехглавой мышцы бедра, огибающей спереди коленный сустав, и направляет силу тяги этой мышцы к большеберцовой кости.

Коленный сустав самый крупный и сложно устроенный в теле человека, он имеет множество вспомогательных элементов.

Голеностопный сустав – сочленение между костями голени и таранной костью предплюсны. Суставная ямка, имеющая форму вилки, образована тремя суставными поверхностями: нижней суставной поверхностью большеберцовой кости и суставными поверхностями лодыжек. Суставной головкой является блок таранной кости.

Спереди и сзади капсула свободная, на боковых поверхностях сустава – туго натянута и укреплена прочными связками.

МЫШЦЫ

Мышцы(мускулы) – *musculi* орган тела состоящий из мышечной ткани. Свойства мышц – возбудимость, сократимость, растяжимость, эластичность.

Мышцы произвольные – поперечно-полосатые мышцы (скелетные и внутренних органов) – организуют труд, позы, ходьба, разговор, жевание.

Мышцы непроизвольные – гладкие и сердечная (внутренние органы и сердце).

Мышцы рук участвуют в трудовой деятельности.

Работой пальцев управляет большое количество мышц.

2. Мышцы ног имеют большую массу.

Икроножная мышца сгибает ногу в колене, поднимает пятку,

поворачивает стопу наружу.

Самая большая мышца тела – большая ягодичная мышца - закрепляет тазобедренный сустав для вертикального положения тела.

По функциональному назначению мышцы подразделяются на сгибатель, разгибатель, отводящая мышца, приводящая мышца, пронатор, супинатор, поднимающая, опускающая, супинатор, поднимающая мышца, опускающая, натягивающая, жевательная, гладкие мышцы (расширяющая, суживающая) (рис. 40).

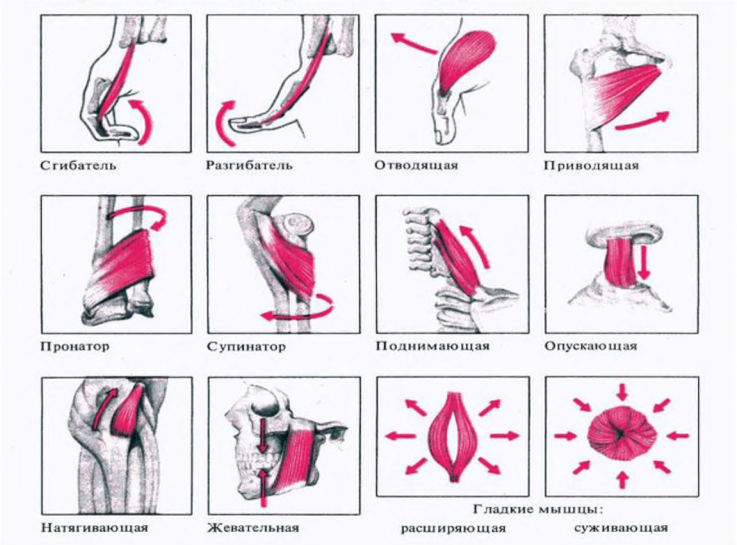


Рис. 40. Мышцы различного функционального назначения

Мышцы шеи и спины поддерживают вертикальное положение тела, участвуют в движениях туловища и поворотах головы. Мышцы живота осуществляют наклоны вперед и повороты туловища, защищают органы брюшной полости, участвуют в дыхании. Мышцы груди участвуют в дыхании и движениях верхней конечности.

Диафрагма – мышечная перегородка, разделяющая грудную и брюшную полости; участвует в дыхании «животом» (специфична для млекопитающих).

Мышцы головы.

а) Жевательные мышцы двигают нижнюю челюсть во всех направлениях.

б) Мимические мышцы одним концом закреплены на кости, а другим – в коже лица. Их функция у приматов – передача эмоций.

Формирование скелета и мышц

Самый интенсивный рост и развитие мышц происходят в 14–17 лет. Кости растут усиленно в местах, где на них оказывается сильное сжатие или растяжение. Чем сильнее мышцы, тем крепче скелет. Чем больше нагрузка на суставы, тем больше вероятность их заболевания. Избыточная масса тела ухудшает кровоснабжение костей и суставов, что ведет к их заболеваниям.

Работа мышц

Работа – основная функция и условие существования мышц. Даже в покое мышцы в тонусе. Тонус – состояние длительного незначительного напряжения. Атрофия – потеря работоспособности в результате бездеятельности. Утомление – физиологическое состояние временного снижения работоспособности, возникшее вследствие деятельности.

На работоспособность влияют факторы:

- анатомические,
- механические,
- физиологические,
- психические.

Нагрузка краткосрочная

После использования ресурса АТФ, синтез может осуществляться в процессе анаэробного дыхания. При высокой мощности работы гликолиз подключается через 20-30 сек. Главный фактов утомления – накопление лактата и гипоксия тканей. Мышечные боли после физнагрузки вызваны небольшими воспалениями и отеком тканей в восстановительный период.

Долгосрочная нагрузка

Объем мышц определяется генетически, рост мышечной массы стимулируется стероидами (тестостероном). При тренировке объем мышц может увеличивается на 60%. Возрастает кол-во и размеры митохондрий, активность ферментов в них. Увеличиваются запасы криатинфосфата, гликогена, жиров и миоглобина. Облегчается высвобождение жирных кислот из их запасов. Возрастает кол-во сосудов. Улучшается координация между мышцами, особенно антагонистами. При работе любого органа в него поступает больше крови.

Чем больше работают мышцы, тем больше они получают питательных веществ и кислорода с током крови. Поэтому при тренировках мышцы растут быстрее. При мышечных сокращениях активизируется работа и других систем органов (сердечнососудистой, дыхательной). Это улучшает их кровоснабжение и усиливает обмен веществ, что благотворно влияет на здоровье человека. При отсутствии тренировки, длительные физические нагрузки (гиподинамия) могут принести вред.

В процессе рабочего дня как для физической, так и умственной деятельности на кривой работоспособности были выделены следующие *стадии работоспособности*:

1. Стадия врабатывания включает три подстадии:

- первичной мобилизации – наблюдается в момент начала деятельности и длится до нескольких минут. Она характеризуется кратковременным снижением значений практически всех показателей деятельности и активации физиологических систем. Этот эффект связан с внешним торможением, возникающим в результате изменения характера стимуляции;

- гипермобилизации – охватывает «предстартовый» период и характеризуется повышением как неспецифической активации, так и специфических сдвигов, например, активизацию анализаторов, переход организма в состояние готовности к восприятию информации. На психологическом уровне происходит построение плана деятельности и мысленное «проигрывание» ее ключевых этапов. Постепенное повышение работоспособности сопровождается выраженными колебаниями продуктивности, точности, качества работы и состоянием повышенной нервно-психической напряженности: *учащением пульса и дыхания, повышением кровяного давления, депрессией альфа-ритма, повышением доли тета-и бета-ритмов;*

- гиперкомпенсации – происходит поиск адекватного приспособления к требованиям деятельности и формирование устойчивого динамического стереотипа деятельности. Показатели деятельности и психофизиологические показатели отличаются нестабильностью.

2. Стадия оптимальной работоспособности характеризуется стабильными параметрами деятельности и организма. Она определяется как «устойчивое рабочее состояние», или состояние «функционального комфорта», отражающее оптимальность психофизиологических затрат (высокая продуктивность достигается минимальными затратами). Статистически достоверных изменений в

психофизиологических показателях не наблюдается.

3. Стадия полной компенсации постепенно приходит на смену предыдущей и отражается в снижении работоспособности и развитии начальных признаков состояния утомления, субъективно переживаемом как состояние усталости. Компенсация утомления происходит за счет волевых усилий и активизации физиологических механизмов, что отражается в более высоких, чем в период врабатываемости, вегетативных сдвигах и развитии состояния нервно-психического напряжения.

4. Стадия неустойчивой компенсации (выраженного утомления) характеризуется нарастающим утомлением и снижением работоспособности. В этом состоянии наблюдается выраженное чувство утомления и разнообразные по направленности и интенсивности изменения психофизиологических показателей как следствие сложного взаимодействия активационных, регуляторных и компенсаторных систем различного уровня, изменения в которых происходят неодновременно и зависят от структуры конкретной деятельности и от того, какая психическая функция испытывает большее напряжение. В этой стадии выделяются подстадии: - ***субкомпенсации*** – сохраняется высокая продуктивность. Компенсация возникающих трудностей осуществляется за счет менее ответственных (энергетически и функционально) процессов и, в частности, путем подключения дополнительных ресурсов.

5. Стадия «конечного порыва» – в конце работы при адекватном воздействии на мотивационно-волевую сферу, в особенности при наличии высокозначимых для субъекта целей, может происходить кратковременное повышение продуктивности за счет привлечения "неприкосновенных" психофизиологических резервов организма. Очевидно, что такой режим работы является экстремальным для организма и ведет, как правило, к переутомлению и хроническим заболеваниям.

6. Стадия декомпенсации – прогрессивное снижение работоспособности, когда быстро нарастают симптомы утомления, снижается продуктивность и эффективность работы и наблюдаются значительные сдвиги во всех психофизиологических показателях, связанных с системами активации. В этом состоянии волевые усилия уже не обеспечивают активизацию компенсаторных и защитных систем, в операторской деятельности появляются отказы и срывы, и тогда дальнейшее выполнение деятельности может и должно быть

прекращено.

Контрольные вопросы

1. Назовите функции опорно-двигательной системы?
2. Какие основные отделы скелета человека вы знаете?
3. Назовите основные отделы позвоночного столба?
4. Какова особенность костей новорожденного?
5. Какие вещества придают твердость костной ткани?
6. Сколько суставов в скелете человека?

Занятие 14. Пищеварительная система

Цель занятия – изучить строение и функции пищеварительной системы

Питательные вещества – белки, жиры, углеводы, минеральные соли, вода и витамины, входящие в состав пищевых продуктов и необходимые для организма.

Жиры, белки и углеводы имеют крупные молекулы, поэтому чтобы попасть во внутреннюю среду организма, они подвергаются химическому расщеплению на более мелкие составляющие – пищеварению. Строение системы органов пищеварения (состоят из пищеварительного канала и пищеварительных желёз).

Органы пищеварительного канала (рис. 41.).

- ротовая полость;
- глотка;
- пищевод;
- желудок;
- тонкий кишечник;
- толстый кишечник;
- анальное отверстие.

Строение стенки пищеварительного канала: снаружи она покрыта *соединительной тканью*; под ней находится слой *гладких мышц*, сокращение которых обеспечивает перистальтическое движение кишечника.

Слизистая оболочка образована *эпителиальной тканью*. Имеет складчатую поверхность для увеличения площади всасывания. Площадь поверхности кишечника по сравнению с полым цилиндром такого же размера увеличена примерно в 600 раз. За счет складок – в три раза, кишечных ворсинок – в десять раз и за счет микроворсинок клеток эпителия – в двадцать раз. Микроворсинки эпителиальных клеток состоят из клеточной мембраны, на поверхности которой идет так называемое мембранное пищеварение – очень эффективный процесс переваривания. Содержит много мелких пищеварительных желез. Крупные пищеварительные железы расположены вне пищеварительного канала. Имеют специальные протоки,

ведущие в полость пищеварительного канала. Это - три пары слюнных желез, печень и поджелудочная железа.

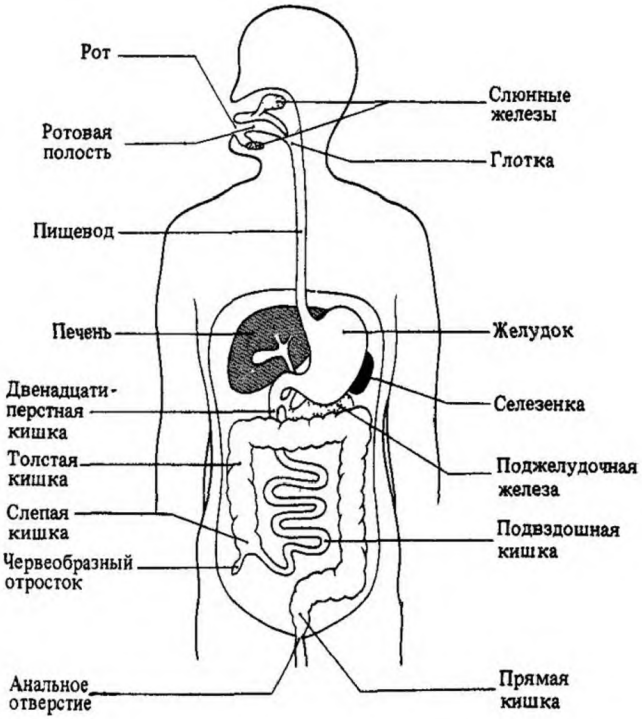


Рис. 4. Строение пищеварительной системы

1

Методы изучения пищеварения

И. П. Павлов разработал методы изучения работы пищеварительной системы (за эти работы он был награжден Нобелевской премией). Он изучил состав и количество пищеварительных соков. Изучил регуляцию их выделения. Применял метод наложения фистулы, для этого выводил протоки пищеварительных желез наружу (фистула – отверстие).

Современные методы исследования безболезненны

Зондирование – введение резиновой трубки (зонда) в полостьжелудка для получения желудочного и кишечного соков.

Рентгенография – определение контуров полостных органов,

при введении в их полость рентгеноконтрастных веществ, например при исследовании полости желудка вводят кашицу $BaSO_4$. Радиоэлектронные методы основаны на прохождении в кишечнике «радиопилюли» (снабженный датчиками цилиндр (8х15 мм), передающий с помощью радиоволн информацию о кишечной среде).

Эндоскопия – введение во внутренние органы человека оптических и осветительных приборов, позволяющих осматривать полость пищеварительного канала и протоки желез.

Ультразвуковая локация – получение на экране изображения внутренних органов по отражению ультразвуковых волн от их границ.

Сканирующая томография – построение на экране компьютера изображения внутренних органов с использованием метода ядерного парамагнитного резонанса .

Пищеварение в ротовой полости

1. Ротовая полость. В ротовой полости пища измельчается с помощью зубов и языка и анализируется на вкусовые качества. У человека 32 зуба, находящихся в ямках (альвеолах) челюсти. Спереди на обеих челюстях находятся по 4 резца (incisivi). За резцами с каждой стороны находится по одному клыку (canini). За клыками находятся по 2 пары малых (praemalares) и по 3 пары больших коренных (molares) зубов, имеющих бугристую поверхность (признак всеядности).

Резцами и клыками человек откусывает пищу, а с помощью коренных зубов он ее дробит и пережевывает. Строение зуба (зубы по строению гомологичны плакоидной чешуе акул, которая также имеет эмаль и дентин).

Корень – часть зуба, находящаяся в ячейке челюстной кости.

Шейка – часть зуба, погруженная в десну.

Коронка – выступающая в ротовую полость часть зуба. Коронку снаружи покрывает твердая зубная эмаль, предохраняющая зуб от стирания и микробов. Под эмалью находится *дентин* – плотное костноподобное вещество. Внутренняя часть зуба полая, содержащая *пульпу* – соединительнотканную мякоть, пронизанную сосудами и нервами. Зубы появляются у человека с 6 месяцев3 (молочные зубы). Редко дети рождаются с зубами, например король Франции Людовик XIV родился с 2-мя зубами. К 10-12 годам молочные зубы заменяются постоянными. К 22 годам появляется (навсегда)

последняя пара зубов – зубы мудрости. Зубы мудрости – рудиментарны, в акте жевания не участвуют.

Слюнные железы

Только смоченная слюной пища может вызвать вкусовые ощущения на вкусовых сосочках языка. В ротовую полость открываются 3 пары крупных слюнных желез – околоушная, подчелюстная, подъязычная. В слизистой ротовой полости имеется много мелких слюнных желез. Слюна выделяется непрерывно (до 2 л в сутки), во время еды выделение слюны усиливается рефлекторно. При нарушении состава внутренней среды пищеварительные железы начинают повышенную секрецию различных веществ. Например, при гипертонии (повышение артериального давления) в слюне увеличивается содержание натрия, холестерина, мочевой кислоты, кортизола и др. Снижение секреции слюны у таких больных ведет к более тяжелому течению болезни, так как вредные веществ: не выводятся слюной из организма. Нормализация слюноотделения приводила к улучшению состояния гипертоников. Центр слюноотделения находится в продолговатом мозге. Возбуждение к продолговатому мозгу идет от рецепторов, находящихся в слизистой ротовой полости и языка. Слюна может выделяться рефлекторно при виде пищи и от ее запаха. В слюне находятся ферменты расщепляющие углеводы (птиалин- расщепляющий полисахариды до дисахаридов (мальтозы) и фермент мальтаза, преобразующий мальтозу (солодовый сахар) в глюкозу. Слюна также содержит муцин, обволакивающий пищевой комок и способствующий его проглатыванию (смазка). Слюна имеет слабощелочную реакцию и содержит обеззараживающее вещество – лизоцим. Глотание – переход пищи из ротовой полости в глотку, а затем в пищевод. При глотании гортань закрывается надгортанником. Пищевод, перистальтически сокращаясь, транспортирует пищу в полость желудка. Слизистая пищевода выделяет слизь, облегчающую проскальзывание по нему пищевого комка.

Пищеварение в желудке

Желудочный сок – бесцветная жидкость, содержащая ферменты, слизь (предохраняет стенки желудка от механических и химических повреждений) и соляную кислоту (pH = 1, обеззараживает пищу и активирует ферменты). Желудочный сок стимулирует выделение гормонов кишечника (рис. 42).

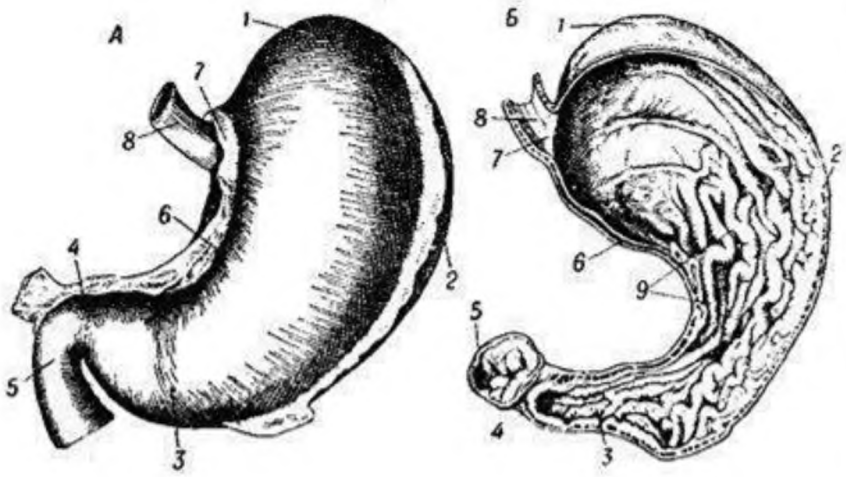


Рис. 42. Строение желудка человека: А–вид спереди. Б–раскрытый желудок (продольный разрез):
1 – дно желудка; 2 – большая кривизна; 3 – привратниковая часть; 4 – привратник; 5 – двенадцатиперстная кишка; 6 – малая кривизна; 7 – вход в пищевод; 8 – пищевод; 9 – складки слизистой оболочки

Слизистая оболочка желудка выделяет желудочный сок и слизь, которая защищает стенку желудка от переваривания. В глубине пищевого комка, попавшего в желудок, ферменты слюны продолжают пищеварение в течение 20 минут, пока кислая среда желудочного сока не прекратит их деятельность. Ферменты желудка гидролизуют белки, при этом разрушается первичная структура белка. Разрыв происходит по пептидным связям внутри белковой цепи. К этим ферментам относят смесь ферментов, гидролизирующих пептидную связь внутри белков (например, пепсин, гастриксин, коллагеназа), а также липазу, физиологическая роль которой невелика. Ферменты желудка гидролизуют жиры молока.

Нервная регуляция желудочного сокоотделения

Условно-рефлекторная регуляция осуществляется с участием коры полушарий головного мозга. Вид и запах пищи вызывает выделение желудочного сока (аппетитный сок). Шум, посторонние разговоры, чтение тормозят пищеварительные рефлексы. Стресс, раздражение и ярость приводят к усилению, а страх и тоска к торможению как секреции, так и моторики (движению) желудка.

Безусловно-рефлекторное выделение желудочного сока

Импульсы от рецепторов ротовой полости и желудка проводятся в продолговатый мозг. От продолговатого мозга импульсы идут к железам желудка по блуждающему нерву (парасимпатическая нервная система). Приправы, соленья, перец, горчица усиливают возбуждение рецепторов ротовой полости и желудка, улучшая аппетит. Неприятные ощущения голода связаны с усиленным сокращением стенок желудка, что стимулирует к действиям по утолению чувства голода. Сигналы о насыщении поступают в головной мозг с опозданием в 20 минут .

Гуморальная регуляция желудочного сокоотделения

Рефлекторное выделение желудочного сока было доказано Павловым в опытах с мнимым кормлением. Собака с перерезанным пищеводом глотала пищу, которая не попадала в желудок, при этом происходило выделение желудочного сока.

Этот рефлекс угасает на третьи сутки голодовки, после чего человек перестает ощущать сильный голод, но в результате отсутствия пищи он быстро устает, появляется слабость и головокружение.

Это связано с гуморальным механизмом возникновения чувства насыщения. Центры насыщения и голода находятся в гипоталамусе.

Гуморальная регуляция была доказана Павловым, выделившим хирургически у собаки малый желудочек, не связанный с оставшимся желудком. В желудке пища задерживается до 8 часов. Примерно через 2 часа рефлекторное сокоотделение заканчивается. Начинается гуморальная регуляция. В слизистой желудка образуются биологически активные вещества, действующие возбуждающе на нейроны продолговатого мозга, что усиливает активность желудочных желез. Кишечник также выделяет биологически активные вещества (холицистокинин и секретин), которые влияют на функцию желудка.

Функции кишечника

Деятельность кишечника управляется вегетативной нервной системой, а также гуморальной системой

Тонкий кишечник имеет длину – 3-3,5 м. Мышечная оболочка тонкого кишечника имеет внутренний (кольцевой) и наружный (продольный) слой гладких мышечных волокон.

Двенадцатиперстная кишка (Ее длина равна ширине 12 пальцев, сложенных вместе) – начальный участок тонкого кишечника. Из желудка пища поступает в двенадцатиперстную кишку маленькими порциями, которые дозирует привратник. Привратник закрывает вход в кишечник из желудка, как только содержимое кишечника за ним приобретает кислую среду. Постепенно среда становится щелочной, и привратник снова открывается. .В эту кишку впадают протоки поджелудочной железы и печени.

Ферменты поджелудочной железы действуют в щелочной среде и активируются желчью. В сутки у человека выделяется до 2 л сока поджелудочной железы.

В двенадцатиперстной кишке расщепляются жиры, углеводы и белки. При различных рационах питания в просвете двенадцатиперстной кишки формируется среда, близкая по составу к плазме крови. Это достигается транспортом веществ из плазмы крови в просвет кишки и обратно. При быстром поступлении питательных веществ из желудка, транспортная функция кишечника тормозится гормонами двенадцатиперстной кишки, это позволяет сохранить постоянство внутренней среды организма. При удалении во время хирургических операций желудка и участка двенадцатиперстной кишки возникает демпинг-синдром, когда прием пищи ведет к обморочному состоянию из-за нарушения состава внутренней среды.

Желчь, вырабатываемая печенью, не содержит ферментов, способствует эмульгированию жиров (превращению их в мельчайшие капли). Жиры становятся доступными для расщепления ферментами. Выходящая из печени желчь временно скапливается в желчном пузыре, а оттуда через желчный проток поступает в кишечник. В сутки у человека выделяется 1,5 л желчи. При воспалениях желчного пузыря среда в нем закисляется и растворимые соли желчных кислот превращаются в нерастворимые желчные кислоты, которые могут выпадать в осадок в виде камней - это вызывает мучительные боли у человека.

Двенадцатиперстная кишка без резких границ переходит в другие отделы тонкого кишечника. Далее идут тощая и подвздошные кишки. Наибольшее значение имеет тощая кишка, ее поверхность равна 37 м (у двенадцатиперстной-1,3, а у подвздошной – 5,3 м). Основные процессы переваривания и всасывания происходят в тощей кишке. Движение пищевой кашицы происходит под действием волнообразных (*перистальтических*) движений стенок кишечника.

Эти движения кишечника чаще хаотичны и служат для перемешивания его содержимого. Только некоторые перистальтические волны, начавшись от желудка, достигают конца кишечника, способствуя перемещению пищевой кашицы в нижележащие отделы кишечника. Ферменты постоянно разрушают клетки слизистой оболочки кишки, поэтому в ней. Происходит самое быстрое деление клеток. Они обновляются каждые 3 дня. В эпителии кишечника находится большое количество пищеварительных желез. Желудочно-кишечный тракт продуцирует большое количество гормонов, характерных для желез внутренней секреции: гипоталамуса, гипофиза, коры надпочечников, щитовидной железы и т. д.

Контрольные вопросы

1. В каком отделе пищеварительного канала человека начинается пищеварение и всасывание пищи?
2. Какие вещества содержат пищеварительные соки?
3. Какие органы пищеварительного канала вы знаете?
4. Что такое мембранное пищеварение, где оно происходит?
5. Какова особенность современных методов изучения физиологии пищеварительной системы?
6. Что происходит с пищеводом при проглатывании пищи?

Занятие 15. Органы чувств

Цель занятия – изучить строение и выполняемые функции органами чувств.

Анализаторы – сложная система рецепторов и нервных образований, осуществляющая восприятие и анализ раздражений из внешней или внутренней среды организма. Состоят из рецептора, нервного пути и мозгового отдела; в коре больших полушарий мозга расположены высшие центры анализа информации. Повреждение одной из частей анализатора приводит к невозможности различать раздражители.

Восприятие окружающей среды

Органы чувств (периферические отделы анализаторов) принимают информацию от внешних и внутренних раздражителей. Органы чувств способны реагировать на определенный раздражитель (глаза – на свет, уши – на звук и т.д.). Рецепторы органов чувств преобразуют физические и химические сигналы в серию нервных импульсов. Рецепторы имеют высокую чувствительность. Зрительный рецептор улавливает несколько квантов света. Слуховые рецепторы ощущают смещение барабанной перепонки на 0,1 размера атома водорода (0,1 ангстрем).

Взаимозаменяемость органов чувств

Повреждение одного из органов чувств компенсируется за счет других. При потере зрения обостряются слух, обоняние и осязание. Слепоглухонемые по запаху определяют людей и даже названия газет, могут «слушать» музыку поверхностью тела, улавливая вибрацию воздуха.

Строение органов зрения

Органы, окружающие глаз. Глаз находится в глазнице черепа. К наружной поверхности глаза подходят 6 глазодвигательных мышц. Брови защищают глаз от стекающего со лба пота и влаги. Веки и ресницы защищают глаза от пыли. Слезная железа расположена у верхнего наружного угла глаза. Слезная жидкость увлажняет и согревает глаза. Содержит бактерицидное вещество – лизоцим. Смывает пыль через слезный канал (открывается во внутреннем углу глаза) в носовую полость. Облегчает движение век, уменьшая трение.

Строение глазного яблока

Снаружи глазное яблоко покрыто белочной оболочкой (***склерой***). Она защищает глаз. С передней стороны глаза эта оболочка прозрачна и образует ***роговицу.*** Помутнение роговицы ведет к слепоте. Средняя оболочка глаза – ***сосудистая оболочка***. Пронизана большим количеством сосудов. На внутренней поверхности имеет черный пигмент, поглощающий свет. Передняя стенка сосудистой оболочки – ***радужка***, цвет которой определяется количеством красящего пигмента (от голубого до темно-коричневого).

Зрачок – отверстие в центре радужки. Необходим для регулирования потока света, поступающего в глаз. Рефлекторно суживается при ярком свете и расширяется в темноте за счет мышц радужки.

Хрусталик – двояковыпуклый прозрачный орган, выполняющий функцию линзы (диаметр 10 мм). Хрусталик окружен циркулярной ресничной мышцей, изменяющей его кривизну для фокусирования лучей света. Когда мышца сокращается, эластичное натяжение волокон ресничного пояска уменьшается, и хрусталик становится более выпуклым (механизм процесса аккомодации). 0 Между хрусталиком и радужкой находится задняя камера глаза, заполненная водянистой влагой. Хрусталик формирует на сетчатке уменьшенное перевернутое изображение. Полость глазного яблока заполнена прозрачным веществом – ***стекловидным телом***. Это прозрачная бессосудистая студенистая масса, заполняющая полость глаза между хрусталиком и сетчаткой. Часть диоптрической системы глаза. Участвует в поддержании внутриглазного давления и формы глаза. Плотно соединено с сетчаткой.

Внутренняя поверхность глазного яблока покрыта слоем светочувствительных нервных клеток – ***сетчаткой.***

В сетчатке находятся два вида рецепторов - палочки и колбочки, преобразующие энергию квантов света в нервные импульсы. В сетчатке 125 млн. палочек и 6,5 млн. колбочек. Палочки – рецепторы сумеречного света, имеют большую чувствительность к лучам всего видимого света.

Существует три вида колбочек, чувствительных только к синему, зеленому и красному свету. Последние исследования показали, что в глазу человека не три, а девять цветных рецепторов, которые кодируются каждый своим геном.

Нервные импульсы от рецепторных клеток поступают к нейронам, расположенным слоями в наружном слое сетчатки. Здесь происходит первичный анализ изображения и его движения. В месте выхода зрительного нерва отсутствуют светочувствительные клетки, это место получило название «слепого пятна». Изображение, проецируемое на него, человек не видит. Этим пользуются фокусники. За счет работы головного мозга эта область воспринимается как невидимая. Нервные пути от этих нейронов сливаются в зрительный нерв, выходящий из глазного яблока. Окончательный анализ изображения происходит в зрительной коре больших полушарий, лежащей в их затылочных долях.

Функции органов зрения, гигиена и повреждения

Острота зрения – способность определять относительное положение предметов. В среднем острота зрения составляет у человека 3-5 секунд дуги. В 1984 г. Д. М. Леви (США) определял положение линии с точностью 0,85 секунды дуги. Это равносильно тому, что он смог бы заметить смещение предмета на 6 мм на расстоянии 1,6 км. При хорошем освещении человеческие глаза могут различать 10 млн. цветовых оттенков, однако 7,5% мужчин и 0,1% женщин вообще не различают цветов. Дальтонизм (не способность отличить зеленый цвет от красного) чаще всего встречается в Чехии и Словакии.

Причины нарушения зрения

Плохое различение деталей может быть связано с нарушением аккомодации. *Аккомодация* – способность глаза хорошо видеть разноудаленные предметы. Хрусталик растягивается упругими цилиарными нитями при расслаблении круговой ресничной мышцы, из-за этого уменьшается его кривизна, в результате удаленное изображение фокусируется на сетчатке. При удлиненном глазном яблоке возникает *близорукость*, когда человек плохо видит удаленные предметы.

При укороченном глазном яблоке возникает *дальнозоркость*, когда человек плохо видит близко расположенные предметы. У пожилых людей с возрастом хрусталик может потерять способность изменять кривизну, тогда человек видит хорошо только на одном определенном расстоянии.

Неоднородная кривизна роговицы или хрусталика приводит к *астигматизму*, когда точечный источник света на сетчатке обра-

зует различные фигуры (элипс, линия и др.) С возрастом часто развивается *катаракта* – помутнение хрусталика. Сейчас вместо помутневшего хрусталика могут вживлять пластмассовый.

Орган слуха

Значение слуха. Звук вызван колебаниями молекул в среде. От состава среды зависит скорость распространения звука. В воздухе при температуре +18 ^{0}С скорость – 340 м/с, а в морской воде при ^{0}С - 1555 м/с. Физические звуки характеризуются *частотой* (число периодических колебаний в сек.) и *силой* (амплитуда колебаний). Человеческое ухо может различить звуки с частотой от 20 до 20 000 Гц. Дети, больные астмой, способны слышать звуки частотой 30 000 Гц. Человек может ощущать звуки с частотой 200 000 Гц, если его источник прижать к черепу.

Третья важная характеристика звука – *звуковой спектр*, состав дополнительных периодических колебаний (*обертонов*). Физиологически звуковой спектр выражается *тембром звуков*. Орган слуха преобразует звуковые колебания в серии нервных импульсов. Слух необходим для ориентирования и для общения между людьми.

Строение органа слуха

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. Ушная раковина направляет звуковые колебания воздуха в наружный слуховой проход. Мышцы ушной раковины рудиментарны, однако, некоторые люди могут шевелить ушами. Наружный слуховой проход заканчивается барабанной перепонкой. Барабанная перепонка отделяет наружное ухо от среднего, расположенного внутри височной кости. Железы стенки слухового прохода выделяют липкую ушную серу, которая задерживает посторонние частицы и обладает антибактериальными и противовирусными свойствами.

Среднее ухо – полость в каменистой части височной кости, соединенная с носоглоткой евстахиевой трубой (которая является рудиментом жаберной щели ланцетника, у акул выполняет функцию брызгальца). Содержит три связанные между собой слуховые косточки.

Слуховые косточки (молоточек, наковаленка и стремечко) соединяют барабанную перепонку с овальным окном внутреннего уха. Слуховые косточки передают колебания барабанной перепонки в полость внутреннего уха. Молоточек срастается своей ру-

кояткой с барабанной перепонкой, передает колебания на наковальню, затем на стремечко, которое является самой маленькой костью человека (длина – 3 мм). Молоточек и наковаленка были верхними и нижними челюстями рыбообразных предков, а стремечко произошло от гиоидной дуги, с помощью которой челюсти крепились к черепу.

Внутреннее ухо – система полостей и извитых каналов, образующих костный лабиринт в каменистой части височной кости.

В *костном лабиринте*, как в футляре, расположен перепончатый лабиринт.

Перепончатый лабиринт заполнен жидкостью, в которой распространяются звуковые волны. *Полукружные каналы* - часть перепончатого лабиринта, относящаяся к органу равновесия.

Улитка – часть перепончатого лабиринта, в которой находятся кортиев орган, содержащий слуховые рецепторы. В кортиевом органе имеется 12 000 клеток, расположенных в пять рядов и имеющих по 30-60 чувствительных волосков, которые плавают в эндолимфе.

Функция органа слуха

Звуковые волны фокусируются наружным ухом на барабанную перепонку, которая под их действием начинает вибрировать. Амплитуда колебаний барабанной перепонки тем выше, чем громче звук. Слуховые косточки усиливают и передают колебания от барабанной перепонки через овальное окошко на жидкость внутреннего уха. Рецепторы улитки преобразуют колебания жидкости в серии нервных импульсов, которые по слуховому нерву передаются в височную область коры головного мозга. Окончательный анализ характера, высоты и силы звука происходит в слуховой (височной) зоне коры головного мозга.

Предупреждение нарушений слуха

Ослабление слуха, связанное с нарушениями в наружном слуховом проходе. Ушная серная пробка возникает при излишнем накоплении в наружном ухе липкого вещества – ушной серы. Ушная сера, выделяемая железами наружного слухового прохода, необходима для задерживания пыли и микробов. Скапливаясь и высыхая, может ухудшить слух.

Ослабление слуха, связанное с нарушениями в среднем и внутреннем ухе. При воспалительных заболеваниях носоглотки микроорганизмы через евстахиеву трубу могут попасть в среднее ухо и

вызывать его воспаление. Воспаление приводит к нарушению подвижности слуховых косточек, т.е. к нарушению передачи звуковых колебаний вовнутреннее ухо. При распространении воспаления на внутреннее ухо поражаются слуховые рецепторы и наступает глухота.

Для воспалительных процессов в ухе характерны различного характера боли, носящие диагностический характер. Сильные звуки вызывают нарушения слуха. Постоянный шум выше 90 дБ запрещен на производстве, продолжительный шум выше 150 дБ может вызвать глухоту, звук силой 192 дБ может вызвать смерть.

Органы равновесия

Чувство равновесия определяет положение тела в пространстве, угловое и линейное ускорение. Орган равновесия (вестибулярный аппарат) состоит из двух мешочков и трех полукружных каналов внутреннего уха, заполненных жидкостью, в которой плавают мелкие кристаллы карбоната кальция – отолиты. Мешочки и полукружные каналы в своих стенках содержат множество рецепторов, чувствующих давление отолитов и движение жидкости. В мешочках находятся известковые кристаллы, давящие на чувствительные клетки, указывая направление силы тяжести. Полукружные каналы лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. При изменении положения головы жидкость в полукружных каналах и мешочках начинает двигаться, это приводит к раздражению рецепторов.

Нервные импульсы от этих структур идут в средний мозг, мозжечок и кору полушарий мозга. Человек *чувствует изменение вектора ускорения*. Ритмичное возбуждение рецепторов органа равновесия приводит к тошноте и головокружению (примеры: *морская болезнь, качание на качелях*). При невесомости возникает *чувство падения*, так как исчезает импульсация из органов равновесия.

Мышечное чувство

Мышечное чувство необходимо для ощущения положения тела в пространстве без контроля органа зрения. Мышечное чувство позволяет не глядя производить точные движения, например дотронуться пальцем до кончика носа. Мышечное чувство обеспечивается рецепторами, находящимися в мышцах и сухожилиях. Рецепторы возбуждаются при растяжении этих структур. При потере мышечного чувства человек ориентируется в пространстве с помощью зрения.

Кожная чувствительность

Осязательные рецепторы расположены в слизистых оболочках и коже. В собственно коже находятся два вида рецепторов-сильного и слабого *давления*. Особенно их много на языке, пальцах и ладонях. Эти рецепторы возбуждаются при *прикосновении* и *давлении*, когда деформируется кожная поверхность. Анализатор кожной чувствительности включает в себя заднюю поверхность центральной извилины головного мозга.

Температурная чувствительность определяется рецепторами кожи и слизистых оболочек. Существуют рецепторы, *ощущающие холод, и рецепторы, ощущающие тепло.* Температурные рецепторы необходимы для правильной терморегуляции. Болевые рецепторы возбуждаются при любом разрушении тканей и органов. Боль необходима для быстрого реагирования организма на грозящую опасность. Боль запускает защитные рефлекторные реакции организма, например отдергивание руки от огня. Рецепторами боли являются свободные нервные окончания.

Химическая чувствительность

Обонятельные рецепторы расположены в слизистой оболочке перегородки носовой полости. У человека общая площадь обонятельной зоны около 3 $см^2$

От рецепторов, чувствительных к газообразным веществам, идут импульсы по обонятельному нерву в обонятельную зону коры. Обонятельная зона коры находится на нижней внутренней (медиальной, срединной) поверхности полушарий головного мозга. Рецепторные клетки в слизистой оболочке находятся среди опорных клеток и желез. Обонятельные клетки снабженных ресничками, которые увеличивают поверхность, погружены в жидкость и гонящими слизь наружу. Молярная концентрация вещества, запах которого может ощутить человек, составляет $2\text{-}10^{-14}$ моль/л, т.е. всего лишь несколько молекул.

Феромоны – пахучие вещества – сигналы управляющие поведением других особей. Обоняние помогает в ориентации на суше, при защите от врагов, поиске пище, при половом поведении. Интересен эффект блокирования беременности у мышей под действием запаха чужого самца.

Орган вкуса

Вкусовые рецепторы находятся во вкусовых почках (луковицах), расположенных во вкусовых сосочках, которые являются выростами слизистой оболочки языка, а также в слизистой неба,

глотки, миндалинах. У взрослого насчитывают 9-10 тыс. вкусовых луковичек. Рецепторы реагируют только на растворенные в воде вещества. Рецепторные клетки постоянно обновляются. При продолжительном действии вещества на рецептор вследствие адаптации снижается вкусовая чувствительность. Адаптация к сладким и соленым веществам происходит быстрее, чем к горьким и кислым.

Большие скопления рецепторов находятся на кончике, по краям и на задней поверхности языка, а также на стенке глотки и мягкого неба.

Чувствительные зоны языка

Сладкое возбуждает рецепторы передней поверхности языка. Горькое возбуждает рецепторы задней поверхности языка.

Соленое возбуждает рецепторы боковой и передней поверхности языка. Кислое возбуждает рецепторы боковой поверхности языка. Кроме вкусовых рецепторов, в слизистой полости рта могут находиться рецепторы давления и температуры, усиливающие вкусовые ощущения.

Наиболее благоприятная температура для работы вкусовых рецепторов - 15-35 °С. Импульсы идут в продолговатый мозг, к зрительному бугру и потом в кору. Окончательное различение вкуса пищи происходит во вкусовой зоне постцентральной извилины коры больших полушарий, лежащей рядом с обонятельной зоной.

Вкус необходим для определения качества пищи, стимулирования поглощения тех веществ, которые редко встречаются, для запускания пищеварительных рефлексов сокоотделения. ***Рецепторы химического чувства*** находятся в сосудах и внутри некоторых органов.

Контрольные вопросы

1. Назовите органы чувств и их значение.
2. В чем заключается взаимозаменяемость органов чувств.
3. Опишите строение органов зрения.
4. Опишите строение глазного яблока.
5. Назовите причины нарушения зрения.
6. Назовите органы равновесия.

Занятие 16. Органы выделения. Понятие о регуляции метаболизма

Цель занятия – изучить органы выделения. Рассмотреть понятие о регуляции метаболизма.

Органы мочевыделительной системы: почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал.

Значение выделения продуктов обмена:

а) Конечные продукты обмена выделяются легкими, кожей, кишечником и почками.

б) Основная масса этих продуктов выделяется почками.

в) Накопление обмена продуктов в организме вызывает интоксикацию.

Почки (метанефрос) – небольшие парные органы бобовидной формы, расположенные у позвоночника в поясничной области брюшной полости. Правая почка обычно лежит на 2-3 см ниже левой. Вогнутый край почки называется воротами почки, через них проходят мочеточники, нервы, кровеносные и лимфатические сосуды. Почки покрыты соединительнотканными оболочками. На разрезе у почки виден темный наружный слой – корковый слой и светлый внутренний слой – мозговой слой. В почечные лоханки ведут трубочки из мозгового слоя почки, выходящие в лоханку из почечных сосочков. Мозговое вещество почки разделено на пирамидки прослойками коркового вещества.

Фильтрующая поверхность почек – до 6 м^2. Почечный кровоток равен 1,2 л (20% крови организма) в минуту. Кровь в почки поступает из аорты. Почку соединяет с аортой почечная артерия. Из почек выходит почечная вена, впадающая в нижнюю полую вену. Через почки удаляется избыток воды, минеральных солей и продукты обмена. Почки участвуют в поддержании постоянства концентраций осмотически активных частиц (веществ, не проникающих через мембраны клеток, например, глюкозы), постоянства объема внутренних жидкостей организма, их ионного состава и кислотно-щелочного равновесия. Почки удаляют из крови избыток раз-

личных веществ (лекарства, яды и др.). Почки поддерживают постоянство химического состава и свойств внутренних жидкостей организма. Раствор отфильтрованных веществ образует мочу. У взрослого человека в сутки образуется 1,5 л мочи. Моча собирается в почечные лоханки. По мочеточникам моча непрерывно поступает в мочевой пузырь.

Мочевой пузырь - полый мышечный орган, способный накопить до 300 мл мочи. Выделение мочи регулируется рефлекторно. Дуги рефлексов проходят через крестцовый отдел спинного мозга, но мочеотделение может регулироваться и произвольно. Мышечный слой состоит из трех слоев гладких мыши, средний из которых образует сфинктер (сфинктер - это круговая мышца, сжимающая полый орган или замыкающая какое-либо отверстие). При сокращении этих мышц происходит мочеиспускание. В эмбриональном развитии образуется из зародышевой оболочки - аллонтоиса. Почки синтезируют биологически активные вещества. *Ренин* - фермент, участвующий в биохимических реакциях расщепления белков плазмы, которые после расщепления повышают артериальное давление. Почка выделяет в кровь некоторые гормоны. Например, альдостерон, брадикинин, эритропоэтин (стимулирует кроветворение), простагландины и др. В почках неактивный витамин D3 превращается в физиологически активную форму. Работа почек регулируется вегетативной нервной системой и гуморальной системой. Парасимпатические волокна блуждающего нерва и нервы симпатической нервной системы от солнечного сплетения управляют работой почек. Регуляция осуществляется за счет увеличения и уменьшения кровотока через почки. Это достигается изменением просвета сосудов.

Образование мочи

В корковом слое находятся капсулы Боумена-Шумлянского, похожие на рюмочки. Они образованы однослойным эпителием. В «рюмочке» находится капиллярный клубочек, который выходит из нее в виде маленькой выносящей артерии. Под давлением из капиллярного клубочка выделяется плазма в полость «рюмочки». Плазма просачивается через эпителий капсулы Боумена-Шумлянского (в капилляре давление 70, а в капсуле 30 мм рт. ст.). Через эпителий не проходят белки и клетки крови. Точнее, в норме не проходят белки с молекулярной массой больше 70 кД

После фильтрации в капсуле образуется первичная моча. Первичная моча отличается по составу от плазмы крови отсутствием белков и других макромолекул (за сутки образуется до 170 л первичной мочи). От капсулы идет извитой каналец первого порядка, в котором начинается обратное всасывание воды и нужных организму веществ.

Артерия из капиллярного клубочка образует капиллярную сеть вокруг извитого канальца первого и второго порядка. Вещества, всасывающиеся в извитом канальце, поступают в эти капилляры. Таким образом в почках имеется две последовательные капиллярные сети. От извитого канальца в мозговое вещество идет *петля Генле* , возвращающаяся в корковое вещество, от которой отходит извитой каналец второго порядка, впадающий в собирательную трубочку. Нефрон образован капиллярами, канальцами, петлей Генле (Наличие петли Генле - характерный признак млекопитающих) и собирательной трубочкой.

Объем крови, проходящей через почки, равен 1,2 л/мин. В извитом канальце и других отделах нефрона происходит всасывание нужных организму веществ. Всасывается 96% воды. На это тратится много энергии. Вес почки – 1/160 веса тела, а энергопотребление – 1/11 всего энергопотребления организма. Вся кровь у человека проходит через почки 300 раз в сутки. За сутки образуется до 1,5 л вторичной мочи.

Воспалительные процессы вызываются микроорганизмами

Различают:

а) Нисходящие инфекции. Микробы проникают в органы мочевыделительной системы через кровь. Ангины, кариес, заболевания ротовой полости могут привести к инфекционным заболеваниям мочевыделительной системы.

б) Восходящие инфекции. Микробы попадают в мочеиспускательный канал, а оттуда по мочевым путям в другие органы этой системы. Этому способствует охлаждение организма, простуды и несоблюдение правил личной гигиены.

Почки чувствительны к ядовитым веществам. Этанол, свинец, ртуть, борная кислота, нафталин, бензол, яды, которые выделяются насекомыми и т.д., поступая в кровь, выводятся из нее через почки, нарушая их деятельность. Некоторые лекарства при передозировках (сульфаниламиды, антибиотики) могут вызвать почечные заболевания. Нарушения обмена веществ ведут к образованию камней в

почках и мочевыводящих путях.

Камни образуются уратами (соли мочевой кислоты) или фосфатами кальция. Камни нарушают отток мочи. Острыми краями камни раздражают слизистую оболочку, вызывая сильные боли.

Воспаление почек – нефрит – ведет к нарушению их работы.

Повышается проницаемость почек, поэтому в моче обнаруживаются белки и форменные элементы крови. Возникают отеки (наполнение тканей жидкостью). Возможно отравление организма продуктами обмена - уремия.

Обмен веществ и энергии между организмом и внешней средой – неотъемлемое свойство любого организма.

Обмен веществ – сложная цепь превращений веществ в организме, начиная с момента поступления их из внешней среды и кончая удалением продуктов распада. Обмен веществ - последовательное потребление, превращение, использование, накопление и потеря веществ и энергии в живых организмах в процессе жизни, позволяющие им самосохраняться, расти, развиваться и самовоспроизводиться. Совокупность процессов биосинтеза, когда из более простых веществ синтезируются более сложные с накоплением энергии химической связи, называется ***ассимиляцией.*** Совокупность ферментативных процессов расщепления сложных органических веществ в организме называется **диссимиляцией**. Энергия, освобождающаяся при диссимиляции, обеспечивает все жизненные процессы организма (кровообращение, дыхание, сокращение мышц и т.д.)

Ассимиляция и диссимиляция связаны между собой в единый процесс – ***МЕТАБОЛИЗМ.***

Значение обмена веществ

Между организмом и средой постоянно происходит обмен энергией и веществом. В организм поступают воздух, вода и пища.

Из организма выделяются излишки тепла, продукты обмена и непереваренные остатки.

Обмен белков

Обмен белков занимает ведущее место в обмене веществ в организме. Биологические функции белков столь многогранны, что трудно назвать процессы, в которых бы они не принимали участия. Являясь продуктом воспроизведения генетической программы, белки образуют микро- и макроструктуру субклеточных образований, выполняя ряд уникальных функций, определяют

специфику клеток, органов и тканей организма. Какой бы обмен веществ мы не рассматривали: будь то углеводный, липидный, нуклеиновых кислот, водно-солевой и т.д., белковый обмен является стержневым процессом многообразных превращений веществ, свойственных живой материи.

Расщепление белков (протеолиз) в организме в зависимости от расположения ферментов может быть трех видов: полостное (гидролиз ферментами, находящимися в свободном виде в желудке и тонком кишечнике), мембранное или пристеночное (гидролиз ферментами, находящимися в составе мембран клеток кишечного эпителия) и внутриклеточное (гидролиз ферментами, находящимися в органоидах клетки). Внутриклеточный гидролиз клеточных белков осуществляется преимущественно ферментами лизосом, являющихся своеобразным пищеварительным аппаратом клеток. Переваривание белков пищи в пищеварительном тракте представляет собой сложный "ступенчатый" процесс, который совершается в три этапа: 1) в желудке; 2) в тонком кишечнике; 3) в клетках слизистой оболочки тонкого кишечника.

Обмен углеводов

Углеводы разлагаются до углекислого газа и воды, выделяя энергию, необходимую организму (1 г глюкозы дает при расщеплении – 17,6 кДж). *Структурная функция* (углеводы входят в состав нуклеиновых кислот и полисахаридов гликокаликса). *Регулирующая функция* - глюкоза в крови участвует в регуляции осмотического давления.

В печени лишняя глюкоза запасается в виде гликогена *(запасающая функция углеводов).* Под действием гормона поджелудочной железы глюкагона гликоген печени превращается в глюкозу и выходит в кровь.

Содержание глюкозы в крови в норме – 0,1-0,12%. Под действием гормона поджелудочной железы инсулина глюкоза накапливается в клетках, концентрация ее в крови при этом уменьшается.В воротной вене, идущей от кишечника к печени, концентрация глюкозы может достигать 0,596. При поражениях поджелудочной железы может возникнуть сахарный диабет (недостаток инсулина в крови). Сахарный диабет (раньше смертельное заболевание) излечивается инъекциями инсулина и ограничением углеводов в рационе больного. У больных сахарным диабетом развивается обезвоживание тканей за счет высокого

осмотического давления крови, когда вода начинает двигаться из тканей в кровь. Это может привести к потере сознания и смерти. Повышенное содержание глюкозы в крови приводит к сосудистым нарушениям, ведущим к преждевременному старению. При сахарном диабете в крови повышен уровень глюкозы, что сопровождается выделением ее с мочой.

Обмен жиров

Жир в соединительнотканных оболочках защищает организм выполняя механическую функцию. Слой жира в подкожножировой клетчатке служит для теплоизоляции. Энергетический запас – жиры используются организмом При расщеплении жира освобождается в 2 раза больше энергии, чем при расщеплении белков или углеводов (1 г жира может дать 38,9 кДж). Жиры растительного происхождения жидкие, а животного - твердые (при комнатной температуре). Животные и растительные жиры содержат незаменимые вещества (например, жирорастворимые витамины и непредельные жирные кислоты, необходимые для правильного функционирования организма).

Превращения в организме органических веществ

Различные классы органических веществ в организме могут взаимно превращаться друг в друга. Это происходит на ферментных системах в клетках печени. Белки могут превращаться в жиры и углеводы. Это происходит при их избыточном поступлении в организм. Некоторые углеводы могут превращаться в жиры. Жиры могут превращаться в углеводы,

Жиры и углеводы не способны превращаться в белки, так как они не содержат аминогрупп. С пищей человек получает 20 аминокислот, некоторые из них организм может синтезировать, однако 8 аминокислот не могут синтезироваться организмом человека. При их отсутствии наступает белковое голодание. Многие белки растений не содержат всех необходимых человеку аминокислот.

Продукты животного происхождения содержат полноценные белки, однако, в них мало некоторых витаминов.

Обмен воды и минеральных солей

Вода составляет около 2/3 массы тела человека. Вода создает объем клеток, участвует в химических реакциях гидролиза, является средой многих ферментативных реакций клетки. Вода выводится из организма с потом, мочой, калом, с парами

выдыхаемого воздуха. Без воды человек может прожить не более 14 дней, Общее количество минеральных солей в организме - 4,5% его массы. Соли необходимы для поддержания постоянства внутренней среды,постоянство буферной емкости, осмотического давления и ионного состава жидкостей организма жизненно важно. Некоторые ионы входят в состав ферментов, участвуя в образовании их активного центра. Соли кальция участвуют в свертывании крови и других процессах. Фосфат кальция - основное вещество костной ткани. Все минеральные вещества содержатся в пище (только NaCl необходимо специально вводить в рацион). Минеральные соли выводятся из организма с потом, калом и мочой.

Регуляция обмена веществ

1. Гормональная регуляция обмена веществ. Гипоталамус является местом взаимодействия нервной и эндокринной систем организма.

Гипофиз – эндокринная железа, Передняя доля выделяет гормон роста и задняя доля выделяет гормоны (синтезируемые в гипоталамусе), повышающие артериальное давление, регулирующие обратное всасывание воды в почках, усиливающие пигментацию кожи.

Щитовидная железа. Выделяет три гормона – *тироксин и триодтиронин*, увеличивающие скорость обменных процессов, и *кальцитонин*, уменьшающий концентрацию ионов фосфата и кальция в крови. Кальцитонин выделяется ультимобранхиальными железами, включенными в толщу щитовидной железы. Рядом со щитовидной железой находятся две паращитовидные железы, выделяющие паратгормон – антагонист кальцитонина, участвующий в обмене ионов фосфата и кальция. Удаление этих желез ведет к смерти через 2 недели после операции. Гормоны щитовидной железы (например, тироксин, содержащий 4 атома йода) регулируют процессы роста, развития и дифференцировки тканей, повышают интенсивность обмена веществ.

Микседема – при гипофункции щитовидной железы нарушение обмена веществ. Сопровождается разрастанием щитовидной железы в зоб. Снижается скорость окислительных процессов в организме. Падает температура тела. Снижается частота пульса. Развивается тучность. Уменьшается возбудимость нервной системы. Лечение проводится в течение всей жизни. В детском возрасте микседема ведет к кретинизму.

Базедова болезнь – в результате гиперфункции щитовидной железы наблюдается увеличение уровня обменных процессов. Увеличивается скорость окислительных процессов. Повышается частота пульса, артериальное давление и возбудимость нервной системы. Появляется раздражительность, плаксивость, быстрая утомляемость. Больные быстро худеют, испытывают сильный голод, много едят. Внешний вид: худоба, увеличена щитовидная железа, выпучены глаза.

Лечение – удаление части щитовидной железы и применение препаратов, угнетающих образование ее гормонов.

Надпочечники состоят из двух частей: коры и мозгового вещества.

Мозговое вещество выделяет адреналин и норадреналин, которые повышают кровяное давление, усиливают обмен веществ и свертываемость крови, стимулируют нервную систему.

Кора надпочечников выделяет кортикостероиды (например, кортизон), повышающие возбудимость нервной системы и контролирующие жировой, углеводный, белковый и солевой обмен и половые гормоны,

Контрольные вопросы

1. Какие органы мочевыделительной системы вы знаете?
2. Какие функции мочеточников вы знаете?
3. Чем отличается правая и левая почка? Где расположены почки?
4. Что такое восходящие инфекции?
5. Что такое биологический фильтр?
6. Какие вещества выводятся почкой?

Занятие 17. Понятие здоровья и факторы риска. Адаптация: процесс и результат. Адаптивные возможности

Цель занятия – рассмотреть понятие стресса. Изучить факторы здоровья и риска. Адаптации – процесс и результат

Здоровье в первую очередь реагирует на изменение среды обитания человека. Это наиболее яркий и всеобъемлющий показатель условий жизни. Круг изучения здоровья человека расширился за счет таких наук, как экономика, социология, география, экология человека и др.

Индивидуальное здоровье – состояние оптимального функционирования организма, позволяющее ему наилучшим образом выполнять свои специфические функции.

Во «Всеобщей декларации прав человека» 1948г. было записано: «Каждый человек имеет право на такой жизненный уровень, включая пищу, одежду, медицинский уход и социальное обслуживание, которые необходимы для поддержания здоровья и благосостояния его самого и его семьи».

Спустя тридцать восемь лет ученые, собравшиеся в Канаде под руководством ВОЗ, приняли «Оттавскую хартию промоции (дальнейшего улучшения) здоровья». В хартии подчеркнуто: «...хорошее здоровье является главным ресурсом для социального и экономического развития как общества в целом, так и отдельной личности и является важнейшим *критерием качества жизни.*

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): ЗДОРОВЬЕ – *объективное и субъективное чувство состояние полного физического, психического и социального комфорта.*

Основным правом человека, является высокий уровень здоровья (Устав ВОЗ). Каждый человек имеет право на информацию о тех факторах, которые определяют здоровье или являются факторами риска, т.е. их воздействие может привести к развитию болезни.

По физиологическому состоянию выделяют пять групп:

- здоровые люди;

- здоровые с функциональными и некоторыми морфологическими изменениями (лица, у которых отсутствует какая-либо хроническая болезнь, но имеются различные функциональные болезни и состояния после перенесенных заболеваний, травм и т.п.);
- больные с длительно текущими (хроническими) заболеваниями при сохраненных в основном функциональных возможностях организма (компенсированное состояние);
- больные с длительно текущими (хроническими) заболеваниями (субкомпенсированное состояние);
- тяжелые больные, находящиеся на постельном режиме, инвалиды I - II групп (декомпенсированное состояние).

Статистические данные показывают, что более 80% раковых заболеваний вызываются факторами окружающей среды. Долевое распределение причин, вызывающих рак человека, выглядит следующим образом: курение – 30%, химические вещества пищи - 35%, неблагоприятные условия работы – 5%, спиртные напитки – 3%, излучения – 3%, загрязнения воздуха и воды – 2%, другие причины – 5%, причины, не связанные с влиянием окружающей среды, – 17%. Ежегодно в мире регистрируется 5,9 млн новых случаев заболевания раком и умирает 3,4 млн больных.

Человек обладает признаками приспособленности – адаптациями к окружающей среде, границы которых определяется наследственностью. Реакции адаптации можно разделить на быстрые и медленные, врожденные (сформировавшиеся в процессе эволюции вида Homo sapiens) и приобретенные (индивидуальные для каждого организма).

Иммунитет – способность многоклеточных организмов обеспечивать устойчивость к чужеродному: распознавать и уничтожать (элиминировать) антигены, а также формировать иммунологическую память о контактах.

Общая резистентность – это способность организма:
- Сопротивляться перегрузкам
- Противостоять неблагоприятным факторам среды
- Воспринимать и адекватно реагировать на воздействия факторов окружающей среды.

Здоровье населения формируется и поддерживается всей совокупностью условий повседневной жизни. Условия, обстоятельства, конкретные причины, более других влияющие на возникновение и

развитие болезней, получили название «факторов риска». Формирование здоровья определяют следующие факторы:

- образ жизни и социально-экономические условия;
- генетика, биология человека;
- качество внешней среды, природные условия;
- здравоохранение.

Снижение уровня здоровья во многом зависит не только от образа жизни людей, социально-экономических факторов, состояния окружающей среды и наследственности, но и от природных условии

Факторы здоровья и образ жизни

Факторы риска – курение; несбалансированное неправильное питание; употребление алкоголя, наркотиков; злоупотребление лекарствами; вредные условия труда, стрессовые ситуации; гиподинамия; плохие материально-бытовые условия; непрочность семей; одиночество; низкие образовательный и культурный уровни; чрезмерная урбанизация.

Факторы здоровья – благоприятные условия жизни человека – соответствие экологическим и *санитарно-гигиеническим требованиям* качества окружающей среды (воды, воздуха, продуктов); *безопасный уровень* акустики, электромагнитного поля, радиации, других физических факторов.

Факторы здоровья:

- образ жизни и социально-экономические условия (50-55%);
- генетика, биология человека (20%);
- качество внешней среды, природные условия (20%);
- здравоохранение (10-15%);
- сбалансированное питание прибавит 15-20 лет жизни;
- люди с высшим образованием, высоким интеллектом и культуры живут дольше, позитивные эмоции и увлечения по душе прибавят еще 5 лет активная, подвижная жизнь, несложные движения, прогулки бодрым шагом на свежем воздухе отодвинут старость как минимум на 5 лет, а может и на 20;
- индивидуально подобранная качественная витаминотерапия, применение сорбентов и антиоксидантов после 40 лет продлят радость жизни еще 10 лет.

Адаптации и деятельность

Адаптации и деятельность – *два пути взаимодействия особи с окружающей средой.*

Адаптация – комплекс особенностей вида, особи обеспечивающих успех выживания в определенных условиях.

Врожденные адаптации – генотипические (сформировались в процессе эволюции вида *Homo sapiens* – морфологические, физиологические, др.)

Приобретенные – фенотипические – индивидуальная аккомодация/привыкание (индивидуальные физиологические, поведенческие, социальные особенности появившиеся в течение жизни)

Дизадаптация – расстройство приспособленности; Реадаптация – повторная адаптация.

Конгруэнция – взаимное приспособление особей в ходе взаимоотношений (мать – дитя, в семье, в труде, самцов и самок).

Преадаптация – потенциально полезные качества, но пока не проявившиеся преимущества из-за отсутствия стимула.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ – организм воздействует и изменяет окружающую среду, приспосабливает её к своим потребностям. Это целенаправленный, активный процесс, проявляющийся через двигательную активность (поведение) и оформляющийся в трудовую деятельность.

Контрольные вопросы

1. Раскройте понятие «индивидуальное здоровье».
2. Назовите основные виды иммунитета.
3. Что такое резистентность организма?
4. Назовите факторы риска и здоровья человека.
5. Что такое адаптация человека к факторам среды?
6. Какие функции выполняет организм в процессе деятельности?

Занятие 18. Стресс, стрессовые факторы и пути преодоления стресса

Цель занятия – изучить понятие стресса. Рассмотреть стрессовые факторы и пути преодоления стресса.

Стресс – сильная неблагоприятная для организма физиологическая, психическая реакция на действие стрессора. Термин «стресс», ввел канадский ученый Ганс Селье в 1936году: при сильных физических, химических, эмоциональных раздражениях – возникает «адаптационный синдром»

Стресс – *неспецифическая системная приспособительная* реакция организма на отклонение условий от привычных.

Неспецифичность стресса – различные раздражители (не зависимо от их природы) вызывают одни и те же реакции организма: активация вегетативной нервной системы, выброс гормонов- кортиколиберина, адреналина.

Системность стресса – обусловлена физиологическими перестройками во всех системах организма: изменяется давление и пульс, развивается спазм гладких мышц, тормозится пищеварение, подавляется иммунитет, замедляется рост, прекращается размножение, уменьшается лимфоидная ткань и т.д.

Адаптивность стресса – это защитная реакция организма в экстремальных условиях.

Неспецифическая физиологическая психическая реакция на экстремальные воздействия, вызывающие интенсивное проявление адаптивной реакции. На рисунке 43 представлена схема нервно-гуморальной регуляции при стрессе.

Сильные для организма реакции (благоприятные эустресс / неблагоприятные /дистресс)

Виды стресса – по типу стрессора:

- физиологический;
- психоэмоциональный.

По продолжительности:

- кратковременный;
- хронический.

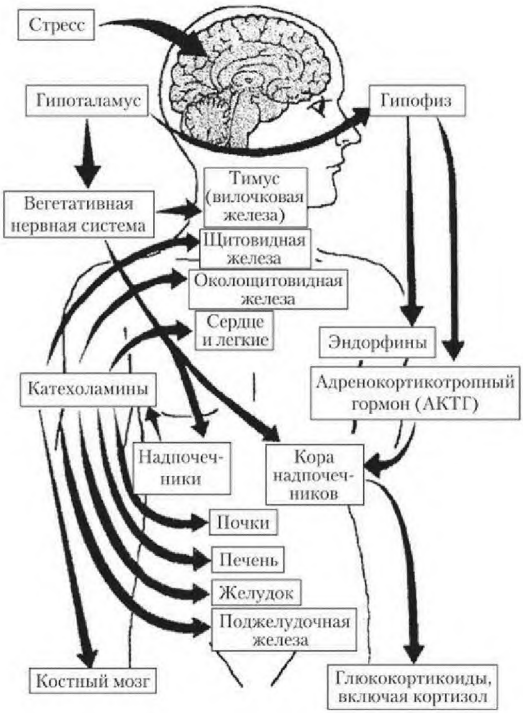


Рис. 43. Нервно-гуморальная регуляция при стрессе

Фазы адаптационного синдрома (изменения состояния организма при хроническом стрессе).

Ущерб здоровью приносит не стресс (процесс адаптации), а истощение резервных ресурсов организма при длительном или сверхсильном действии стресс-фактора

Коррекция стрессового состояния – связана с использованием приемов обратной связи (пересмотр позиции, изменить интерпретацию/понимание ситуации)

Психофизиологические расстройства

Депрессия (лат.– подавление**)** подавленное, угнетенное психическое состояние.

При депрессии отмечается: снижение энергичности, резкие перепады настроения, расстройства настроения, бессонница, потеря

способности контролировать свои аффекты (эмоции), субъективное ощущение тяжелых страданий, снижение интереса к жизни, чувство вины, трудность сосредоточиться, возможны мании, потеря аппетита, мысли о смерти и суициде. В развитии дипрессии большую роль играет дисбаланс биогенных аминов, нейромедиаторов, гормонов. В развитии депрессивных состояний показана роль ассиметрии полушарий (левое ПШ положительные эмоции/правое ПШ отрицательные эмоции). В таблице 3 рассмотрены фазы стресса.

Таблица 3

Фазы стресса

ФАЗ стресса	Состояние организма
Тревога	Повышенная функция коры надпочечников, усиленное образование адреналина, повышение концентрации сахара в крови; сморщивание вилочковой железы; кровоточащие язвочки в желудочно-кишечном тракте; активируется система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников; мобилизуются защитные силы организма
Сопротивление	Усиление образования гормонов коры надпочечников- кортикостероидов; исчезновение язвочек; повышается устойчивость к действию стресса
Истощение (механизмы перехода в фазу истощения пока не установлены)	Резкое снижение сопротивляемости организма, ухудшение физиологических характеристик, возникновение различных заболеваний, появление вновь язв в желудочно-кишечном тракте. Продолжение стресса может вызвать гибель организма.

Адаптация - это приспособительный процесс, возникающий в ходе индивидуальной жизни человека, в результате которого приобретается способность жить в ранее непривычных для жизни условиях, или новом уровне активности, то есть повышается устойчивость организма к действию факторов этих новых условий существования. Если адаптация не развивается, то возникает поломка - «стресс». Живое существо может находится в двух, принципиально отличающих состояниях - *физиологическом покое и активном, деятельном состоянии*.

Диапазон физиологических процессов весьма широк. Организм человека может адаптироваться к высокой или низкой температуре, к новому (повышенному уровню) физической активности, к действию необычных по силе эмоциональных раздражителей (страх, боль и т.п.), к пониженному барометрическому давлению или даже к некоторым болезнетворным факторам.

В основе развития адаптации (срочной) лежат резервные возможности организма, обусловленные наличием, так называемой, избыточной организации его структур. ***Избыточная организация*** - это имеющееся в организме дублирование органов, клеток в органе, отдельных элементов в клетке.

В состоянии относительного покоя каждый орган, система органов и организм в целом никогда не функционируют с использованием всех своих структурных возможностей. Обычно структуры органов функционируют на 15-10% своих потенциальных возможностей.

Задача морфологической стадии адаптации во время развития морфологической стадии (например, физическая тренировка) постепенно совершается структурная перестройка органов. В результате морфологическая основа органа (органов) постепенно увеличивается, а следовательно, ***возрастают функциональные резервы***.

Поэтому раздражитель, ранее бывший необычным для организма, уже перестает быть таковым и изменившаяся структура в связи с ее возросшими функциональными возможностями легко справляется с ответом на эту величину раздражителя.

Переход от срочной, во многом еще несовершенной фазы адаптации к долговременной знаменует собой узловой момент адаптационного процесса.

Именно этот переход делает возможность выживать организму в новых условиях. Другими словами, именно здесь «решается» разовьется в организме истинная реакция адаптации или возникнет (хроническая) стресс-реакция.

Физиологические механизмы, обеспечивающие адаптацию при действии необычного раздражителя: используются функциональные резервы избыточной организации, происходят структурные перестройки; увеличиваются функциональные возможности. Раздражитель становится обычным.

В основе механизмов регуляции срочной стадии адаптации лежат:

- гипоталамус, лимбическая система;
- гормоны стресса (глюкокортикоиды, инсулин).

Основа долговременной адаптации: *физиологическая регенерация* - процесс обновления структур на уровне атомов, молекул, субклеточных образований или целых клеток. Он сбалансирован так, что активность его зависит от функциональных потребностей клеток, органов и организма в целом.

В основе механизмов регуляции долговременной стадии адаптации лежат:

- анаболические гормоны;
- цитокины;
- местные продукты распада тканей.

В условиях обычного уровня функциональной активности сколько разрушается "отработанной" структуры, столько и восстанавливается. Если же начинает разрушаться больше (а это есть прямое следствие более высокой функциональной активности), то и восстановление идет более интенсивно. Причем в условиях повышенной функциональной активности восстановление, как правило, идет даже с "плюсом", то есть синтезируется больше, чем разрушается. В первую очередь эти изменения захватывают молекулярный и субклеточный уровни.

Дезадаптация и реадаптация. При изменении условий существования - возврате в прежние условия, приобретенные адаптационные изменения постепенно утрачиваются. В различных органах и системах адаптационные изменения как возникают, так и утрачиваются неодновременно. В случае повторного действия того же фактора развертывается процесс *реадаптации*. При этом адаптационные изменения развиваются быстрее. Однако слишком частая смена процессов адаптации и утраты адаптации может привести к срыву в действии систем регуляции к *дезадаптации* и послужить причиной заболевания или даже смерти.

В детском возрасте адаптационные процессы происходят более быстро. Однако в зависимости от возраста, в связи с тем, что еще не завершено развитие систем организма, механизмов регуляции их, при действии многих факторов процессы кратковременной и долговременной фаз развития адаптации затруднены.

Контрольные вопросы

1. Что такое стресс?

2. Опишите процесс нервно-гуморальной регуляции при стрессе.
3. Какие фазы стресса вы знаете?
4. Назовите психофизиологические компоненты работоспособности.
5. За счет чего в организме человека происходит процесс адаптации?
6. Назовите фазы адаптационного синдрома.

Глоссарий

Адаптивный тип – норма биологической реакции на комплекс условий окружающей среды и проявляется в развитии морфофункциональных, биохимических и иммунологических признаков, обеспечивающих оптимальную приспособленность к данным условиям обитания.

Акселерация – это ускорение роста людей и проявления их физиологических функций.

Анатомия человека (от греч. anatome – рассечение, расчленение) – это наука о формах и строении, происхождении и развитии человеческого организма, его систем и органов.

Антропология (от греч. anthropos – человек) – наука о человеке, его происхождении, человеческих расах, их расселении по территориям Земли.

Архантропы – древнейшие люди, представленные ископаемыми остатками питекантроп, синантроп – *Homo erectus* (1,5 млн. до н.э.) – человек прямоходящий.

Безусловные рефлексы – проявляются при воздействии специфического раздражителя на строго определенное рецепторное поле. Они присущи представителям данного вида живых существ.

Биохимический метод – сравнивает группы крови, состав белков крови и др. биомолекул, тем самым подтверждает выводы систематики об эволюционном происхождении современного человека.

Возрастная норма – совокупность среднестатистических параметров, характеризующих морфофункциональные особенности, биологических оптимум функционирования систем, обеспечивающая адекватное реагирование на внешние факторы организма.

Гистология (от греч. *histos* – ткань) - учение о тканях человеческого организма, из которых построены органы.

Гипофиз (греч. хипофисис – отросток) нижний мозговой придаток, расположенный у основания головного мозга в особом углублении – так называемом турецком седле.

Геронтология (от греч. geron – старик) специальная наука, которая изучает возрастные перестройки.

Генетический метод – проводит анализ цитогенетических особенностей вида, изучает разнообразие и распространение мутаций, их значение в эволюции.

Глюкокортикоиды (C_{21}-стероиды) – играют важную роль в адаптации к стрессу. Они оказывают разнообразные эффекты, на наиболее важный – стимуляция глюконеогенеза. Основной глюкокортикоид человека – кортизол.

Гуморальная регуляция – регуляция за счет химических веществ; осуществляется через жидкие среды организма (кровь, лимфу и тканевую жидкость).

Дыхание – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 и выделение наружу CO_2 (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками для окисления органических веществ с освобождением энергии, используемой в процессе жизнедеятельности (внутреннее дыхание).

Железы внешней секреции (экзокринные) имеют протоки для вывода секретов. Примеры: слезные, слюнные, потовые и другие железы.

Железы внутренней секреции (эндокринные) не имеют специальных протоков и выделяют непосредственно в кровь особые вещества – *гормоны*. Примеры: щитовидная, вилочковая железы, гипофиз и др.

Иммунологический метод – используя специальные методы биохимического анализа, выявляет «кровное родство» различных групп.

Индивидуальность – каждая особь уникальна, многообразие достигается неповторимостью наследственной программы и специфичностью условий реализации генотипа.

Игра – совокупность специфических ювенильных действий, характерных главным образом для молодых особей (Фабри К., 1993) или – это форма деятельности «в которой совершенствуется управление поведением».

Манипуляции – совокупность действий особи с предметами, направленных на использование их для нужд.

Мышечная ткань – ткань, состоящая из клеток мезодермального происхождения, способных к возбуждению и сокращению.

Нервная система – это совокупность специализированных структур, объединяющих и координирующих деятельность всех органов в единый организм с постоянным взаимодействием с окружающей средой.

Онтогенез – (греч: *он* – сущее + *генез* – происхождение) – это индивидуальное развитие особи от зиготы до конца жизни, совокупность последовательных морфологических, физиологических, биохимических преобразований организма, основные закономерности роста и развития.

Организм (греч. *органон* или лат. *организмус* – орудие, инструмент) живое тело, живое существо, реальный носитель жизни, характеризующийся всеми её признаками; синонимы – особь, индивид.

Необратимость – система не может вернуться к тем особенностям строения, которые пройдены и проявились на предыдущих этапах онтогенеза.

Память – свойство нервной системы к длительному хранению информации о внешних событиях.

Паращитовидная железа - небольшие тельца, расположеные на задней поверхности щитовидной железы и имеют с ней общую иннервацию и кровоснабжение.

Палеантропы – древние люди – неандертальцы, возможно непосредственные предки. Представлены ископаемыми останками H.s. neanderthalensis.

Палеонтологический метод – изучает ископаемые организмы, выявляет переходные формы, восстанавливает филогенетический ряд и последовательность исчезнувших форм.

Предшественник – предки рода Homo, представляющие собой ископаемых обезьянолюдей (австралопитеков) – *Homo habilis* (3 млн.) - человек умелый.

Постепенность – система проходит ряд этапов следующих один за другим. При нормальном развитии (генетически детерминированном) не может быть пропущен какой-либо из этих этапов.

Поджелудочная железа – непарный орган, расположен между желудком, 12-перстной кишкой и селезенкой.

Потребность – основа поведения, возникающая у особи и являющаяся внутренней силой побуждающей к различным формам активности.

Саморегуляция физиологических функций - основной механизм поддержания жизнедеятельности организма на относительно постоянном уровне

Сравнительно-морфологический метод – сравнение общих планов строения органов, их соотношение с другими органами, связь строения с функцией, определение гомологичных и аналогичных органов, рудиментарных органов и атавизмов (лат.atavus –предок).

Система органов – органы, выполняющие однотипные функции, например, кровеносная, нервная и другие системы органов.

Соединительная ткань – ткань внутренней среды, развивающаяся из мезодермы и выполняющая опорную (костная и хрящевая), трофическую (жировая, кровь, лимфа) и иммунитет = защитную функции (лимфоидная ткань, кровь).

Условные рефлексы – вырабатываются на протяжении всей жизни индивидуума. Подробная характеристика их будет дана при изучении высших интегративных функций мозга.

Физиология (от греч. physis – природа, logos – наука) изучает функции, процессы жизнедеятельности всего организма, его органов, клеток, взаимосвязей и взаимодействия в теле человека в различные возрастные периоды и в условиях изменяющейся внешней среды.

Цитологи*я* (от греч. Kytus – клетка) – наука о строении и жизнедеятельности различных видов клеток.

Цикличность – в онтогенезе имеют место периоды активизации и торможения отдельных функций, колебание активности.

Эмбриология (от греч.эмбоион – зародыш) – наука, исследующая развитие человека (и животных) во внутриутробном периоде жизни, образование, формирование отдельных органов и организма в целом.

Эндогенность – существуют генетические регуляторные механизмы, которые удерживают процессы роста, развития и старения в определённых рамках. Воздействия любых факторов среды не выводит эти процессы за границы нормы реакции, которые диктуются наследственностью.

Эпителиальная ткань – ткань, покрывающая тело и выстилающая его полости в виде пласта. Основной функциональный компонент большинства желез.

Рекомендуемая литература

1. Винник, В. К. Биология : учебно-методическое пособие / В. К. Винник. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Лань. - 2021. - 189 с.

2. Кривенко, О. Г. Краткий курс лекций по анатомии человека: учебное пособие / О. Г. Кривенко. - Мурманск: МГТУ, Лань 2020.- 144 с.

3. Максимов В.И. Биология человека / В. И. Максимов, В. А. Остапенко, В. Д. Фомина, Т. В. Ипполитова ; под ред В. И. Максимова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 364 с.

4. Машкин, В. И. История и методология биологии / В. И. Машкин. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 288 с.

5. Сидорова М.В. Биология человека. Человек как биосоциальное существо: учебник / М. В. Сидорова, Е. В. Панина, Н. Г. Черепанова [и др.]; под редакцией М. В. Сидоровой. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 240 с.

6. Хашхожева Д.А. Биология человека: учебное пособие / Д. А. Хашхожева, Б. М. Суншева, А. Ю. Паритов, А. Ю. Аккизов. - Нальчик Лань: КБГУ, 2018. - 119 с.

Оглавление

Предисловие……... 3
Занятие 1. Науки, изучающие человека. Методы изучения в антропологии..... 4
Занятие 2. Место человека в органическом мире. Черты сходства и отличия человека и животных..... 10
Занятие 3. Общий план строения организма человека. Понятие ткани, органы, системы органов, функциональные системы……..... 31
Занятие 4. Периодизация онтогенеза. Закономерности индивидуального развития. Понятие возрастной нормы 38
Занятие 5. Регулирующие системы организма. Нервно-гуморальная регуляция 45
Занятие 6. Эндокринная система. Железы внутренней секреции и их гормоны…..... 51
Занятие 7. Строение нервной клетки. Генерация мембранного потенциала. Рефлекторная дуга……... 62
Занятие 8. Нервная система. Отделы головного мозга……. 69
Занятие 9. Высшая нервная деятельность. Формы поведения. Методы изучения деятельности нервной системы……..... 76
Занятие 10. Кровеносная система……..... 90
Занятие 11. Понятие о резистентной системе организма. Иммунная система. Виды иммунитета……..... 101
Занятие 12. Дыхательная система……..... 107
Занятие 13. Опорно-двигательная система……... 111
Занятие 14. Пищеварительная система….. 138
Занятие 15. Органы чувств….. 145
Занятие 16. Органы выделения. Понятие о регуляции метаболизма… 154
Занятие 17. Понятие – здоровье и факторы риска. Адаптация: процесс и результат. Адаптивные возможности…… 162
Занятие 18. Стресс, стрессовые факторы и пути преодоления стресса…… 166
Глоссарий…… 171

Рекомендуемая литература..... 175

Учебное издание

Малахова Олеся Анатольевна
Гниломедова Лариса Павловна

Биология человека

Учебное пособие

Подписано в печать 13.06.2018. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 9,59, печ. л. 10,31.
Тираж 300, 500. Заказ №176.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Л. М. Зайцева

ЗООЛОГИЯ

Практикум

Кинель 2023

УДК 590 (07)
ББК 28.6 Р
З-17

Рекомендованно
учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Р е ц е н з е н т ы :

д-р. биол. наук, вед. науч. сотр, зав. отделом физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, *Н. В. Боголюбова;*

канд. биол. наук, доцент кафедры эпизоотологии, патологии и фармакологии, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, *В. В. Ермаков.*

Зайцева, Л. М.

З-17 Зоология : практикум / Л. М. Зайцева. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 108 с.

ISBN 978-5-88575-712-6

В практикуме «Зоология» обобщен теоретический материал, отражающий особенности внешнего и внутреннего строения животных, структурно-функциональные эволюционные прогрессивные изменения организмов.

Издание составлено с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, и позволит студентам закрепить основные теоретические знания, излагаемые в процессе обучения на лекциях. Предназначено для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнология и ветеринарная медицина», обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Зайцева Л. М., 2023

ISBN 978-5-88575-712-6

Предисловие

Практикум по «Зоологии» составлен в соответствии с рабочей программой и предназначена для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнологии и ветеринарная медицина», обучающихся по направлению подготовки 06.03.01. Биология.

Цель издания – ознакомить студентов с курсом «Зоологии», в котором изучают животных беспозвоночных и позвоночных, их внешнее и внутреннее строение, жизнедеятельность, многообразие, размножение и связи со средой обитания, распространение, индивидуальное и историческое развитие, роль в природных сообществах и значение для человека.

Значение основ и механизмов регуляции биологических процессов и функций необходимо в практической деятельности биоэколога. Учебное издание позволит студентам закрепить знания основные теоретические положении, излагаемые в процессе обучения на лекциях. Каждая тема снабжена теоретической частью, контрольными вопросами для закрепления темы.

Наука «Зоология» (от греч. ζῷον – животное, λόγος – учение) изучает животный мир. Современная зоология представляет собой систему наук, изучающих животных с разных точек зрения. Эти науки различаются объектами, задачами и методами исследований.

Задача обучающегося сводится к точному определению особенностей животного мира для дальнейшего анализа. Осуществлять такую задачу могут только те специалисты, которые владеют не только глубокими теоретическими знаниями, но и навыками научно-исследовательской и практической работы. Практикум по зоологии поможет обучающемуся, сориентироваться в правильности нахождения информации для выполнения индивидуальных заданий.

Занятие 1. Зоология беспозвоночных. Зоология как наука о животных

Цели занятия: ознакомится с основными науками, которые изучают зоологические дисциплины; изучить роль животных и предназначение их на планете Земля; изучить эволюционные принципы, определяющие филогенез животного мира.

Зоология – наука о животных. Исторически современная зоология сложилась как система научных дисциплин о животных. В зоологии выделяют, с одной стороны, дисциплины, изучающие отдельные крупные систематические группы животных, а с другой – науки о строении, жизнедеятельности, развитии животных, их связях с окружающей средой, об их эволюции и др.

К первой группе зоологических дисциплин относятся: протозоология – наука об одноклеточных животных, гельминтология – наука о паразитических червях, малакология – наука о моллюсках, арахнология – наука о паукообразных, энтомология – наука о насекомых, ихтиология – наука о рыбах, герпетология – наука о земноводных и пресмыкающихся, орнитология – наука о птицах, териология, или маммология – наука о млекопитающих и др. Причем все эти науки объединяются в два раздела: зоологию позвоночных, изучающую всего один тип – хордовых, и зоологию беспозвоночных, исследующую все остальные 23 типа животных. Ко второй группе зоологических дисциплин относятся: морфология животных, изучающая строение и преобразование формы, включающая также соподчиненные дисциплины, такие как цитология, гистология, анатомия, эмбриология, изучающие строение клеток, тканей, внутренних систем органов, индивидуальное развитие; физиология животных, изучающая жизненные процессы; экология, исследующая взаимосвязи животных с окружающей средой; зоогеография – наука о пространственном распределении животных на Земле; зоологическая систематика – наука о многообразии животных и их классификации; филогенетика животного мира – наука об историческом развитии животных.

В соответствии с современной классификацией живых организмов биология подразделяется на ряд крупных дисциплин:

микробиологию, включающую бактериологию и вирусологию, ботанику, микологию, зоологию. На основе сравнительного изучения живых организмов из разных царств выявлены их основные отличительные особенности.

Животным свойственны активный метаболизм, ограниченный рост тела и сложное строение у высших форм, обладающих различными системами органов, такими, как двигательная, пищеварительная, выделительная, кровеносная, дыхательная, половая, нервная. Значение животных в природе определяется их ролью в биогенном круговороте веществ в биосфере. Если автотрофные организмы (зеленые растения) – продуценты органического вещества, то животные – основные консументы, или потребители, органических веществ. Наряду с грибами и микроорганизмами животные могут выполнять и роль редуцентов, осуществляя минерализацию органических веществ. Животные совместно с другими гетеротрофами участвуют в поддержании стабильности состава атмосферы. В то время как автотрофы обогащают атмосферу килосродом, необходимым для дыхания большинства живых организмов, гетеротрофы выделяют в процессе дыхания углекислый газ, используемый растениями для фотосинтеза. Таким образом, растения связывают и накапливают солнечную энергию в форме органического вещества, а животные ее потребляют. Но без гетеротрофов не было бы динамического равновесия органического вещества в биосфере, соотношения кислорода и углекислого газа в атмосфере, зольных элементов в почве. Такое взаимодействие автотрофных и гетеротрофных организмов в биосфере – результат их сопряженной эволюции. Велика роль животных, как и растений, в накоплении и концентрации минеральных веществ. Животные-сапрофаги участвуют в переработке и минерализации органических остатков на дне водоемов и играют существенную роль в почвообразовании.

Разнообразие животного мира и его распределение на планете

Все животные, населяющие нашу планету, составляют ее животный мир. Видовой состав животного мира Земли изучен еще не в полной мере. По средним данным, в настоящее время известно

около 2 млн. видов животных. Но когда классификация ныне живущих видов будет завершена, число видов будет приближаться к 4 млн.

В зоологии принято классифицировать жизненные формы животных на соподчиненные категории, подобно иерархии таксонов в филогенетической системе.

Животных, обитающих в водоемах, подразделяют на крупные категории жизненных форм по приспособлениям к обитанию в разных ярусах и биогеоценозов:

нейстон – обитатели поверхности воды;

планктон – пассивно передвигающиеся или «парящие» в толще воды;

нектон – активноплавающие животные;

бентос – обитатели дна водоемов.

Распределение животных на планете связано с центрами их происхождения, историей расселения и подчиняется принципу географической зональности, обусловленной климатическим градиентом. Различия в составе фауны одного широтно-климатического пояса определяются географическими преградами, приводящими к изоляции животных на разобщенных территориях.

Геологическая история животного мира

Животный мир нашей планеты – результат длительной эволюции. Прямыми доказательствами эволюции служат ископаемые остатки живших ранее животных, которые сохранились в слоях земли разного исторического возраста.

По последним данным геологии, возраст нашей планеты исчисляется 5-5,5 млрд. лет.

Первые следы жизни (молекулярные ископаемые от жизнедеятельности бактерий и строматолиты от окаменевших цианобактерий) отмечаются в пластах земли возрастом в 3-3,5 млрд. лет. Появление эукариот датируется возрастом около 2 млрд. лет. Первые многоклеточные животные появились примерно около 1 млрд. лет назад. Их дальнейшая эволюция привела к расцвету царства животных. Палеонтологами принято подразделение истории развития Земли на две эпохи: докембрийскую и современную, начинающуюся с кембрия (табл. 1).

Таблица 1

Геохронологическая таблица

Эра (группа)	Период (система)	Стадия развития органического мира	Начало периода, млн лет назад
Кайнозойская	Четвертичный	Животный и растительный мир близокк современному, появление человека	2
	Неогеновый	Интенсивное развитие млекопитающих, расцвет флоры и фауны покрытосеменных, беспозвоночные близки к современным	26
	Палеогеновый		67
Мезозойская	Меловой	Развитие крупных пресмыкающихся, на суше, появление флоры покрытосеменных, в морях развитие аммонитов.	137
	Юрский	Расцвет гиганских пресмыкающихся на суше, и флоры голосеменных. Появление летающих ящеров и птиц. Развитие белемнитов.	195
	Триасовый	Распростронение наземных форм пресмыкающих. Развитие богатой флоры голосеменных	240
Палеозойская	Пермский	Появление пресмыкающихся, широкое распростронение крупных земноводных. Появление голосеменных растение, вымирание плеченогих.	285
	Каменноугольный	Расвет фауны земноводных.Расцвет плауновидных папортниковых растений.	360
	Девонский	Появление насекомых и земноводных,развитие наземных растений. Разнообразная фауна кораллов и плеченогих	410
	Силурийский	Следы наземной жизни, первые рыбы; разнообразная фауна ракообразных плеченогих и кораллов.	440
	Ордовикский		500
	Кембрийский	Приметивные формы простейших плеченогих и трелобитов, развитие водорослей.	570
Протерозойская	–	Широкое распространение водорослей,появление простейших организмов	2600
Археозойская	–	Остатки органического мира не известны	Более 2600

Эволюционные принципы, определяющие филогенез животного мира

Основы современной теории эволюции заложил английский ученый Ч. Дарвин (1809-1882), который доказал, что адаптивный (приспособительный) характер эволюции определяется основным движущим фактором – естественным отбором, или переживанием наиболее приспособленных организмов в борьбе за жизнь. Согласно дарвинизму, предпосылкой эволюции является наследственная изменчивость организмов, а действующий в поколениях естественный отбор преобразует виды и накапливает адаптивные признаки. К середине XX в. оформилась синтетическая теория эволюции (СТЭ) на базе дарвинизма и достижений в области генетики и экологии. При этом значительно расширились представления о факторах эволюции, преобразующих генофонд популяций вида и приводящих к микроэволюции вплоть до образования новых видов. Согласно новым концепциям, теперь выделяют группу факторов эволюции, которые изменяют генофонд популяций не направленно, случайно (мутации, комбинации, генетико-автоматические процессы, изоляция), и факторы, определяющие адаптивную направленность эволюции (борьба за существование и естественный отбор). Эволюция крупных систематических групп получила название макроэволюции, в отличие от внутривидовой дифференциации популяций – микроэволюции. Филогения животного мира отражает процесс макроэволюции. Рассмотрим современные принципы и закономерности макроэволюции, которые следует иметь в виду при изучении типов животных и их филогенетических отношений.

1. Образование новых систематических групп происходит путем *дивергенции* – исторического процесса расхождения признаков. Дивергенция приводит к разнообразию видов и более крупных систематических групп. В результате дивергенции может образовываться не две, а более форм. В этом случае используется термин «радиация». Часть признаков в разных систематических группах может возникать путем параллелизма или конвергенции. Под параллелизмом подразумевают независимое происхождение сходных признаков на базе гомологичных, т. е. общих по происхождению, органов или структур (роющие или плавательные конечности у разных млекопитающих), а под конвергенцией – сходство, возникающее на основе аналогичных органов, разных по происхождению (крылья

птиц и насекомых). *Параллелизм* и конвергенция снижают разнообразие видов, но обеспечивают увеличение числа сходных адаптивных типов (жизненных форм), эффективно использующих те или иные экологические ниши.

2. Систематические группы (род, отряд, класс, тип) имеют преимущественно моно филетическое происхождение. *Монофилия* – происхождение от общего предка. Этот принцип вытекает из постулата: таксон (систематическая группа) – это генетически родственная группа видов, т.е. имеющая общего предка. *Полифилия* – образование сходных групп животных путем параллелизма приводит к формированию сходных жизненных форм в сестринских таксонах.

3. В процессе эволюции образование таксонов сопровождается формированием жизненных форм, или морфо- экологических типов. Нередко наблюдается параллелизм жизненных форм в различных систематических группах. Например, среди наземных позвоночных животных, относящихся к разным классам, немало сходных жизненных форм (бегающие, летающие, лазающие, роющие и другие формы). Но существуют и уникальные жизненные формы, характерные только для определенной систематической группы.

4. Эволюция характеризуется адаптивной направленностью. Биологический прогресс в развитии систематических групп – это адаптивная эволюция, приводящая к процветанию. Критериями биологического прогресса таксона служат: видовое разнообразие, высокая численность, широкий спектр занимаемых экологических ниш. А. Н. Северцов (1939) выделял следующие основные пути биологического прогресса: ароморфоз, идиоадаптация и дегенерация. Ароморфоз, или морфофизиологический прогресс, – это путь формирования прогрессивных универсальных адаптаций организмов, повышающих их общую организацию и жизнеспособность.

Идиоадаптация – это приобретение в процессе эволюции частных приспособлений, дающих преимущество организмам в конкретных экологических условиях. Например, разные отряды птиц отличаются прежде всего строением клюва, крыльев, ног, что обеспечивает им существование в определенных биотопах и позволяет вести разный образ жизни.

Дегенерация, или морфофизиологический регресс, представляет собой путь эволюции, приводящий к редукции некоторых органов в связи с малоподвижным или паразитическим образом жизни. И. И. Шмальгаузен развил учение А. Н. Северцова о путях

биологического прогресса и дал их более дробную классификацию (ароморфоз, алломорфоз, теломорфоз, гиперморфоз, гипоморфоз и катаморфоз).

5. Филогенетическое изменение гомологичных органов происходит от исходного (плезиоморфного) состояния у предков к эволюционно продвинутому – *апоморфному* (терминология Хеннига) состоянию у потомков. Сравнительно-морфологическое изучение гомологичных органов у животных позволило ученым сформулировать принципы филогенетического изменения органов.

6. Организм животного эволюционирует как целое. Эволюция приводит к образованию новых систематических групп, и в процессе эволюции видов совершенствуется организм животных, его органы и функции. Все части организма функционально взаимосвязаны и находятся в коррелятивной зависимости. Изменение одних органов в эволюции ведет к изменению других. Закон коррелятивной изменчивости был впервые сформулирован Ч. Дарвином.

7. В процессе эволюции изменяются индивидуальное развитие организмов (онтогенез) и жизненный цикл вида. В онтогенезе происходят рост, развитие особи, участие в размножении, постепенное отмирание. *Жизненный цикл* – это циклически повторяющийся период в развитии вида между двумя одноименными фазами развития.

8. Соотношение индивидуального и исторического развития видов отражается в биогенетическом законе, впервые сформулированном Ф. Мюллером (1864) и Э. Геккелем (1866).

9. Эволюция видов происходит сопряженно в составе биоценозов. Результаты сопряженной, или коадаптивной, эволюции прослеживаются в биоценотических взаимоотношениях между видами: хищниками и их жертвами, паразитами и хозяевами, у симбионтов, квартирантов, между цветковыми растениями и насекомыми-опылителями и т.п.

Задание. Изучить методику выполнения зоологического рисунка.

Порядок выполнения: последовательность выполнения рисунка. Любой рисунок начинается с нанесения в альбом контуров рассматриваемого объекта. Затем слабо карандашом намечается положение разных органов (при этом следует соблюдать пропорции), и уже потом идет более подробная прорисовка отдельных органов

и деталей. Если рисунок выполняется с микроскопического препарата, то начинать зарисовку надо при увеличении, которое позволяет видеть объект целиком. После нанесения в альбом контуров тела и основных органов следует перейти к большему увеличению и продолжать рисунок. Для экономии времени в зарисовках можно прибегать к упрощениям. Например, изображая внешний вид животного, конечности можно изобразить только с одной стороны тела, справа или слева; при зарисовке поперечного среза иногда достаточно нарисовать более подробно только половину среза. Как правило, рисунок не передает натуральных размеров животного, почти все объекты в курсе зоологии беспозвоночных требуют изображения в увеличенном виде, а в курсе зоологии позвоночных в уменьшаном виде. (рис. 1).

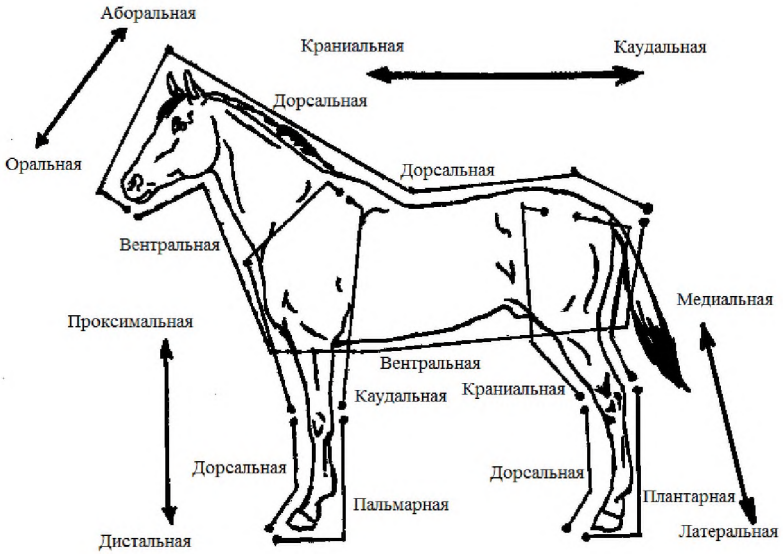


Рис. 1. Зоологический рисунок

Когда рисунок закончен, к нему должны быть сделаны подробные обозначения. Если таковых немного, они выполняются на концах выносных линий у самого рисунка; при этом рекомендуется избегать перекреста линий, затрудняющего рассмотрение рисунка.

Если обозначений много и на полях рисунка их трудно поместить, то около выносных линийследует поставить цифры и отдельной колонкой дать пояснения. Применение цветных карандашей желательно только в тех случаях, когда передается естественная окраска животного. Каждому изучаемому объекту предшествует указание его систематического положения, причем как таксоны, так и сами объекты записываются и на русском, и латинском языках. Для лабораторных работ должен быть отдельный альбом из плотной белой нелинованной бумаги, хорошо переносящей стирание ластиком. В рабочем альбоме студента, в основном в виде рисунков, должны быть представлены все выполненные им на лабораторных занятиях работы.

Контрольные вопросы

1. Какие науки изучают беспозвоночных животных?
2. Каково назначение, геологической истории животного мира?
3. В чем заключается сущьность распределения организмов на планете, приведите примеры.
4. Какие признаки отличают беспозвоночных животных, от позвоночных.
5. Что такое систематика? Какое значение имеет эта наука для зоологии?

Занятие 2. Подцарство Одноклеточные. Тип простейшие

Цели занятия: освоить основные признаки типа простейших, которые включают четыре класса: Саркодовые, Жгутиконосцы и Споровики; изучить особенности строения и размножения простейших.

Оборудование: микроскоп, предметные стекла, физиологический раствор (NACE 0,9%), шпатель, покровные стекла, посуда стеклянная темная, вода речная или не хлорированная, бумажный складчатый фильтр, спиртовки, маркеры по стеклу, пробирки, и ножницы.

К подцарству одноклеточных относят животных, тело которых состоит из одной клетки. Морфологически они сходны с клетками многоклеточных животных, но физиологически отличаются тем, что кроме обычных функций клетки (обмен веществ, синтез белка и др.) они выполняют функции целостного организма (питание, движение, размножение, защита от неблагоприятных условий среды). Отдельные функции у многоклеточных организмов выполняются специальными органами, тканями или клетками, а у одноклеточных, функции организма выполняют структурные элементы одной клетки – органеллы. Деление клеток у многоклеточных животных приводит к росту организма, а у простейших – к размножению. Жизненный цикл простейших складывается из фаз развития с одноклеточной организацией, а у многоклеточных чередуются одноклеточные фазы развития с многоклеточными.

Тип включает четыре класса: Саркодовые, Жгутиконосцы, Инфузории и Споровики.

Общая характеристика простейших. Простейшие широко распространены в различных средах. Большинство простейших – обитатели морей и пресных вод. Некоторые виды обитают во влажной почве. Множество простейших паразитируют в других организмах.

Строение клетки простейших характеризуется всеми основными признаками клеточного строения эукариот. Клетка простейших типична для эукариотных организмов и состоит из цитоплазмы и одного или нескольких ядер. Цитоплазма ограничена снаружи трехслойной мембраной. Общая толщина мембраны около 7,5 нано микрон (1 нм = 10^{-6} мм). В цитоплазме простейших различают наружный, более прозрачный и плотный слой – эктоплазму и внутренний, зернистый слой – эндоплазму. В эндоплазме сосредоточены все основные органеллы клетки: ядро, митохондрии, рибосомы, лизосомы, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи и др. Кроме того,

у простейших имеются особые органеллы: опорные, сократительные фибриллы, пищеварительные и сократительные вакуоли и др.

Ядро покрыто двуслойной мембраной с порами. Внутри ядра находится кариоплазма, в которой распределены хроматин и ядрышки. Хроматин представляет собой деспирализованные хромосомы, состоящие из ДНК и белков типа гистонов. Ядрышки подобны рибосомам и состоят из, РНК и белков. Ядра простейших разнообразны по составу, форме, размерам. У простейших можно выделить особые функциональные комплексы органелл, которые соответствуют системам органов и тканей многоклеточных. Покровные и опорные органеллы. Часть видов одноклеточных не обладает покровными и опорными структурами. Клетка таких простейших ограничена лишь мягкой цитоплазматической мембраной. К опорным образованиям относится еще и скелет. Скелет простейших может быть наружным (раковина) или внутренним (скелетные капсулы, иглы). Раковина выделяется эктоплазмой клетки, и при этом образуется внеклеточное образование, имеющее защитную функцию. Внутренний скелет образуется в эндоплазме клетки. Формирование скелетных капсул и игл происходит путем биокристаллизации. Скелетные образования состоят из органических и минеральных веществ. Чаще всего скелеты простейших включают карбонат кальция ($CaCO_3$) или оксид кремния (SiO_2), реже сульфат стронция ($SrSO_4$).

Двигательные органеллы

Наиболее примитивным способом движения у простейших можно считать амебоидное движение при помощи ложных ножек, или псевдоподий. При этом образуются особые выступы клетки, в которые перетекает цитоплазма. Такие органеллы движения присущи одноклеточным с непостоянной формой тела. Более сложное движение свойственно простейшим, имеющим в качестве органелл движения жгутики или реснички. Строение жгутика и ресничек сходно (рис. 2). Каждый жгутик снаружи покрыт трехслойной цитоплазматической мембраной. Внутри жгутика имеются фибриллы: две центральные и девять двойных периферических. Жгутик крепится в цитоплазме при помощи базального тельца – кинетосомы. Обычно жгутики производят вращающее движение, а реснички – гребное. Жгутики свойственны жгутиконосцам, а реснички – инфузориям (рис. 2).

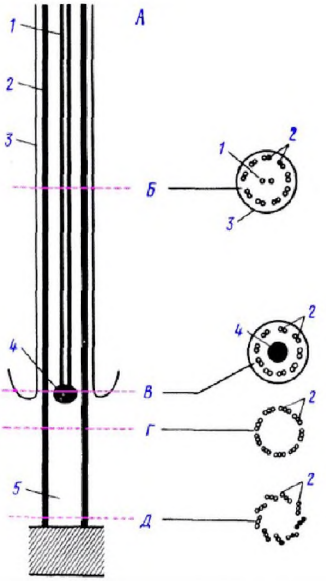


Рис. 2. Схема строения жгутика простейших:
А – продольный разрез; Б – поперечный разрез на уровне жгутика;
В – поперечный разрез на уровне аксиальной кинетосомы; Г – поперечный разрез в средней части кинетосомы; Д – поперечный разрез в задней части кинетосомы:
1 – центральные фибриллы; 2 – переферические фибриллы;
3 – наружная мембрана жгутика, переходящая в мембрану тела;
4 – аксиальная гранула, от которой берут начало центральные фибриллы

Типы питания и трофические органеллы

По типу питания простейшие разнообразны. Среди них имеются автотрофы, способные к фотосинтезу. Это одноклеточные водоросли из жгутиковых. У них имеются в цитоплазме хлорофилловые зерна, или хроматофоры. Большинство простейших гетеротрофы, питающиеся как животные, готовыми органическими веществами. Часть из них обладает голозойным способом питания, проглатывая твердые комочки пищи. Другие питаются сапрофитным способом, поглощая растворенные органические вещества. Частицы пищи заглатывают амебы, инфузории. У них в цитоплазме образуются пищеварительные вакуоли, где происходит переваривание пищи. Такое заглатывание твердой пищи клеткой получило название фагоцитоза.

При сапрофитном способе питания пищеварительные вакуоли не образуются. Однако известно, что многие простейшие могут заглатывать жидкость через временное впячивание мембраны – особую воронку. Такое поглощение жидкости называется пиноцитозом. Некоторые виды обладают смешанным типом питания (миксотрофы).

Органеллы выделения и осморегуляции. Выделение и осморегуляция осуществляются у простейших сократительными вакуолями. Они имеются только у пресноводных форм и отсутствуют у морских и паразитических видов, живущих в изотонической среде. Выделение продуктов обмена происходит у большинства простейших через поверхность клетки, а также через сократительную вакуоль, если она имеется. Особых органелл дыхания у них нет, и они поглощают кислород через клеточную мембрану.

Ядерный аппарат состоит из одного или нескольких ядер. Ядра регулируют обменные процессы клеток простейших и обеспечивают размножение. Ядра простейших варьируют по форме, числу, плоидности, функциям. У некоторых многоядерных простейших различают два типа ядер: генеративные и вегетативные. Это явление получило название ядерного дуализма. Вегетативные ядра регулируют все жизненные процессы в клетке, а генеративные участвуют в половом процессе.

Типы размножения простейших разнообразны. Им свойственно бесполое и половое размножение. Бесполое размножение осуществляется путем деления клетки на две или множество клеток (агамогамия) при митотическом делении ядер. Половое размножение простейших характеризуется образованием половых клеток – гамет (гамогамия) с их последующим слиянием (копуляция), что приводит к формированию зиготы, из которой развивается новый дочерний организм. У некоторых простейших (инфузории) половой процесс – конъюгация происходит путем слияния не гамет, а слиянием генеративных ядер из разных клеток. При процессе копуляции сливающиеся гаметы могут быть одинаковыми по размеру и форме (изогамия) или разными (гетерогамия). В случае резких различий между гаметами, когда одна из гамет крупная, неподвижная, без жгутиков (оогамета), а другая мелких размеров, со жгутиками, такая копуляция получила название оогамии. При этом макрогамета (оогамета) приравнивается к яйцеклетке многоклеточных, а микрогамета – к спермию.

Жизненный цикл простейших представляет собой циклически повторяющийся отрезок развития вида между двумя одноименными фазами (например, от зиготы до зиготы). Жизненный цикл простейших может характеризоваться только бесполым типом размножения (от деления до деления), или только половым размножением (от зиготы до зиготы), или чередованием полового и бесполого размножения (метагенез) (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика типов простейших

Типы	Органеллы движения	Ядерный	Половой процесс	Споры	Образ жизни
Саркомастигофоры (Sarcomastigophora)	Жгутики, псевдоподии	Одноядерные, многоядерные	Копуляция гамет	Нет	Свободноживущие
Апикомплексы (Apicomplexa)	Жгутиковые гаметы	Одноядерные, многоядерные	Копуляция гамет	Многоклеточные со спорозоитами	Паразиты
Миксоспоридии (Myxozoa)	Нет	Многоядерные с дуализмом	Автогамия	Многоклеточные с полярными капсулами	Паразиты
Микроспоридии (Microspora)	Нет	Одноядерные	Автогамия	Одноклеточные с полярной нитью	Паразиты
Инфузории (Ciliophora)	Реснички	Многоядерные с дуализмом	Конъюгация	Нет	Свободноживущие, паразиты
Асцетоспоридии (Ascetospora)	Нет	Многоядерные без дуализма	Нет	Многоклеточные без полярных капсул	Паразиты
Лабиринтулы (Labyrinthomorpha)	Жгутиковые зооспоры	Многоядерные в многоклеточной структуре колоний	Нет	Нет	Свободноживущие

Классификация. Согласно современным концепциям, в протозоологии простейшие подразделены на семь типов:

Тип Саркомастигофоры (Sarcomastigophora) – 25 тыс. видов;

Тип Апикомплексы (Apicomplexa) – 4800 видов;

Тип Микроспоридии (Microspora) – 800 видов;
Тип Миксоспоридии (Myxozoa) – 875 видов;
Тип Инфузории (Ciliophora) – 7500 видов;
Тип Лабиринтулы (Labyrinthomorpha) – 35 видов;
Тип Асцетоспоровые (Ascetospora) – 30 видов.

Подтип Жгутиковые

Простейшие, которые благодаря пелликуле, имеют постоянную форму тела и передвигаются с помощью одного или нескольких жгутиков. Бесполое размножение – путем продольного деления.

Систематическое положение объектов:

Классы: I. Растительные жгутиковые;
Отряды: 1.Эвгленовые;
2.Фитомонадовые;
Классы: II. Животные жгутиковые;
Отряды 1. Воротничковые жгутиковые;
2. Корнежгутиковые;
3. Кинедопластиды;
4. Многожгутиковые.

Тип Апикомплексы

Классификация

Классы: I. Перкинсеи;
II. Споровики;
Отряды: 1. Грегарины;
2. Кокцидии.

Тип Апикомплексы (*Apicomplexa*) паразитические простейшие, в жизненном цикле которых наблюдается чередование бесполого и полового размножения и спорогония. Бесполое размножение – шизогония, половой процесс – копуляция. Завершается жизненный цикл образованием спорозоитов.

В настоящее время подразделяют на два класса: класс Перкинсеи (*Perkinsea*) со слабо выраженным апикальным комплексом и отсутствием полового процесса и класс Споровики (*Sporozoea)* – с совершенным апикальным комплексом и наличием полового процесса.

Апикомплексы отличаются от свободноживущих простейших отсутствием органелл движения на протяжении большей части жизненного цикла. Только на фазе гамет у апикомплекс появляются

жгутики. По сравнению с паразитическими спорообразующими простейшими апикомплексы отличаются особым типом жизненного цикла, спецификой строения спор и особых ранних фаз – зоитов, осуществляющих внедрение паразита в клетку хозяина. Схема жизненного цикла складывается из следующих этапов (рис. 3).



Рис. 3. Схема жизненного цикла *Apicjmplexa (*по Хаусману*)*

Множественное бесполое размножение паразитов на фазе агамонтов (шизогония) приводит к образованию мерозоитов – молодых фаз развития, поражающих новые клетки хозяина. Мерозоиты представляют особое поколение половых особей паразитов – гамонтов, размножающихся половым путем. В результате деления гамонтов формируются гаметы (гамогония), которые сливаются (копуляция) с образованием зиготы. Копуляция обычно гетерогамная или оогамная. Жгутик имеется только у микрогамет. В дальнейшем зигота претерпевает дополнительное множественное бесполое размножение с образованием спорозоитов (спорогония). При этом происходит зиготическая редукция хромосом. Шизогония обеспечивает увеличение численности паразита внутри хозяина; гамогония и последующая спорогония способствуют увеличению числа паразитов на расселительной фазе развития (ооцисты соспорами). Ооцисты и споры покрыты плотными оболочками, защищающими клетки споровиков (спорозоиты) от внешних воздействий.

У некоторых споровиков наблюдается смена хозяев в жизненном цикле.

Тип Инфузории

Инфузории характеризуются наличием двигательных органелл – ресничек, ядерным дуализмом и особой формой полового процесса –конъюгацией. Всего известно 7500 видов. Большинство инфузорий –свободноживущие морские и пресноводные простейшие. Реже среди них встречаются симбионты и паразиты различных животных. Инфузории – высокоорганизованные простейшие с наиболее сложной системой органелл. Клетка инфузорий покрыта пелликулой, обеспечивающей постоянство формы тела. Под пелликулой располагается эктоплазма, в которую погружены многие другие органеллы.

Систематическое положение объектов:

Классы: I. Ресничные инфузории;

Обладают ресничками в течении всей жизни.

Отряды: 1.Равноресничные;

2.Спиральноресничные;

3. Кругоресничные;

II. Сосущие инфузории.

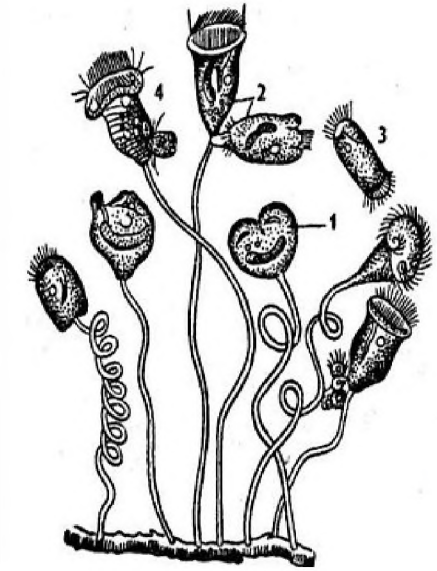




Рис. 4. Виды инфузорий Отряд *Peritricha* − Кругоресничные
1, 2 − размножение делением; 3− отделение «бродяжки»; 4 − коньюгация

Отряд включает инфузорий (Ресничных инфузорий) E*todiniomorpha,* обитающих в рубце жвачных животных. Для них характерно наличие кутикулярных пластинок, отростков на теле (рис. 5). Они питаются клетчаткой и бактериями. Эти полезные симбионты не только способствуют перевариванию клетчатки, но и сами служат источником дополнительного белкового питания для жвачных животных.

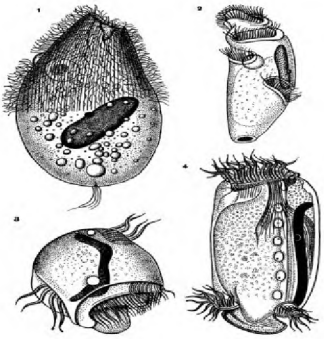


Рис. 5. Симбиотические простейшие E*todiniomorpha* из желудка лошади

Задание 1. Изучить формы тела, дефференцировку протоплазмы и движения амебы.

Изготовление препарата из культуры амеб.

Ход работы: сделать шпателем соскоб зубного налета в области щёк, коренных зубов.

На предметное стекло нанести каплю изотонического раствора (NaCl 0,9%). В каплю поместить соскоб, накрыть покровным стеклом, рассмотреть препарат под иммерсионным объективом, среди обильной микрофлоры найти амёб, которые активно двигаются, и выпускают широкие эндоплазмотические псевдоподии.

Зарисуйте амебу. На рисунке должны быть обозначены: 1) ложноножки; 2) включения; 3) пищеварительные вакуоли.

Задание 2. Рассмотреть на тотальных препаратах эвглен. Зарисовать в тетрадь, обозначить на рисунке пелликулу (оболочку), ядро, светочувствительный глазок, сократительную вакуоль, жгутики, хроматофоры, зерна парамила.

Задание 3. Изучить культивирование и разведение простейших.

Порядок выполнения. Набрать воду, для культивирования простейших, следует брать дождевую или талую; речную, озерную или прудовую, воду необходимо предварительно кипятить и фильтровать через бумажный складчатый фильтр (водопроводная вода не пригодна, так как она хлорирована). Посуда требуется разной емкости: от 1/5-1/3 л до 3-4 л.

Подготовить среду для культивирования простейших:

Сенной настой: 1) Мелко нарезанное луговое сено залить водой (речной, прудовой), которая должна на 1-2 см выступать над сеном.

2) Сенной навар: 15-20 г мелко нарезанного лугового сена залить водой, в колбе с ватной пробкой кипятить 15-20 мин, навар охладить и разлить в чашки или простоквашницы, разбавляя остуженной кипяченой водой.

3) Настой на зернах риса и пшеницы.

4) Навозный настой.

5) Молочная питательная среда: чистые химические пробирки залить на 3/4 профильтрованной через бумажный фильтр речной или прудовой водой, прибавить в каждую по 2-3 капли снятого молока, заткнуть ватными пробками.

Подготовленную посуду со средой, накрыть и поставть в теплое место при температуре 26-27 °С на 7-8 дней.

После экспозиции, инфузорий рассмотреть при малом, а затем при большом увеличении микроскопа. Живых инфузорий- туфелек зарисовать (одну из них), отметить на рисунке форму тела, наличие оболочки – пелликулы, макронуклеус и микронуклеус, трихоцисты, органоиды питания и выделения.

Контрольные вопросы

1. Объясните в чём отличия, в строении одноклеточных эукариот, от прокариот?
2. Какие, типы органелл у простейших, выполняющие разные функции?
3. Какие типы симметрии у простейших, и жизненные формы бывают?
4. Какие виды, опорно-двигательных органелл, и типы движения у простейших вы знаете?
5. Дайте характеристику способам питания, у простейших и какие органеллы пищеварения у них бывают?

Занятие 3. Подцарство многоклеточные

Цель занятия: изучить отличия одноклеточных от многоклеточных; знать общие закономерности развития многоклеточных.

Многоклеточные животные обладают более высоким уровнем организации, чем одноклеточные. Их тело состоит из множества клеток, выполняющих разные функции организма, в то время как у одноклеточных все функции осуществляются одной клеткой. У колониальных простейших тело также состоит из многих клеток, но у них отсутствует клеточная дифференциация. Клетки многоклеточных в связи со специализацией обычно утрачивают способность к самостоятельному существованию. А у колониальных простейших отчлененные клетки некоторое время могут существовать независимо, но затем путем деления восстанавливают колонию. Многоклеточные поддерживают целостность организма путем межклеточного взаимодействия, а одноклеточные – за счет процессов саморегуляции внутри одной клетки. Онтогенез многоклеточных характеризуется процессом дробления яйцеклетки на множество клеток-бластомеров, из которых в дальнейшем формируется организм с дифференцированными клетками и органами.

Многоклеточные, как правило, крупнее одноклеточных. Увеличение размеров тела многоклеточных по отношению к их поверхности способствовало усложнению и совершенствованию процессов обмена, формированию внутренней среды. Совершенствование процессов обмена обеспечило многоклеточным большую устойчивость (гомеостаз), автономизацию жизненных процессов и большую продолжительность жизни.

I. Колониальные гипотезы происхождения Metazoa базируются на признании в качестве предков колониальных Protozoa (рис. 6).

1. Первую колониальную гипотезу происхождения Metazoaразработал зоолог-эволюционист Э. Геккель (1874), гипотеза получиланазвание «гастреи». Он считал, что протозойным предком Metazoa была «бластея» – шаровидная колония жгутиковых, похожая на стадию бластулы в развитии многих многоклеточных. В процессе эволюции от бластеи путем инвагинации (впячивания) могли

возникнуть первые двуслойные многоклеточные с кишечной полостью, выстланной энтодермой. От гастреи, по его мнению, произошли прежде всего двуслойные животные – кишечнополостные.

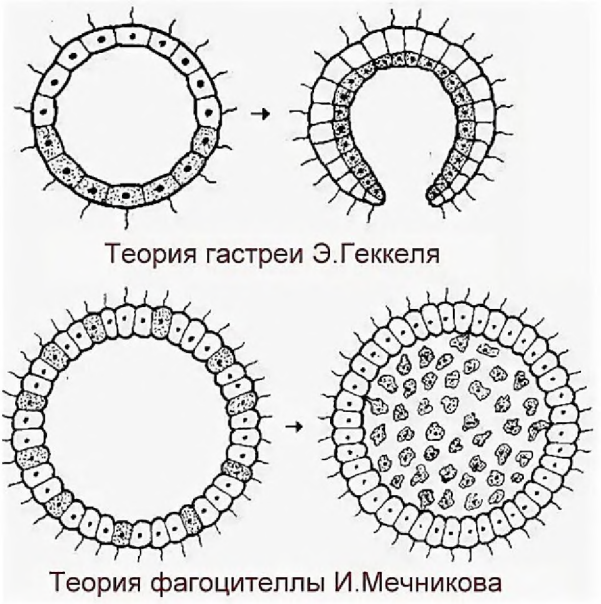


Рис.6. Схема происхождения Metazoa

2. Дальнейшее развитие теории «гастреи» продолжил О. Бючли (1884), предложивший ее новый вариант – гипотезу «плакулы». Поправка Бючли к теоретическим рассуждениям Геккеля состояла в том, что он считал колониальных простейших типа «бластеи» эволюционно продвинутыми и предложил в качестве гипотетического колониального предка более простую пластинчатую колонию одноклеточных типа современных Gonium. Путем расщепления такой пластинки на два слоя возник, по Бючли, гипотетический предок многоклеточных – «плакула». В дальнейшем из плакулы могла образоваться, по Бючли, гастрея путем чашевидного прогибания двуслойной пластинки.

3. Русский биолог И.И. Мечников в 1882 г. опубликовал гипотезу – «фагоцителлы», раскрывающую сущность происхождения

многоклеточных. Гипотеза базировалась на обширных исследованиях автора. Мечников открыл явление фагоцитоза – внутриклеточного пищеварения у многоклеточных и считал этот способ переваривания пищи более примитивным, чем полостное пищеварение. По его мнению, первые многоклеточные были примитивнее «гастреи» по организации и не имели еще пищеварительной полости и полостного пищеварения. Для выяснения вопроса о гипотетическом предке Metazoa И. И. Мечников пристально изучал онтогенез примитивных многолеточных – губок. Им было обнаружено, что образование двуслойной фазы развития у губок происходит не путем инвагинации бластулы, а путем иммиграции отдельных клеток наружного слоя в полость зародыша (бластоцель). Личинка губок с паренхимными клетками внутри была названа паренхимулой. И. И. Мечников рассматривал паренхимулу как прообраз или живую модель гипотетического предка многоклеточных – фагоцителлы. Это название предка связано со способом питания – фагоцитозом, который осуществлялся в паренхиматозных клетках.

При этом наружные клетки со жгутиками выполняли функцию движения (кинобласт), а внутренние – утрачивали жгутики, становились амебоидными и выполняли функцию фагоцитоза (фагоцитобласт).

4. В связи с тем, что у всех Metazoa эмбриогенез протекает в пределах яйцевой оболочки и дробление зародыша в начале палинтомическое и только после выхода зародыша из яйца дробление становится монотомическим (рис. 6). Другая важная поправка касалась облика первого многоклеточного животного. И. И. Мечников отражает облик не взрослого предка многоклеточных, а лишь его личинки – синзооспоры. А взрослая фаза предка многоклеточных, представляла сидячую форму колониального типа, похожую на губок. Но гипотеза синзооспоры не получила широкого распространения, так как трудно было допустить, чтобы сидячие колониальные формы могли дать дальнейшую эволюцию всех Metazoa. Живой моделью фагоцителлы в процессе эволюции дала начало таким типам, как Губки (Spongia) и Пластинчатые (Placozoa), обладающим примитивным внутриклеточным пищеварением – фагоцитозом.

Задание

Изучить на примере ланцетника и амфибий, дробление зародыша, (бластулу, гаструлу. нейрулу).

Оборудование: муляжи стадий бластулы, гаструлы, нейрулы в разрезе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите гипотезы происхождения многоклеточных, близкие к действительности.
2. Вчем заключается сущьность, онтогенеза и филогенеза?
3. Объясните, в чем заключается разница между, первичноротыми и вт оричноротыми?
4. Дайте определение понятитию «органогенез».
5. Каковы способы образования гаструлы?
6. Какие способы образования мезодермы вы знаете?

Занятие 4. Двухслойные животные

Цели занятия: изучить особенности строения и размножения; низших многоклеточных; ознакомиться с основными классами кишечнополосных.

Оборудование: микроскоп, предметные стёкла, покровные стекла, культивированная гидра.

Губки – неподвижные прикрепленные животные, обитающие преимущественно в морях, реже в пресных водах. Они имеют форму наростов, ковриг, бокалов или напоминают ветвящиеся стебли (рис. 7). Губки могут быть одиночными животными, но значительно чаще образуют колонии. Долгое время губки относили к зоофитам – промежуточным формам между растениями и животными. Принадлежность губок к животным впервые была доказана Р. Эллисом в1765 г., который обнаружил явление фильтрации воды через тело губок и голозойный тип питания. Р. Грант (1836) впервые выделил губок в самостоятельный тип Губки (Porifera). Всего известно 5000 видов губок. Это древняя группа животных, известная с докембрия.

Общая характеристика типа губок

Губки сочетают в себе признаки примитивных многоклеточных животных со специализациейк неподвижному образу жизни. О примитивности организации губок свидетельствуют такие признаки, как отсутствие тканей, органов, высокая регенерационная способность и взаимо превращаемость многих клеток, отсутствие нервных и мышечных клеток. Им свойственно только внутриклеточное пищеварение. С другой стороны, губки несут черты специализации к неподвижному образу жизни. У них имеется скелет, защищающий тело от механических повреждений и хищников. Скелет может быть минеральный, роговой или смешанной природы. Обязательным компонентом скелета является роговое вещество – *спонгин* (отсюда одно из названий типа – Spongia). Тело пронизано порами. Это отражено в синониме названия типа – Porifera (pori – поры, fera – несущие). Через поры вода поступает внутрь тела со взвешенными пищевыми частицами. С током воды через тело губок пассивно осуществляются все функции: питание, дыхание, выделение, размножение.

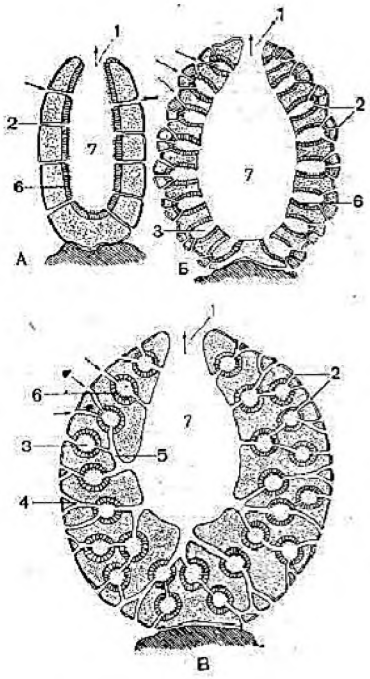


Рис. 7. Строение губок
А – аскоидный; Б – сиконойдный; В – лейконойдный;
1 – оскулум; 2 – поры; 3– жгутиковые камеры; 4 – приносящие каналы;
5– выносящие каналы; 6 – хоаноциты; 7– гастральная полость

В процессе онтогенеза происходит извращение (инверсия) зародышевых пластов, т. е. первичный наружный слой клеток занимает положение внутреннего слоя, и наоборот. Выделяют три класса губок: класс Известковые губки (Calcispongiae), класс Стеклянные губки (Hyalospongiae), класс Обыкновенные губки (Demospongiae).

Внешнее и внутреннее строение губок

Одиночные губки в простейшем случае имеют форму бокала, например Sycon (рис. 7). Такая форма обладает гетерополярной осевой симметрией. У бокаловидной губки различают подошву, которой она прикрепляется к субстрату, а на верхнем полюсе –устье – *оскулюм.* Через тело губок постоянно осуществляется ток воды: через поры вода поступает в губку, а из устья выходит. Направление

тока воды в губке определяется движением жгутиков особых воротничковых клеток. У колониальных губок имеется множество устьев (оскулюмов) и осевая симметрия нарушается. Стенка тела губок состоит из двух слоев клеток: покровных клеток (*пинакоцитов*) и внутреннего слоя жгутиковых воротничковых клеток (*хоаноцитов*), которые выполняют функцию фильтрации воды и фагоцитоза. Хоаноциты имеют вокруг жгутика воротничок в форме воронки. Воротничок образован из сцепленных микроворсинок. Между слоями клеток имеется студенистое вещество –*мезоглея*, в которой расположены отдельные клеточные элементы. К ним относятся: звездчатые опорные клетки (колленциты), скелетные клетки *(склероциты*), подвижные амебоидные клетки (*амебоциты*) и недифференцированные клетки – *археоциты*, которые могут давать начало любым другим клеткам, в том числе и половым. Иногда присутствуют слабо сокращающиеся клетки – *миоциты*. Среди пинакоцитов различают особые клетки – *пороциты* со сквозной порой. Пороцит способен к сокращению и может открывать и закрывать пору. Поры рассеяны по всему телу губки или образуют скопления. Различают три типа морфологического строения губок: аскон, сикон, лейкон (рис. 7).

Наиболее простой из них аскон. Асконоидные губки –мелкие одиночные, у которых вода поступает через поры и поровые каналы, пронизывающие стенку тела, в атриальную полость, выстланную хоаноцитами, а затем через оскулюм выходит наружу. Стенка тела пронизана сетью каналов, связывающих многочисленные жгутиковые камеры. Ток воды в лейконоидной губке осуществляется по пути: поры – поровые каналы – жгутиковые камеры – выносящие каналы – атриальная полость – *оскулюм*. Преимущество усложнения строения губок оказалосьв том, что с увеличением размеров тела губок увеличивалась пищеварительная поверхность слоя хоаноцитов и усиливалась интенсивность фильтрации. Например, губка Leuconia (лейкон) размером в 7 см профильтровывает за сутки 22 л воды.

Скелет губок внутренний и образуется в мезоглее. Скелет может быть минеральным (известковым или кремниевым), роговым или смешанным – кремниево-роговым. Минеральный скелет представлен иглами (спикулами) различной формы: 1-, 3-, 4- и босными и более сложного строения. В состав скелета входит органическое рогоподобное вещество – *спонгин*. В случае редукции минерального скелета остаются лишь спонгиновые нити. Примеры губок с разным

по составу скелетом: лейкандра (Leucandra) обладает известковым скелетом; стеклянная губка (Hyalonema) – кремниевым; губка-бадяга (Spongilla) – кремниево-роговым, а туалетная губка (Euspongia) – роговым, или спонгиновым. Известковые иглы губок представляют собой кристаллы кальцита с примесью других элементов (Ba, Sr, Mn, Mg и др.).

Снаружи иглы покрыты органической оболочкой. Кремниевые иглы состоят из аморфного кремнезема, располагающегося концентрическими слоями вокруг осевой органической нити. Минеральные иглы образуются за счет деятельности клеток – склероцитов, при этом известковые иглы образуются вне клеточно за счет выделений нескольких склероцитов, а кремниевые иглы формируются внутриклеточно. Крупные кремниевые иглы формируются за счет нескольких склеробластов или внутриклеточного синцития с несколькими ядрами. Спонгиновые волокна образуются внеклеточно за счет выделения фибриллярных нитей клетками – спонгиоцитами. Спонгиновые волокна цементируют иглы в составе кремниево-рогового скелета. Роговые и бесскелетные губки – явление вторичное.

Физиология губок. Губки неподвижны. Однако известно, что пороциты, несущие поры, и оскулюмы губок могут медленно сужаться и расширяться за счет сокращений клеток-миоцитов и цитоплазмы некоторых других клеток, окружающих эти отверстия. К числу подвижных клеток относятся амебоциты, выполняющие транспортную функцию в мезоглее. Они переносят пищевые частицы от хоаноцитов к другим клеткам, удаляют экскреты, а в период размножения переносят спермин по мезоглеек яйцеклеткам. В постоянной активности находятся жгутики хоаноцитов. Благодаря синхронному движению жгутиков создается постоянный ток воды в губке, доставляющий пищевые частицы и свежие порции воды с кислородом. Хоаноциты захватывают пищу псевдоподиями, часть пищевых частиц переваривают сами, а часть передают амебоцитам, которые выполняют основную пищеварительную и транспортную функции в теле губок.

Размножение и развитие губок. Размножение у губок может быть бесполым и половым. Бесполое размножение осуществляется наружными ли внутренним почкованием. В первом случае на теле губки образуется выпячивание, на вершине которого прорывается оскулюм. У одиночных губок почки отделяются от материнского

тела и образуют самостоятельные организмы, а у колониальных губок почкование приводит к росту колонии. Пресноводные губки бадяги (Spongilla) способны к внутреннему почкованию. При этом в мезоглее образуются внутренние почки – геммулы. Весной из геммулы через особую пору выходят археоциты, которые начинают делиться. В дальнейшем из них формируются все типы клеток губки.

Особенности эмбриогенеза и типы личинок у различных губок изображены на рисунке 8.

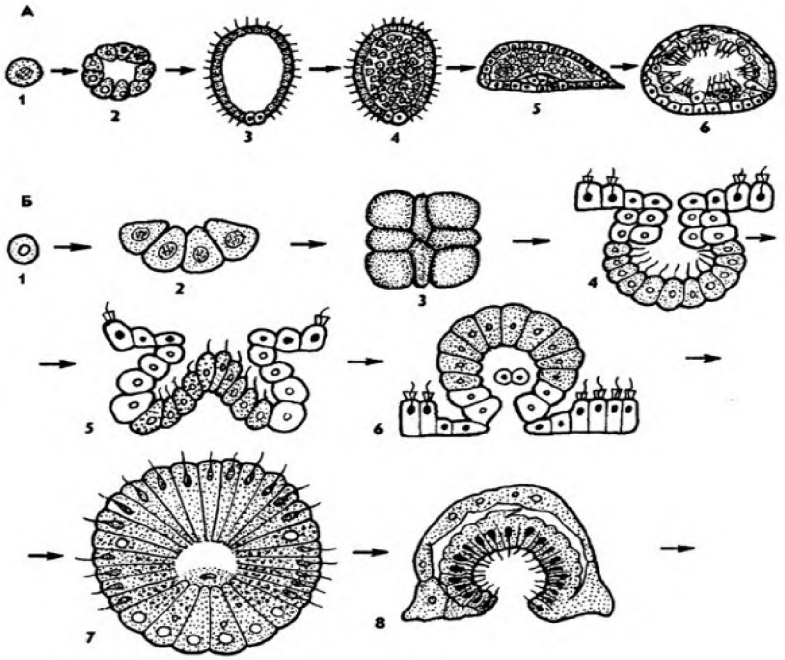


Рис. 8. Развитие губок:
А − фазы развития губки *Clathrina:*1 − зигота; 2 − равномерное дробление зародыша; 3 − личинка целобластула (в воде); 4 − паренхимула (в воде); 5 − осевшая личинка(куколка) с инверсией пластов; 6 − образование губки со жгутиковыми камерами; Б − фаза развития губки *Leucosolenia*: 1 – зигота; 2, 3 – неравномерное дробление зародыша; 4− образование стомобластулы с микромерами и макромерами (жгутик микромеров обращен внутрь); 5 – выворачивание(экскурвация) стомобластулы через фиалопор; 6 − образование амфиобластулы и временное впячивание макромеров в бластоцель; 7 − восстановление амфиобластулы сферической формы и ее выход в воду; 8− превращение осевшей личинки в губку с инверсией пластов

Половое размножение описано для известковых и кремниевороговых губок. Обычно губки гермафродиты, реже раздельнополы. Половые клетки формируются в мезоглее из недифференцированных клеток – археоцитов. Оплодотворение перекрестное. Сперматозоиды из мезоглеи выходят в атриальную полость, а из нее наружу. С током воды спермин выпадают через поры в тело другой губки, а затем проникают в мезоглею, где происходит слияние с яйцеклетками. В результате дробления зиготы формируется личинка, которая покидает тело материнской губки, затем оседает на дно и превращается во взрослую губку.

Тип Кишечнополостные

Кишечнополостные главным образом морские животные, реже пресноводные, ведущие сидячий или плавающий образ жизни. К ним относятся одиночные и колониальные полипы, а также медузы. Всего известно более 10 тыс. видов кишечнополостных (рис. 9).

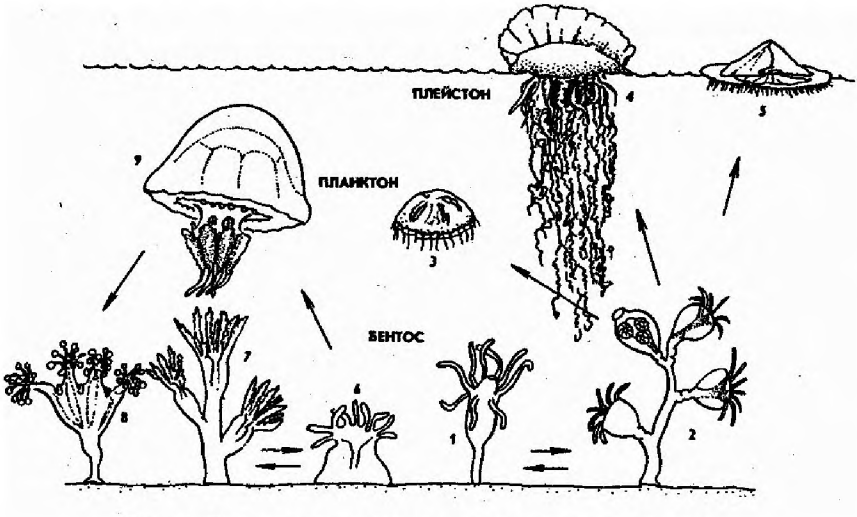


Рис. 9. Экологическая радиация кишечнополостных:
1 – гидроидный полип; 2 – морской колониальный гидроидный полип; 3 – гидромедуза; 4 – сифонофора; 5 – плавающий полип; 6 – коралловый полип(одиночный); 7 – колониальный коралловый полип; 8 – сидячая медуза; 9 – сцифоидная медуза

Они сочетают в себе признаки примитивной организации с чертами специализации к малоподвижному или неподвижному образу жизни. Как и гребневики, они обладают радиальной симметрией, двуслойностью строения, наличием кишечной полости и нервной системы.

Тип Кишечнополостных (Coelenterata) подразделяют на три класса: класс *Гидроидные* (Hydrozoa), класс *Сцифоидные* (Scyphozoa), класс *Коралловые полипы* (Anthozoa).

Гидроидные эволюционировали по пути формирования колониальности и метагенеза с образованием медузоидного поколения.

Задание 1. Расмотреть живую гидру.

Порядок выполнения: Расмотреть живую гидру, для этого подготовить временный микропрепарат из живых гидр, покровное стекло снабдить высокими пластилиновыми ножками. Наблюдение вести под микроскопом, при малом увелечении. Зарисовать контуры тела гидры и обозначить на рисунке: внешний вид гидры, стенку тела гидры, гастроваскулярную полость, клеточные элементы гидры.

Контрольные вопросы

1. Какие типы животных относятся к двухслойным?
2. Каковы отличия одноклеточных животных от многоклеточных?
3. Каковы особенности строения животных различных классов кишечнополостных?
4. Размножение и развитие кишечнополостных.
5. Какие особенности радиальной симметрии у гидроидных, сцифоидных, коралловых полипов вы знаете?

Занятие 5. Гельминтология

Цели занятия: изучить внешнее и внутреннее строение плоских червей, круглых и кольчатых; ознакомится с основными типами размножения; выявить практическое значение паразитических видов.

Оборудование: микроскоп, микропрепараты, альбом.

Билатерально-симметричные животные (Bilateria), уплощенные в дорсо-вентральном направлении. Тело в процессе онтогенеза формируется за счет трех зародышевых листков: экто-, мезо- и энтодермы. Характерно паренхиматозное строение и наличие кожно-мускульного мешка. Последний занимает периферическое положение и представляет собой совокупность собственно покровов и подстилающих их мышечных слоев. Покровы могут быть представлены ресничным эпителием (класс Turbellaria) или погруженным синцитиальным эпителием – тегументом (Neodermata). Мышечные элементы кожно-мускульного мешка обычно представлены кольцевыми и продольными мышцами, образованными сократимыми отросткамимышечных клеток. У крупных форм могут формироваться дополнительные слои мышечныхотростков (например, диагональные). Как правило, имеются особые дорсо-вентральные мышцы, пересекающие тело в вертикальном направлении. Полость тела в подавляющем большинстве случаев отсутствует. Лишь на отдельных стадиях развития у плоских червей может формироваться первичная полость тела – *шизоцель.* Пищеварительная система (если есть) – замкнутая. У многих паразитических форм (паразитические турбеллярии, цестоды и др.) пищеварительная система вторично исчезает; функция поглощения пищевых веществ в этих случаях переходит к покровам. Выделительная система, если имеется, представлена парными протонефридиями. Многочисленные мерцательные клетки, или циртоциты (звездчатые клетки), более илименее равномерно распределены по телу червя. От них отходят капилляры, которые последовательно объединяются в два главных собирательных канала. Последние открываются наружу самостоятельными экскреторными порами. Реже каналы сливаются иобразуют общий мочевой пузырь. Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Нервная система ортогонального типа. Реже вместо типичной ортогональной решетки нервная система имеет вид неправильной сети – плексуса. Органы чувств представлены образованиями

нескольких типов: сенсиллы, или ресничные органы чувств, парные глазки инвертированного типа (иногда их может быть очень много), органы равновесия – статоцисты. Половая система сложно устроена, гермафродитная, оплодотворение внутреннее. В связи с переходом к внутреннему оплодотворению плоские черви приобретают сложную систему половых протоков, добавочные железы половой системы и копулятивные органы. Убольшинства турбеллярий развитие прямое. У Polycladida развитие протекает сметаморфозом (имеется личиночная стадия – Мюллеровская личинка, рис. 10). Все Neodermata такжеразвиваются с метаморфозом, так как в своем развитии проходят стадию расселительной личинки. Кроме того, трематоды (класс Trematoda) и ленточные черви (класс Cestoda) обладают сложным жизненными циклами, для реализации которых они последовательно используют несколько хозяев, относящихся к разным видам. Для представителей этих групп характерно чередование поколений, различающихся не только по своей морфологии, но и способом размножения – гетерогония (чередование различных типов половых размножений, в данном случае – чередование гермафродитного и партеногенетического размножения). Дробление яйца спиральное, бластопор становится ртом.

Билатеральные животные образуют два крупных подраздела: подраздел Бесполостные (Acoelomata) и подраздел Полостные животные (Coelomata). Бесполостные, или низшие черви, включают несколько типов и характеризуются паренхиматозностью и отсутствием вторичной полости тела (целома), выстланной мезодермальным эпителием. Промежутки между органами у бесполых заняты рыхлыми соединительнотканными клетками – паренхимой, или, в случае разрушения паренхимы, у них формируется первичная полость тела без эпителиальной выстилки. Ко вторично полостным животным относится множество типов животных, в том числе высшие черви – кольчатые. Для них характерно наличие вторичной полости тела – целома (рис. 11).

Систематическое положение объектов:

Классы: 1. Ресничные черви;
2. Сосальщики;
3. Моногенеи;
4. Ленточные черви.

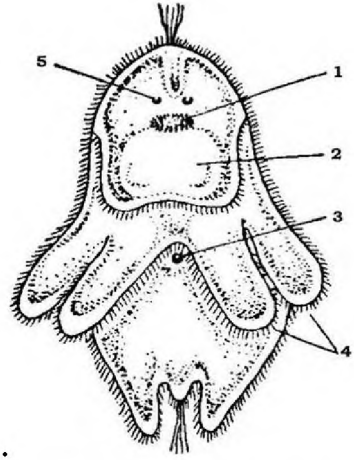


Рис. 10. Мюллеровская личинка:
1 – ганглий; 2 – кишечник; 3 – рот; 4 – лопасти; 5 – глаза



Рис. 11. Образование целома, вторичной полости тела

Нематоды или Круглые черви

Тип Круглые, или Первично полостные черви – обширная группа беспозвоночных, относящихся вместе с плоскими червями к низшим билатеральным животным. Всего известно более 100 тыс. видов круглых червей. Среди немательминтов большое число как паразитических, так и свободноживущих видов, которые заселяют моря, пресные воды и почву. Паразитические немательминты встречаются почти у всех многоклеточных животных, а также у многих растений.

Тип Круглые, или Первично полостные, черви (Nemathelminthes) характеризуется общими особенностями:

1. Наличие первичной полости тела – схизоцеля между стенкой тела и внутренними органами. Полость лишена специальной эпителиальной выстилки и у многих частично занята паренхимными клетками.

2.Форма тела круглая в поперечнике, что отразилось в названии типа.

3. Покровы, как правило, кутикулизированы. Остатки ресничного эпителия встречаются только у низших групп первично полостных червей.

4. Мускулатура представлена чаще всего лишь слоем продольных мышц или отдельными мышечными пучками у мелких форм. Реже имеются кольцевые мышцы.

5. Кишечник сквозной и состоит из трех отделов: переднего, среднего и заднего. Ротовое отверстие расположено на брюшной поверхности переднего конца тела. Глотка обладает характерным трехгранным просветом.

6. Выделительная система представлена протонефридиями или особыми кожными – гиподермальными железами.

7. Большинство видов раздельнополые, редко встречаются гермафродиты. Размножение только половое (рис. 12).

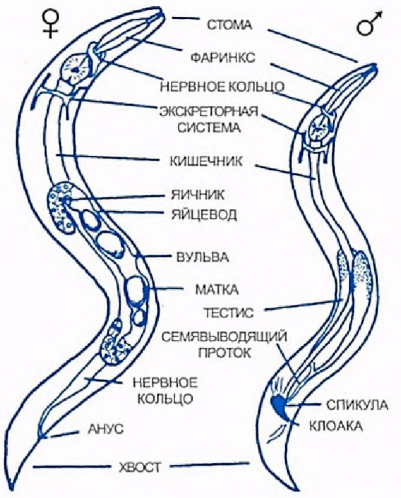


Рис. 12. Строение нематод

8. Развитие прямое, реже с метаморфозом.

9. Для круглых червей характерно постоянство клеточного состава тела и отсутствует способность к регенерации.

В состав типа входят: класс Брюхоресничные (Gastrotricha), класс Нематоды (Nematoda), класс Коловратки (Rotatoria), класс Киноринхи (Kinorhyncha), класс Волосатиковые (Nematomorpha), класс Приапулиды (Priapulida), класс Скребни (Acanthocephala).

Тип Кольчатые черви (Annelida)

Кольчатые черви – обширная группа животных, включающая около12 тыс. видов, которые живут главным образом в морях, а также в пресных водах и на суше. Это группа бесскелетных беспозвоночных, которые по этой причине имеют особое значение в питании других животных, так как усваиваются без остатка. Вместе с тем все они активно участвуют в деструкции органического вещества в биоценозах, содействуя биогенному круговороту.

Кольчатые черви – группа примитивных целомических животных, близких к предковым Coelomata. Черты их организации прослеживаются у всех других типов целомических животных вплоть до хордовых.

1. Метамерность внешнего и внутреннего строения. *Метамерия* – это повторение одинаковых частей или колец вдоль главной оси тела (от латинских слов meta – повторение, mera – часть). Тело червеобразное, разделенное на членики, или сегменты. В каждом сегменте повторяются многие системы органов. Тело кольчатых червей состоит из головной лопасти, сегментированного туловища и анальной лопасти.

2. Имеется кожно-мускульный мешок, состоящий из кожного эпителия, кольцевых и продольных мышц, которые изнутри подстилаются целомическим эпителием.

3. Вторичная полость тела (целом) заполнена целомической жидкостью, которая выполняет роль внутренней среды организма. В целоме поддерживается относительно постоянный биохимический режим и осуществляются многие функции организма (транспортная, выделительная, половая, опорно-двигательная).

4. Кишечник состоит из трех функционально различных отделов: передней, средней и задней кишки. У некоторых видов

имеются слюнные железы. Передний и задний отделы – эктодермальные, а средний отдел пищеварительной системы – энтодермального происхождения.

5. У большинства кольчецов замкнутая кровеносная система. Это означает, что кровь течет только по сосудам и имеется сеть капилляров между артериями и венами.

6. Основными органами выделения являются метанефридии эктодермального происхождения.

Каждая пара метанефридиев начинается в одном сегменте воронками, открытыми в целом, от которых выделительные каналы продолжаются в следующем сегменте и открываются там наружу парными отверстиями. Метанефридии – не только органы выделения, но и регуляции водного баланса в организме. В каналах метанефридиев происходит сгущение продуктов выделения (аммиак превращается в мочевую кислоту), а вода всасывается обратно в целомическую жидкость. Тем самым экономится влага в организме и поддерживается определенный водно-солевой режим в целоме. Экономия влаги особенно необходима у наземных и почвенных кольчецов.

7. Нервная система состоит из парных спинных мозговых ганглиев и брюшной нервной цепочки с метамерно повторяющимися парными ганглиями в каждом сегменте. Появление головного мозга, расположенного дорсально над глоткой, существенно отличает кольчатых червей от плоских. Парные спинные доли мозга кольчецов разделены на передний, средний и задний ганглии.

8. Кольчатые черви обычно раздельнополы, но нередко наблюдается одновременное развитие мужских и женских половых желез (гермафродитизм).

9. Развитие часто протекает с метаморфозом. Типичная личинка у морских кольчецов – трохофора. Таким образом, в организации кольчатых червей прослеживаются прогрессивные черты организации целомических животных: наличие целома, метамерность строения, появление кровеносной системы, выделительная система типа метанефридиев, более высокоорганизованная нервная система и органы чувств.

Систематическое положение объектов:

Классы Многощетинковые (Polychaeta);
Малощетинковые (Oligochaeta);
Пиявки (Hirudinea);

Задание 1. Особенности морфологического строения цестод.

Порядок выполнения.

1. Ознакомиться с внешнем видом бычьего солитера *Taeniarhynchus sadinati.* Осмотреть влажный макропрепарат, найти сколекс, сравнить проглоттиды (по размерам и по форме) в разных частях стробилы.

2. Изучить по микропрепарату сколекс того же солитера под микроскопом. При малом и большом увеличении и зарисовать его.

3. Сделать рисунки разных видов цестод и подписать (головку, сколекс, членики, половую систему гермафридитного типа).

Задание 2. Отличительные черты четырех видов нематод: аскариды лошадиной, острицы, власоглав и трихины.

Порядок выполнения:

1. По влажному микропрепарату невооруженным глазом ознакомится с внешним видом аскариды лошадиной.

2. Расмотреть под микроскопом при малом увеличении препарат острицы и зарисовать внешний вид, строение пищеварительной трубки и половой системы.

3. Расмотреть и зарисовать при большом увеличении яйцо острицы.

4. Рассмотреть и зарисовать внешний вид власоглава, при большом увеличении яйцо.

5. Изучить под микроскопомпри малом увеличении, на микропрепарате внешний вид трихинеллы и зарисовать.

6. На микропрепарате кусочка трихинозного мяса, под микроскопом при большом увеличении, ознакомится с инкапсулированной личинкой трахинеллы.

Задание 3. Внешние морфологические особенности малощетинковых.

Порядок выполнения.

1. Изучить общие черты, для кольчатых червей (черты организации аннелеид).

2.Черты, свойственные малощетинковым (черты организации класса олигохет).

3. Изучить, особенности размножения дождевых червей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите прогрессивные черты типа Plathelminthes по сравнению с низшими многоклеточными.

2. Дайте характеристику вторичной полости кольчатых червей: строение, функции, происхождение. Модификация целома у многощетинковых, малощетинковых червей и пиявок.

3. Укажите разнообразие в строении половой системы плоских червей и ее адаптивные особенности.

5 Каково разнообразие в строении кожно-мускульного мешка, у первичнополостных червей?

6. Каковы эволюционные тенденции в преобразовании покровов и мускулатуры у червей?

7 Чем вызванно проявление сходства кольчатых червей с низшими червями: плоскими и круглыми?

8. Объясните, черты специализации у многощетинковых червей к плавающему, роющему, сидячему образу жизни.

Занятие 6. Тип Членистоногие основные классы, Ракообразные, Паукообразные и их общая характеристика

Цели занятия: изучить особенности внешнего и внутреннего строения речного рака; изучить особенности морфологии паукообразных, принадлежащих разным отрядам.

Оборудование: микроскоп, микропрепараты, карандаш и альбом.

Тип Arthropoda (Членистоногие). Билатерально-симметричные животные с выраженной внешней метамерией. Тело подразделено на отделы (тагмы), состоящие из групп сегментов (гетерономная сегментация). Сегменты несут конечности, специализирующиеся для выполнения разных функций (захват и обработка пищи, хождение, плавание, дыхание). Тело покрыто кутикулой, которая у большинства представителей разбита на щитки – склериты, соединенные сочленовными мембранами. Толстая и прочная кутикула выполняет функцию наружного скелета, мускулатура поперечнополосатая и разбита на отдельные ленты. Анатомия и организация систем органов сильно варьирует в разных группах и связана сособенностями биологии. Оплодотворение у большинства внутреннее, но есть и наружное, развитие либо прямое, либо с личинкой. Включает два подтипа: Chelicerata (Хелицеровые) и Mandibulata (Мандибуляты).

Надкласс Branchiata (Жабродышащие) с единственным **классом Crustacea** (Ракообразные). Одноветвистая конечность хелицеровых и двуветвистая конечностьракообразных. Тагматизация: голова, грудь (головогрудь), брюшко, тельсон. Организацияотдельных сегментов: тергит, стернит, плеврит, сочленовные мембраны. Конечности, строение и специализация: сложные глаза, антеннулы (антенны I), антенны (антенны II), мандибулы, максиллы I, максиллы II, ногочелюсти (если есть), ходильные ноги (переоподы, или торакоподы), плавательные ноги (плейоподы), уроподы. Появление специализированных конечностей позволило значительно расширить спектр питания. Пищеварительная система: протяженная и дифференцированная передняя кишка, короткая средняя кишка и печень, длинная задняя кишка. Кровеносная система: сердце на спинной стороне. Выделительная система: коксальные или антеннальные железы (парные целомические мешочки, связанные сокружающей средой

выделительным каналом). Нервная система: головной мозг, брюшнаянервная цепочка. Органы чувств: сложные глаза (у некоторых – стебельчатые), состоящие изможества простых глазков – омматидиев; организация механо- и хеморецепторов истатоциста. Половая система: раздельнополые (есть исключения, смена пола, партеногенез), оплодотворение наружное, спермии видоизмененные. Развитие: науплиус, метанауплиус, другие личинки (циприсовидная личинка, зоеа (рис.13). Биология и значение ракообразных: морской и пресноводный планктон (веслоногие и ветвистоусые раки), промежуточные хозяева паразитов (веслоногие), использование в пищу (десятиногие раки).

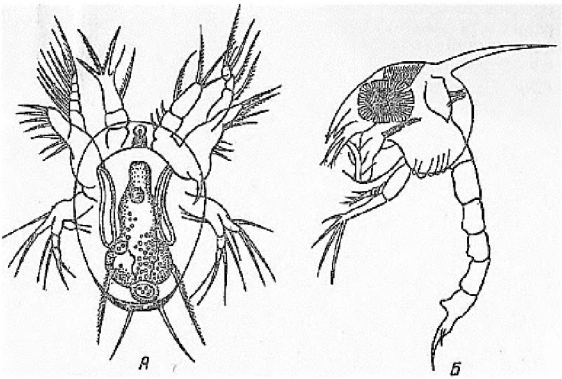


Рис. 13. Личинки раков:
А – науплиус; Б – зоеа

У высших раков, на пример у креветок, из яйца выходит также науплиус, который затем развивается в метанауплиус, но потом появляется особая личиночная стадия – зоеа, характерная для высших раков (рис. 13).

Систематическое положение объектов:

Подтип Хелицеровые (Chelicerata);
Класс Паукообразные ARACHNIDA;
Классификация Паукообразных
Классы 1. Меченосцы MEROSTOMATA;
2. Ракоскорпионы SCORPIONES;
3. Паукообразные ARACHNIDA;
Подклассы 1. Пауки;
2. Клещи.

Подтип Chelicerata (Хелицеровые). Тело подразделено на просому (семь сегментов, несущих следующие конечности: хелицеры, педипальпы, четыре пары ходильных ног, седьмой сегмент рудиментарный – у примитивных представителей несет рудиментарные конечности (хилярии)), мезосому (шесть сегментов, несущих видоизмененные конечности: половые крышки, листовидные ножки, гребневидные органы, легкие и т.д.) и метасому (шесть сегментов, лишенных конечностей). В группе имеет место тенденция кминиатюризации тела, слиянию сегментов и тагм.

Класс Arachnida (Паукообразные). Это сухопутные хелицеровые. Имеются приспособления к жизни на суше: прочный, но легкий (без $CaCO_3$) «панцирь», липопротеиновый (водонепроницаемый) слой, препятствующий испарению влаги с поверхности тела, изменение ходильных конечностей (появление лапки), формирование особых органов дыхания (легкие – видоизмененные конечности; трахеи – эктодермальные впячивания покровов) и органов выделения (мальпигиевы сосуды), внутреннее оплодотворение. Отряд Scorpiones (Скорпионы). Демонстрируют наиболее полное среди паукообразных расчленение тела. Педипальпы снабжены мощными клешнями. Мезосома несет видоизмененные конечности (половые крышки, гребневидные органы, четыре парылегких). На конце метасомы – придаток тельсона с ядовитой иглой. Отряд Aranei (Пауки). Морфология: просома (мощные хелицеры с ядовитой железой; педипальпы, которые усамцов используются для совокупления; четыре пары ходильных ног с прядильнымикоготками), стебелек (видоизмененный седьмой сегмент просомы), опистосома (слившиеся сегменты мезо- и метасомы; паутинные бородавки – видоизмененные конечности). Биологический прогресс связан с использованием паутины (размножение, расселение, ловлядобычи, совокупление).

Отряд Acari (Клещи). Биологический прогресс связан с миниатюризацией. У подавляющего большинства клещей тагмы тела сливаются в единоетуловище. Наблюдается переход к паразитическому образу жизни. Клещи переносят 3вирусных, 22 бактериальных и несколько протерозойных инфекций. *Ixodes ricinus* – таежный клещ, переносчик вирусного клещевого энцефалита (опасное природно-очаговоезаболевание). Признаки и особенности клещевого энцефалита, меры предосторожности припосещении энцефалитных

районов. Другие виды из семейства Ixodidae переносят опасное заболевание – болезнь Лайма (боррелиоз), возбудитель – грамотрицательная спирохета, из рода *Borrelia*. Клещи – переносчики возбудителей гемморагических лихорадок (Конго-Крымская лихорадка: возбудитель – вирус Конго, переносчики – *Ixodes ricinus, Hyalomma sp.*)

Систематическое положение объектов:

Отряды: 1. Акариформные клещи;

Семейства: 1. панцирные клещи;

2. амбарные клещи (мучной клещ, сырный);

3. зудни (чесоточный клещ);

4. паутинные клещи (злаковый клещ, паутинный клещ).

2. Паразитиформные клещи;

Семейства: 1. аргасовые клещи персидский клещ);

2. пастбищные клещи (собачий, таежный, дермацентор, кожерез);

3. гамазовые (клещ варроа).

Отряд Акариформные клещи (Acariformes)

Ранее клещеобразных паукообразных объединяли в один отряд – клещей. Позднее выяснилось, что эта группа неоднородна, и теперь выделяют три отдельных отряда клещеобразных: акариформные, паразитиформные клещи и клещи-сенокосцы. Отряд акариформных клещей наиболее многочисленный и включает более 15 тыс. видов. Это очень мелкие формы (0,2−0,3 мм).

Размножение сперматофорное. Развитие с анаморфозом.

Отряд Паразитиформные клещи (Parasitiformes).

Отряд паразитиформных клещей включает 10 тыс. видов. К ним относится несколько семейств, среди которых наибольшее значение имеют гамазоидные и иксодовые клещи. Гамазоидные клещи (надсемейство Gamasoidea) представлены как свободноживущими, так и паразитическими видами, а иксодовые клещи (надсемейство Ixodoidea) исключительно кровососущие паразиты (рис. 14) позвоночных животных. Они переносят возбудителей опасных заболеваний: энцефалита, туляремии, пироплазмозов, сыпно-тифозной лихорадки. Размножение сперматофорное. Развитие с анаморфозом (рис. 14).

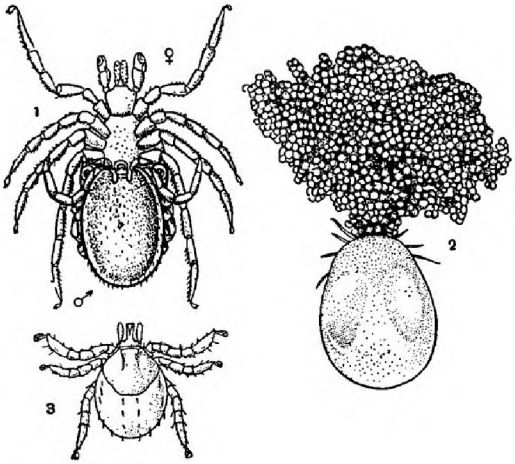


Рис. 14. Схема развития паразитиформного клеща:
1 –спаривание самки; 2– откладывание яиц
насосавшейся крови самки; 3– личинка

Задание 1. Внешняя морфология жаброногих – Branchiopoda, на примере дафнии.

Порядок выполнения:

1. Под микроскопом рассмотреть микропрепарат дафнии;

2. Зарисовать контур, отметить на рисунке отделы тела и границы между ними;

3. На том же микропрепарате, но при малом увеличении рассмотреть обе антены и дорисовать их на контурном рисунке;

4. По этому микропрепарату, ознакомиться с внешним видом грудной ножки. Зарисовать, отметить все элементы ножки и ее функции.

Занятие 2. Знакомство с морфологией ракообразных на примере речного рака.

Порядок выполнения:

1. Используя раздаточный материал (отмытых от формалина раков и готовые наглядные пособия), рассмотреть внешнее строение животного со спинной и с брюшной стороны. Обратить внимание на отделы тела и различное строение конечностей в разных отделах тела. Сделать большой рисунок внешнего вида речного рака с брюшной стороны (конечности зарисовать рядом отдельно от тела). На рисунке подписать челюсть, грудь, брюшко (6 сегментов),

тельсон, карапакс, рострум, сложные глаза, антенны первые, антенны вторые, мандибулы, максиллы первые, максиллы вторые, три пары ногочелюстей (или максиллопод), ходильные ноги, или переоподы, (пять пар), клешню (на первой ходильной ноге), брюшные ножки, или плейоподы, (пять пар), уроподы (хвостовые ножки, или плавательные пластинки, на шестом брюшном сегменте). Обратить внимание на различия в строении брюшных конечностей у самца и самки речного рака (у самца первые две пары брюшных конечностей образуют копулятивный аппарат, усамки конечности первого сегмента брюшка редуцированы).

2. Вычленить ногочелюсть третьей пары и зарисовать ее. Подписать протоподит, экзоподит, эндоподит, жабру.

3. Рассмотреть постоянный макропрепарат (вскрытого речного рака) и сделать большой рисунок. Подписать жабры, жевательные мускулы, мышцы желудка, кардиальную и пилорическую части желудка, печень, заднюю кишку, сердце состиями, переднюю аорту, антеннальные артерии, верхнюю брюшную артерию, половые протоки, половые железы.

4. Изучить строение нервной системы речного рака. Для того чтобы увидеть брюшную нервную цепочку, необходимо удалить внутренние органы. Сделать отдельный рисунок нервной системы (брюшной нервной цепочки) в эскизном наброске общих контуров теларака. Подписать надглоточный ганглий (если удалось его найти), окологлоточные коннективы, подглоточный ганглий, продольную щель брюшной нервной цепочки (обычно очень хорошо видна), пять грудных ганглиев и шесть брюшных ганглиев.

Занятие 3. Изучение внешнего вида паука, строение и расположение его конечностей и придатков.

Порядок выполнения:

1. Используя микропрепарат, изучить под бинокуляром внешнее строение паука. Пауки демонстрируют следующий этап слияния туловищных сегментов. У них и головогрудь, и брюшко представляют собой сплошные нерасчлененные отделы тела, однакомежду ними у пауков имеется короткий и узкий стебелек, образованный седьмым сегментомтела. Сделать рисунок внешнего вида паука (паука-крестовика) и отметить на нем головогрудь, брюшко, педипальпы, ходильные конечности, паутинные бородавки.

2. Используя фиксированный материал и наглядные пособия в коробках, познакомиться сморфологией иксодового клеща. У многих клещей степень слияния сегментов тела является максимальной. Все тело у них цельное, без границ между сегментами и без перетяжек. Рассмотреть клеща под бинокуляром и зарисовать его внешний вид, указав туловище, ходильные ноги, хоботок, педипальпы.

3. Рассмотреть под малым увеличением микроскопа хелицеры и педипальпы паука, зарисовать их и подписать конечный когтевидный и основной членики хелицеры, педипальпы, жевательный вырост основного членика педипальпы.

4. Рассмотреть под малым увеличением микроскопа хелицеры и педипальпы клеща, зарисовать их и отметить на рисунке основание хоботка, педипальпы, гипостом (выростоснования хоботка), хелицеры, кроющие пластинки.

Контрольные вопросы

1. Какие особенности строения членистоногих, ракообразных и паукообразных вы знаете?
2. Объясните, чего общего в строении ракообразнх и кольчатых червей.
3. Обоснуйте, особенности размножения и стадии развития ракообразных.
4. В чем сущность и особенности внешнего строения хелицеровых (мечехвосты, скорпионы, сольпуги, пауки, клещи)?
5. Каково внутреннее строение паукообразных?

Занятие 7. Систематика основных отрядов насекомых

Цели занятия: изучить особенности внешнего строения насекомых – строение крыльев и ротовых аппаратов у представителей различных отрядов.

Оборудование: микроскоп, лупа, булавки, скальпель, препаровальная ванночка, а также микро и макро препараты насекомых.

Характерная особенность насекомых – их способность к полету. Крылья располагаютсяна втором и третьем сегментах груди. Два взгляда на происхождение крыла: отпаранотальных выростов; от экзита конечности. Полет: принцип рычага, работа продольных, дорсо-вентральных и плейральных мышц (древнекрылые и новокрылые насекомые). Крыло двухслойно, содержит трахейные стволы и нервы, в местах их залегания образуются жилки. Тип жилкования – важный систематический признак. Крылья могут быть развиты в разной степени. Примитивные первичнобескрылые насекомые (подкласс Apterygota): бессяжковые (отряд Protura), двухвостки (отряд Diplura), коллемболы (отряд Collembola), щетинохвостки (отряд Thysanura). Вторично бескрылые формы среди Pterygota: вши, блохи, некоторые мухи. Элитры жуков, полуэлитры клопов, жужжальца двукрылых. Строение различных типов ротовых аппаратов насекомых. Ротовой аппарат грызущего типа (прямокрылые, тараканы, жуки) – исходный, первичный (наиболее расчлененный, явно прослеживается общность плана строения ротовой конечности и ходильной ноги, встречается у личинок насекомых из многих отрядов, прослеживается сходство с ротовымиконечностями многоножек). Лижуще-грызущий (или лакающий) ротовой аппарат (многие перепончатокрылые – пчелы, шмели) – наименее измененный, по сравнению с исходным, тип ротового аппарата; полный набор частей сохраняется, но они сильно вытягиваются вдлину; появляется возможность и для сбора твердой пищи, и для всасывания нектара. Сосущий ротовой аппарат чешуекрылых и колюще-сосущие ротовые аппараты двукрылых и полужесткокрылых – приспособления к питанию жидкой пищей и прокалыванию покровов жертвы. Основу этих ротовых аппаратов составляет хорошо герметизированная трубка, которая в разных отрядах насекомых имеет разное происхождение. Мускоидный ротовой аппарат (высшие мухи) – наиболее совершенный, позволяет питаться как жидкой, так и твердой пищей, а также отфильтровывать крупные частицы из жидких смесей.

Подтип Трахейнодышащие (Tracheata)

Трахейнодышащие, или трахейные, – сухопутные животные. Этот подтип включает таких членистоногих, как многоножки и насекомые. У них органы дыхания представлены трахеями; отсюда и название подтипа. Однако у некоторых мелких представителей подтипа трахей нет, иони дышат через кожу. Среди трахейных встречаются и вторично водные формы (жуки-плавунцы, личинки стрекоз), но у них, как правило, сохраняются трахеи, что свидетельствует об их происхождении от сухопутных предков. Трахейнодышащие отличаются от других подтипов членистоногих следующими особенностями:

1. Трахейнодышащие имеют органы воздушного дыхания – трахеи. Этим они резко отличаются от водных членистоногих с жаберным дыханием: трилобитов, ракообразных, мечехвостов. Однако у многих паукообразных тоже могут быть трахеи, но в пределах этого класса встречаются и другие органы воздушного дыхания – легкие, которых никогда не бывает у трахейных.

2. Тело трахейнодышащих подразделяется на голову и многочлениковое туловище (у многоножек) или на голову, трехчлениковую грудь и сегментированное брюшко (у насекомых). Конечности у трахейных одноветвистые. У многоножек ходильные ноги имеются на большинстве туловищных сегментов, а у насекомых только на трех грудных сегментах.

3. Голова обычно слитная и состоит из акрона и четырех сегментов, иногда последний головной сегмент свободный. На голове у трахейных имеются одна пара усиков (придатки акрона) и 2-3 пары челюстей.

Подкласс Первичнобескрылые насекомые (Apterygota)

Насекомые характеризуются примитивными чертами организации. У них отсутствуют крылья. Их бескрылость первичная, так как их предки тоже были бескрылыми. Ротовой аппарат грызущий, слабо специализированный. Ротовые части открытые, не втянутые в головную капсулу. Развитие прямое, без метаморфоза (аметаболия). Личинки отличаются от имаго только размером, пропорциями тела, хетомом. Линьки продолжаются и во взрослом состоянии. К подклассу относятся два отряда. Наиболее распространены представители отряда Thysanura – щетинохвосток. Представителем этого отряда является сахарная чешуйница.

Подкласс Крылатые насекомые (Pterygota)

Эти насекомые имеют крылья. Нелетающие виды имеют рудименты крыльев, свидетельствующие об их вторичной бескрылости. Ротовые аппараты разнообразные. Развитие с метаморфозом, неполным или полным. Среди крылатых насекомых (Pterygota) выделяют два инфракласса: инфракласс Древнекрылые (Palaeoptera) и инфракласс Новокрылые (Neoptera). Инфракласс Древнекрылые Palaeoptera включает более древних представителей крылатых насекомых.

Систематическое положение объектов:

Царство Animalia (Животные);
Подцарство Eumetazoa (Высшие животные);
Раздел Triploblastica, Bilateria (Трехслойные, Билатеральные);
Группа Spiralia (Спиралия);
Тип Arthropoda (Членистоногие);
Подтип Mandibulata (Мандибуляты);
Надкласс Antennata (Tracheata) (Антеннаты, Трахейнодышащие);
Класс Insecta (Насекомые);
Подкласс Pterygota (Крылатые насекомые);
Отряд Odonata (Стрекозы);
Отряд Orthoptera (Прямокрылые);
Отряд Hemiptera (Полужесткокрылые, или Клопы);
Отряд Hymenoptera (Перепончатокрылые);
Отряд Coleoptera (Жесткокрылые, или Жуки);
Отряд Lepidoptera (Чешуекрылые, или Бабочки);
Отряд Diptera (Двукрылые).

Задание 1. Изучить внешний вид черного таракана и придатков головной капсулы.

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с отделами тела таракана, зарисовать контуры тела, отметить на рисунке отднлы тела, границы между ними и функции головы.

2. Отчленить антены, рассмотреть их под лупой и зарисовать.

3. Изучить придатки и конечности головы; для этого предварительно подготовить объект (отделить голову от груди, перерезав скальпелем шейный перехват).

4. В головную капсулу воткнуть энтомологическую булавку с таким расчетом, чтобы ротовой аппарат и затылочное отверстие находилось по одну сторону булавки, булавку воткнуть в дно препаровальной ванночки.

5. Препаровальной иглой отогнуть на себя нужнюю губу, скальпелем отрезать место сочленения (под контролем ручной лупы).

6. Приготовить временный препарат из нижней губы и зарисовать ее под штативной лупой, обозначить на рисунке все компоненты губы.

Задание 2. Изучить внутреннее строение насекомых на примере черного таракана.

Порядок выполнения:

1. Провести вскрытие, начала сделать два разреза с дорсо-латеральных сторон тела и соединить их двумя поперечными разрезами у края головы и у супраанальной пластинки.

2. Аккуратно снять тергиты и прилежащие к ним мышцы, закрепить их булавками на дне ванночки внутренней стороной вверх.

3. Закрепить вскрытого таракана на дне препаровальной ванночки и залить водой. Выщипать пинцетом жировое тело, покрывающее внутренние органы, аккуратно промыть ванночку и таракана под водой, чтобы избавиться от кусочков жирового тела.

4. Освободить пищеварительную систему и отвести ее влево, закрепив на дне ванночки.

5. Сделать общий рисунок вскрытия. Найти и подписать все отделы пищеварительной, половой и нервной систем.

6. Рассмотреть спинной хитиновый покров с внутренней стороны. Нарисовать и отметить на рисунке спинной кровеносный сосуд (сердце), состоящий из камер, крыловые мышцы, расположенные строго по сегментам.

Контрольные вопросы

1. Какие особенности внешнего строения у насекомых, бывают.
2. Обоснуйте, какие особенности размножения и стадии развития насекомых существуют?
3. Каковы особенности строения насекомых различных отрядов?
4. Как размножаются и развиваются насекомые различных отрядов?
5. Какие особенности строения ног у насекомых, вы знаете?

Занятие 8. Тип Моллюски, основные отряды особенности их строения

Цели занятия: изучить особенности организации, панцирных и брюхоногих моллюсков; изучить особенности внешнего и внутреннего строения, и размножения двустворчатых моллюсков.

Оборудование: лупа, препаровальная ванночка, скальпель, ножницы, булавки, микроскоп, микропрепарат с глохидиями и объекты моллюски.

Моллюски, как и кольчатые черви, относятся к группе трохофорных целомических животных. В связи с этим они обладают такими общими признаками, как первичная билатеральная симметрия, вторичная полость тела – целом и его производные – целомодукты, спиральный тип дробления, трохофорообразные личинки. В отличие от большинства кольчецов, моллюски обладают несегментированным (аметамерным) телом. Тело подразделено наголову, ногу и туловищный (висцеральный) мешок. Имеется мантия (складка покровов) и мантийная полость, в которой располагаются органы дыхания, анальное, выделительное и половое отверстия, некоторые органы чувств. Клетки мантии секретируют раковину, которая в некоторых группах может редуцироваться или вовсе отсутствовать. У большинства в составе пищеварительной системы имеется особый орган – радула (терка) и челюсти. Наиболее примитивные формы сохраняют метамерию и обширный целом. Для большинства характерно спиральное дробление яйца, бластопор становится ртом, личинки – трохофора, велигер. У некоторых развитие прямое. **Подтип Aculifera** (Колючие, или Шипастые, моллюски).

Класс Polyplacophora, или **Loricata** (Хитоны, или Панцирные моллюски). Морфология: восемь пластинок раковины, голова без придатков, со ртом, нога, туловище, мантия с наружи с шипиками, мантийная полость с ктенидиями, анусом, выделительным и половым отверстиями, осфрадиями.

Анатомия: пищеварительная система; остатки целома (перикард и гоноцель); кровеносная система (сердце – два предсердия и один желудочек, жаберные вены, спинная аорта; часть пути кровь течет не по сосудам, а по лакунам – крупным пространствам между органами); выделительная система (одна пара метанефридиев, связанных с перикардом); нервная система (парные педальные и

плевровисцеральные стволы, надглоточная дуга, буккальные ганглии); органы чувств (осфрадии, эстеты); половая система (раздельнополые, половые клетки созревают в гоноцеле и выводятся через специализированные целомодукты – гонодукты). Оплодотворение наружное, дробление спиральное, бластопор переходит в рот, личинка похожа на трохофору. Развитие с метаморфозом.

Подтип Conchifera (Раковинные моллюски).

Класс Gastropoda (Брюхоногие моллюски) (рис. 15). Особенности внешнего строения (голова, нога, внутренностный мешок, раковина). Строение раковины. Вероятно, произошли от предков, подобных моноплакофорам. Торсион (закручивание внутренностного мешка на 180 градусов), подтверждения торсиона: хиастоневрия, петля кишечника, положение завитка раковины и мантийной полости. Деторсия (регулятивное раскручивание по часовой стрелке) связана с появлением турбоспиральной раковины. Деторсия и связанная с ней редукция органов и изменения нервной системы в разных группах брюхоногих моллюсков.

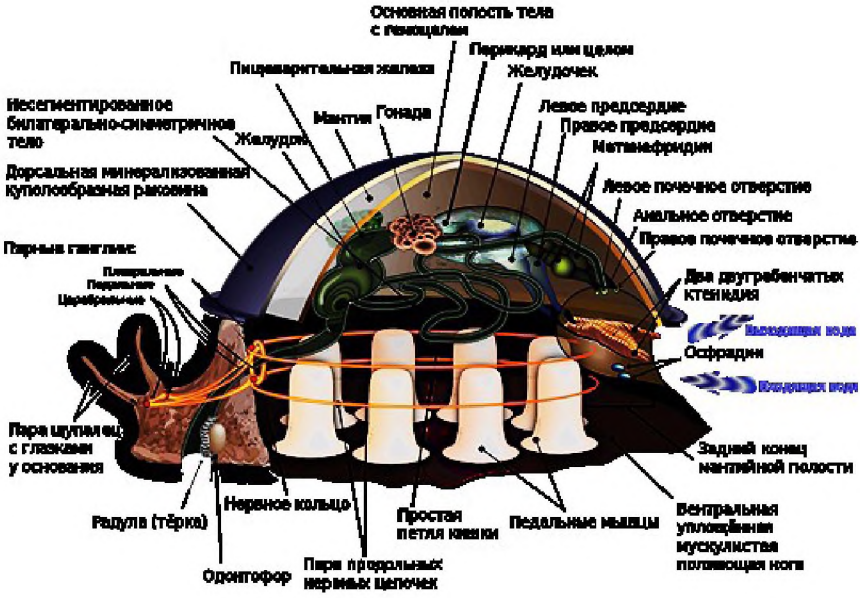


Рис. 15. Схема строения брюхоногова моллюска

Систематическое положение объектов:

Царство Animalia (Животные);

Подцарство Eumetazoa (Высшие животные);

Раздел Triploblastica, Bilateria (Трехслойные, Билатеральные); Группа Spiralia (Спиралия);

Тип Mollusca (Моллюски);

Подтип «Aculifera» (Шипастые моллюски);

Класс Polyplacophora (Placophora, Loricata) (Панцирные моллюски, или Хитоны);

Отряд Chitoniformes (Хитоны) *Tonicella sp.* – Хитон Подтип Conchifera (Раковинные моллюски);

Надкласс Cyrtosoma (Циртосома);

Класс Gastropoda (Брюхоногие моллюски);

Подкласс Pulmonata (Легочные моллюски);

Отряд Basommatophora (Сидячеглазые) *Lymnaea stagnalis* – Прудовик обыкновенный *Planorbis corneus* – Катушка роговая

Отряд Sylommatophora (Стебельчатоглазые) *Helix pomatia* – Виноградная улитка

Achatina sp. – Ахатина

Класс Двустворчатые (Bivalvia)

Класс Bivalvia (Двустворчатые моллюски). Голова, глотка и радула редуцированы. Раковина состоит из двух кусков, закрывающих тело с боков. Строение раковины: до трехслоев, створки, замок, лигамент, аддукторы. Мантийная полость, сифоны, движение воды вмантийной полости, сортировка пищевых частиц. Строение жаберного аппарата у различных двустворчатых моллюсков (двоякоперистый ктенидий у Protobranchia, длинные жаберные нити у Filibranchia, двуслойные решетчатые пластинки у Eulamellibranchia, дыхательный участок мантийной полости у Septibranchia).

Пищеварительная система: ротовые лопасти, кристаллический стебелек, желудок и печень, петля средней кишки в ноге, задняя кишка (проходит сквозь желудочек сердца). Целомическая система: перикард и полость гонад. Кровеносная система: сложная, незамкнутая (часть пути кровь проходит не по сосудам, а по системе лакун), сердце состоит из двух предсердий и желудочка. Выделительная система представлена парой почек – видоизмененными метанефридиями, связанными с перикардом. Нервная система состоит из трех или четырех пар ганглиев: церебральные, плевральные (или

церебро-плевральные), педальные, висцеро-париетальные. Большинство двустворчатых моллюсков раздельнополы. Половая система представлена парными гонадами, часто ассоциированными с выделительными каналами. Половые железы залегают в переднем отделе туловища, заходя и в основание ноги. Оплодотворение наружное. Личинка сначала трохофорного типа, затем развивается парусник, или велигер. Для некоторых характерно живорождение. Особенности строения глохидия беззубки (рис.16). Биология и хозяйственное значение двустворок: использование в пищу (семейства Ostreidae, Mytilidae, Pectinidae), выращивание жемчуга.

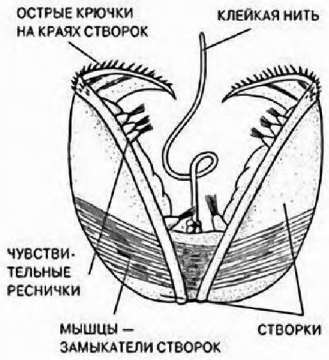


Рис.16. Строение глохидии беззубки

Класс Головоногие (Cephalopoda)

Головоногие – самые высокоорганизованные моллюски. Их справедливо называют «приматами» моря среди беспозвоночных животных за совершенство их приспособлений к жизни в морской среде и сложность поведения. Это в основном крупные хищные морские животные, способные активно плавать в толще воды. К ним относятся кальмары, осьминоги, каракатицы, наутилусы (рис. 17). Их тело состоит из туловища и головы, а нога преобразована в щупальца, расположенные на голове вокруг рта, и особую двигательную воронку на брюшной стороне тела. Отсюда произошло название – головоногие.

Увысших головоногих щупальца длинные, с мощной мускулатурой и несут крупные присоски на внутренней поверхности. Число

щупалец 8-10. У головоногих с 10 щупальцами два щупальца – ловчие, более длинные, с присосками на расширенных концах, а остальные восемь щупалец более короткие (кальмар, каракатица). Пищеварительная система головоногих несет черты специализации к питанию животной пищей. Пищей им служат главным образом рыбы, крабы и двустворчатые моллюски. Добычу они схватывают щупальцами и убивают челюстями и ядом. В глотке пища перетирается радулой и обильно смачивается слюной. В глотку впадают протоки 1-2 пар слюнных желез, которые выделяют ферменты, расщепляющие белки и полисахариды. Вторая задняя пара слюнных желез выделяет яд. Жидкая пища из глотки по узкому пищеводу поступает в энтодермальный желудок, куда впадают протоки парной печени, вырабатывающей разнообразные пищеварительные ферменты. Нервная система головоногих наиболее высокоразвитая среди моллюсков. Нервные ганглии образуют крупное окологлоточное скопление – головной мозг, заключенный в хрящевую капсулу (рис. 17). Имеются дополнительные ганглии. В состав мозга прежде всего входят: пара крупных церебральных ганглиев, иннервирующих голову, и пара висцеральных ганглиев, посылающих нервные тяжи к внутренним органам.

Органы чувств. Глаза – особенно сложного развития, имеющие наибольшее значение для ориентации в пространстве и охоты за добычей. Аккомодация глаза у головоногих происходит иначе, чем у млекопитающих: не за счет изменения кривизны хрусталика, а путем его приближения или удаления от сетчатки (подобно фокусированию фотоаппарата).

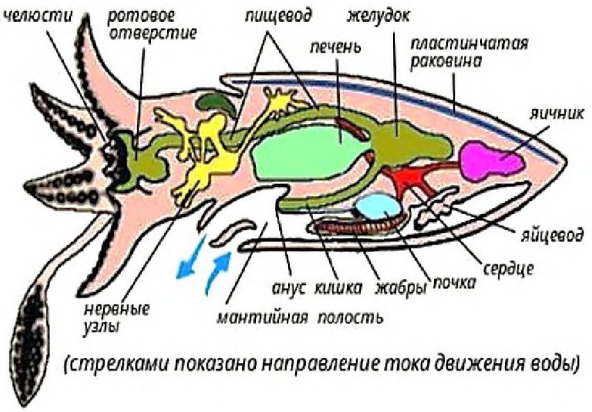
Органы равновесия – статоцисты расположены в хрящевой капсуле мозга. Органы обоняния представлены обонятельными ямками под глазами или типичными для моллюсков осфрадиями у основания жабер – у наутилуса. Органы вкуса сосредоточены на внутренней стороне концов щупалец.

Органы дыхания представлены ктенидиями. У большинства современных головоногих их два, а у наутилуса – четыре. Они расположены в мантийной полости по бокам туловища. Ток воды в мантийной полости, обеспечивающий газообмен, определяется ритмичным сокращением мускулатуры мантии и функцией воронки, через которую вода выталкивается наружу. Кровеносная система головоногих почти замкнутая (рис. 17). В связи с активным движением

у них хорошо развиты целом и кровеносные сосуды и, соответственно, слабо выражена паренхиматозность. Сердце окружено обширной перикардиальной полостью, которая выполняет многие функции целома. Кровь головоногих содержит дыхательный пигмент –гемоцианин, в состав которого входит медь, поэтому при окислении кровь голубеет.



а



б

Рис. 17. Схема строения головоногих моллюсков:
а – внешний вид и внутреннее строение осьминога;
б – внутреннее строение кальмара

Выделительная система представлена двумя или четырьмя почками. Внутренними концами они открываются в околосердечную сумку (перикард), а наружными – в мантийную полость. Раз-

множение и развитие у Головоногих, они раздельнополые животные. У некоторых видов хорошо выражен половой диморфизм. У самок головоногих имеются особые нидаментальные железы, впадающие в яйцевод и выделяющие оболочку вокруг яиц. Оплодотворение у головоногих наружно − внутреннее и происходит не в половых путях самки, а в ее мантийной полости. Головоногие откладывают яйца обычно на дне водоема. У некоторых видов наблюдается забота о потомстве.

Из яиц выходят маленькие, вполне сформированные головоногие моллюски. Современные головоногие относятся к двум подклассам: подкласс Наутилиды (Nautiloidea) и подкласс Колеоидеи (Coleoidea).

Задание 1. Изучить внешнее и внутренее строение брюхоногих моллюсков.

Порядок выполнения:

1. Используя раздаточный материал, рассмотреть под лупой хитона со спинной и брюшной стороны. Обратить внимание на выраженную внешнюю метамерию. Найти пластинки раковины, край мантии, мантийную полость, жабры (ктенидии), рот, голову, ногу.

2. Рассмотреть прудовика обыкновенного (виноградную улитку, ахатину), зарисовать внешний вид сбоку и подписать голову со щупальцами, глаза, ногу, раковину, край мантии с легочным отверстием, половое отверстие (если видно), ротовое отверстие.

3. Рассмотреть пустые раковины прудовика и катушки, сделать крупные рисунки со стороны устья и подписать вершину раковины, завиток, последний оборот, устье, пупок (если виден), внутреннюю губу устья, наружную губу устья, шов. Обратить внимание на расположение завитков раковины у прудовиков и катушек. У прудовиков завитки расположены вразных плоскостях (это турбоспиральные раковины), а у катушек – в одной плоскости (плакоспиральные раковины).

4. Вскрытие прудовика: аккуратно разбить раковинку молоточком; отламывая кусочки раковинки, освободить внутренностный мешок; подрезать коллюмелярный мускул, прикрепляющий моллюска к столбику раковинки; аккуратно поворачивая животное по часовой стрелке, выкрутить его из остатков раковинки. Вскрыть

мантийную полость. Для этого сделать разрез от легочного отверстия поперектела до левого края висцерального мешка; от левого края провести разрез в глубь мантийной полости. Закрепить моллюска на дне препаровальной ванночки спинной стороной вверх, головой вперед. Отвернуть направо прорезанный лоскут мантии и закрепить его булавками надне ванночки. Ножницами аккуратно подрезать эпидермис висцерального мешка так, чтобы обнажились внутренние органы висцерального мешка.

5. Изобразить рисунок вскрытой мантийной полости, отметив голову, задний конец ноги, висцеральный мешок, сердце, перикард, легочную вену, почку, первичный мочеточник, вторичный мочеточник, заднюю кишку.

На рисунке отметить основные части пищеварительной системы (глотку, слюнные железы, пищевод, зоб, среднюю кишку, правую и левую доли печени, заднюю кишку, анальное отверстие), половой системы (гермафродитную железу, гермафродитный проток, семеяйцепровод, предстательную железу, семяпровод, яйцевод, семяприемник, пенис, придаточные железы, мешок любовной стрелы).

Задание 2. Изучить внешнее и внутреннее строение пластинчатожаберных моллюсков, на примере перловицы.

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с внешним видом замороженных перловиц. Зарисовать внешний вид перловицы со спинной стороны, подписать передний и задний конец, правую и левую створки раковины, макушку (вершину) раковины, вводной и выводной сифоны, лигамент. Зарисовать любую (правую или левую) створку раковины беззубки и перловицы изнутри и снаружи (лучше взять сухие раковины или использовать створку после вскрытия) – показать отпечатки мышц-аддукторов и мантийную линию. Обратить внимание на зубья замка у перловицы. Отметить линии роста на наружной поверхности створок.

2. Аккуратно разрезав мышцы-аддукторы и мышцы мантии, отделить одну створку так, чтобы мягкое тело осталось в другой створке. Удалить верхний (правый или левый) лоскут мантии. При помощи булавок укрепить створку с мягким телом на дне ванночки (булавки втыкают рядом со створкой, чтобы зафиксировать ее междуними в неподвижном положении). Изобразить крупно рисунок

вскрытия вскрытия, отметить: мантию, вводной и выводной сифоны, ногу, аддукторы, жабры, ротовые лопасти, рот, вскрытый перикард, сердце, область почки, печени, заднюю кишку, церебро-плевральные и висцеропариетальные ганглии. Затем вскрыть ногу для показа педальных ганглиев, средней кишки и гонады и отметить эти органы на рисунке.

3. Рассмотреть постоянный препарат глохидия под микроскопом. Зарисовать личинку и подписать створки раковинки, зубец раковинки, личиночную мантию, нить биссуса, мускул - аддуктор (если видно).

Контрольные вопросы

1. Какие примитивные черты Брюхоногих моллюсков вы знаете?
2. Какие особенности, внешнего и внутреннего строения, Брюхоногих моллюсков вы знаете?
3. Перечислите, из каких слоёв состоит раковина моллюсков?
4. Какие особенности внешнего и внутреннего строения Двустворчатых моллюсков?
5. Выделите составные особенности, размножения и развития Двустворчатых моллюсков?
6. Каковы существенные особенности, строения глохидий?

Занятие 9. Тип Хордовые. Низшие хордовые. Подтип позвоночные

Цели работы: изучить внешнее и внутреннее строение низших хордовых; определить систематическое положение ланцетника (тип, подтип, класс, отряд, род, вид).

Оборудование: микроскоп, микропрепараты и альбом.

Хордовые включают в себя около 43 тыс. современных видов, распространенных по всему земному шару: они заселяют гидросферу, литосферу, атмосферу, распространены по всей Земле. Хордовые весьма различны по внешнему виду, образу жизни и условиям обитания.

В тип Хордовые входят: Бесчерепные (ланцетники), Круглоротые (миноги и миксины), Рыбы, Земноводные, или Амфибии, Пресмыкающиеся или Рептилии, Птицы и Млекопитающие или Звери.

Можно выделить ряд общих черт в строении и развитии хордовых:

1) У всех хордовых есть внутренний осевой скелет, который вначале возникает в виде хорды (спинной струны). Хорда – упругий нечленистый тяж, энтодермального происхождения (отшнуровывается от спинной стенки зародышевой кишки). Пожизненно хорда сохраняется только у низших хордовых (кроме сальпы и асцидии). У большинства хордовых хорда редуцируется в связи с развитием позвоночного столба. У высших хордовых она является эмбриональным органом и взрослых животных вытесняется позвонками. Поэтому осевой скелет из сплошного нечленистого тяжа становится сегментированным. Позвоночник имеет мезодермальное происхождение, формируется из соединительнотканного чехла, окружающего хорду и нервную трубку.

2) Над осевым скелетом находится центральная нервная система (в виде полой трубки). Полость нервной трубки называется невроцелем. Трубчатое строение ЦНС имеют все хордовые, кроме взрослых оболочников. Почти у всех хордовых передний отдел нервной трубки разрастается и образует головной мозг. Происхождение нервной трубки – эктодермальное.

3) Передний отдел пищеварительной трубки сообщается с наружной средой двумя рядами отверстий – висцеральных щелей. У низших хордовых на их стенках находятся жабры. Пожизненно жаберные щели сохраняются только у низших водных хордовых.

Помимо трех вышеназванных особенностей, можно выделить некоторые характерные черты организации хордовых, которые имеются у представителей некоторых других типов:

1. Хордовые имеют вторичный рот (как и иглокожие). Он образуется путем прорыва гаструлы на конце, противоположном гастропору. На месте зарастающего гастропора формируется анальное отверстие.

2. У хордовых полость тела - вторичная (целом). Это сближает хордовых с иглокожими и кольчатыми червями.

3. Расположение многих органов метамерное, особенно четко выражено у зародышей и низших хордовых. У высших хордовых метамерия выражена слабо.

4. Билатеральная симметрия тела (этим признаком обладают и многие беспозвоночные).

Тип Хордовые подразделяется на три подтипа: Подтип Бесчерепные (Acrania), Подтип Оболочники (Tunicata), Подтип Позвоночные, или Черепные (Vertebrata, или Craniata).

Систематическое положение объектов:

Низшие хордовые

Подтипы: I. Личиночнохордовые или Оболочники;
II. Бесчерепные;
III. Позвоночные или Черепные.

Подтип содержит 5 классов: асцидии, огнетелки, сальпы, бочоночники, аппендикулярии.

Оболочники – довольно многочисленная группа морских животных (около 1500 видов). От других хордовых эти животные отличаются тем, что во взрослом состоянии у большинства представителей отсутствуют хорда и нервная трубка. В личиночном возрасте типовые признаки у оболочников хорошо выражены (рис. 18).

Оболочники – гермафродиты. Размножаются не только половым, но и бесполым путем – почкованием.

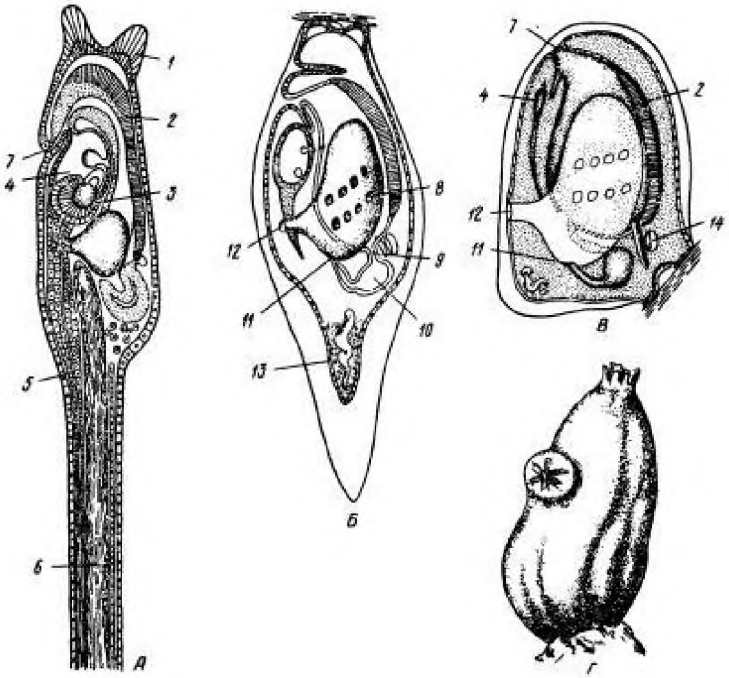


Рис. 18. Развитие личиночно-хордовых:
А, Б, В – три последовательные стадии превращения прикрепившейся личинки во взрослое животное; Г– взрослая асцидия:1 – прикрепительные сосочки; 2 – эндостиль; 3 – глаз; 4 –мозговой пузырь; 5– нервная трубка; 6– хорда; 7– рот; 8– жаберные щели; 9– пищевод; 10 –желудок; 11 – анальное отверстие; 12 – отверстие околожаберной полости;13– рудемент хвоста; 14 –сердце

Бесчерепные или Головохордовые

Подтип низших хордовых животных, сохраняют признаки типа: хорда, нервная трубка и жаберные щели в течение всей жизни.

Нервная трубка не дифференцирована (головного мозга нет). Органы чувств примитивны. Ведут придонный образ жизни, по характеру питания – роющие фильтраторы.

Возможно, являются предками позвоночных, либо являются последними живыми членами группы от которой произошли позвоночные.

Всего к бесчерепным относятся около 30 видов, составляющих один класс Ланцетники.

Строение ланцетников представляет собой как бы схему строения всех хордовых животных. Общий план их строения включает все характерные признаки этого типа (рис. 19).

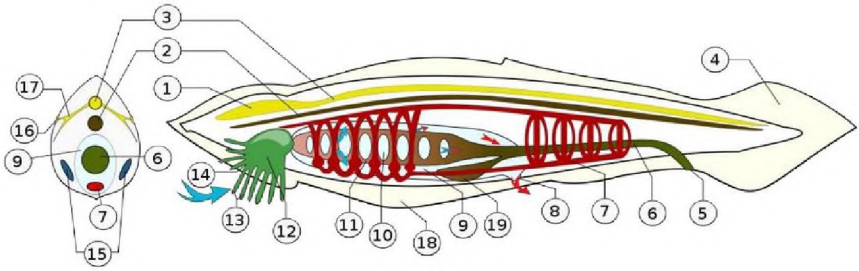


Рис. 19. Строение ланцетника:
1 – мозговой пузырёк; 2 – хорда; 3 –нервная трубка; 4 – хвостовой плавник; 5 – анальное отверстие; 6 – задний отдел кишечника в виде трубки; 7 – кровеносная система; 8– атриопор; 9 –окологлоточная полость; 10 – жаберная щель; 11 – глотка; 12– ротовая полость; 13 – околоротовые щупальца; 14 – предротовое отверстие; 15 – гонады (яичники/семенники); 16 – глазки Гессе; 17 – нервы; 18 – метаплевральная складка; 19 – слепой печёночный вырост

Ланцетник является переходной формой между беспозвоночными и позвоночными животными. Скелет беспозвоночных животных был наружным и защищал одинаково все стороны организма.

У хордовых животных произошло смещение скелета внутрь, для облегчения тела при увеличении его размеров.

Нервная система, требующая надежной защиты, оказалась смещенной ближе к скелету, а значит на спинную сторону.

Тело ланцетников удлиненное, сжатое с боков полупрозрачное окаймлено плавниковой складкой. На переднем конце тела находится рот, окруженный 10-20 парами щупалец.

Хорда – это эластичный тяж, лежащий над кишечником. Она является внутренним скелетом и продолжается в головной конец, с чем и связано название подтипа – Головохордовые (или Бесчерепные).

Мускулатура ланцетника метамерна (имеет посегментное строение) и тянется по обе стороны хорды. Каждый блок мускулатуры называется миомером. Миомеры имеют V-образную форму и разделены соединительнотканными прослойками – миосептами. За счет сокращения миомеров тело ланцетника способно к волнообразному изгибанию, что позволяет ему плавать и зарываться в песок.

Покровы: кожный эпителий (эпидермис), на поверхности которого находится кутикула – пленка из мукополисахаридов, и кутис из студенистого вещества.

Нервная трубка не дифференцирована. От нее отходят многочисленные нервы к внутренним органам и поверхности тела.

Органы чувств примитивны: нервными окончаниями эпидермиса – осязание, хеморецепция; светочувствительные клетки – глазки Гессе в нервной трубке. Кровеносная система замкнутая. Один круг кровообращения. Роль сердца выполняет крупный сосуд – брюшная аорта. Кровеносная система не играет роль в газообмене. Дыхательных пигментов нет. Дыхательная система не развита. Пищеварительная система: предротовая воронка с венчиком щупалец, большая глотка с сотней пар жаберных щелей, кишка, анальное отверстие на брюшной стороне. Имеется печень, выделяющая пищеварительные ферменты. Клетки кишечника способны к фагоцитозу (у других хордовых это не встречается). Атриальная (околожаберная) полость окружает жаберные щели. Вода через атриопор (жаберная пора) выводится наружу.

Выделительная система: несколько десятков пар протонефридиев, которые соединяют полость целома с атриальной полостью. Половая система: раздельнополые, оплодотворение наружное. Есть личинка, которая отличается недоразвитием атриальной полости. Жаберные щели открываются у нее пряма наружу. Половых протоков нет: созревшие половые клетки попадают в атриальную полость через разрывы стенок гонад и стенок тела; с потоком воды через атриопор они выводятся во внешнюю среду. У неполовозрелых ланцетников половых органов нет.

Задание 1. Рассмотреть внешнее и внутреннее строение ланцетника на фиксированном препарате.

Порядок выполнения:

1. Настроить микроскоп, сначала на фиксированном препарате расмотреть строение ланцетника при большом увеличении, а затем при малом.

2. Рассмотреть внешнее и внутреннее строение ланцетника на фиксированном препарате. Найти и зарисовать: предротовую воронку со щупальцами, велярные щупальца, парус, атриопор, анальное отверстие, спинной, хвостовой, предхвостовой плавники, метаплевральную складку, миомеры, миосепты, хорду, нервную трубку, «непарный глазок», глазки Гессе, обонятельную ямку, жаберные щели, межжаберные перегородки, печеночный вырост, кишку, гонады.

Контрольные вопросы

1. Какие основные признаки типа хордовые, вам известны?
2. Выделите состовные отличия, строения взрослой асцидии от ее личинки?
3. Каковы существенные особенности, кровеностной системы ланцетника.
4. Какие основные функции, выполняет артериальная полость ланцетника?
5. Перечислите особенности питания, низших хордовых.

Задание 10. Систематика основных отрядов Хрящевых и Костных рыб

Цели работы: изучить внешнее и внутреннее строение хрящевых и костных рыб; изучить систематику лучеперых рыб, основных отрядов.

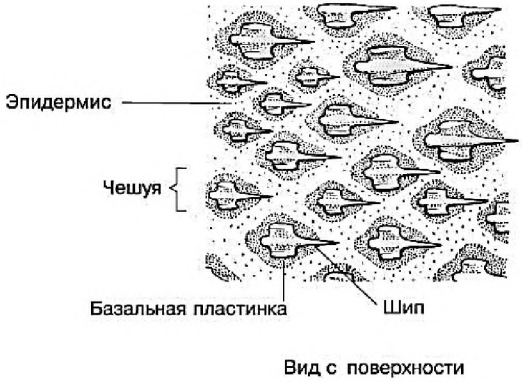
Оборудование: Фиксированные материалы хрящекостных рыб. Таблицы (внешний вид представителей отрядов осетрообразных, лососеобразных, сельдеобразных, карпообразных, угреобразных, колюшкообразных, окунеобразных, трескообразных рыб). Ручные лупы, измерители, линейки, пинцеты, ванночки, влажные тряпочки.

Анамнии – первичноводные животные. В качестве органов дыхания в течение всей жизни, либо в личиночном состоянии, у них функционируют жабры. Обмен веществ низкий, почки туловищные. Оплодотворение наружное, развитии яйца у них не образуется зародышевых оболочек, у большинства происходит с метаморфозом.

Группы	*Классы*	*Разделы*
Анамнии	1. Круглоротые	Бесчелюстные
	2. Хрящевые рыбы	Челюстноротые
	3. Костные рыбы	
	4. Земноводные	

Хрящевые рыбы – немногочисленная группа, сочетающая примитивные и прогрессивные черты организации. Насчитывают примерно 730 видов хрящевых рыб. Скелет у них пожизненно хрящевой. На коже – примитивная чешуя плакоидного типа (рис. 20). У некоторых – кожа голая, жаберных щелей 5-7, и каждая пара открывается наружу щелевидным отверстием (кроме плащеносных акул и химер). У хрящевых рыб имеются мышцы, двигающие челюсти, глаза, другие органы. Пищеварительный тракт хрящевых рыб начинается ротовой полостью. Короткий пищевод ткрывается в желудок. От желудка идет тонкая кишка, которая переходит в толстую. У хрящевых рыб развиты поджелудочная железа и печень. Органами дыхания служат пластинчатые жабры. Кровеносная система представлена двухкамерным сердцем, артериальными и венозными сосудами. Сердце состоит из предсердияи желудочка.

Кроветворным органом является селезенка. Нервную систему хрящевых рыб составляют головной и спинной мозг с отходящими от них нервами. Из органов чувств у хрящевых рыб развиты органы обоняния, зрения, слуха. С помощью боковой линии принимают колебания воды. Хрящевые рыбы раздельнополы. Оплодотворение внутреннее. Одни из них живородящие, другие откладывают крупные яйца.



а



б

Рис. 20. Строение плакоидной чешуи
а – вид с поверхности; б – продольный срез

Общая характеристика костных рыб

Класс Костные рыбы включает около 20000 видов всего надкласса Рыб, которые распространены в разных водоемах.

Основные общие признаки класса:

1. Скелет всегда костный (в той или иной мере). Мозговой череп большей частью костный, образован накладным и хрящевым костями. Хондральные (хрящевые) окостенения формируют заднюю часть, бока и частично дно мозгового черепа. В затылочной области 4 затылочные кости (верхняя, основная, две боковые). В области парных ушных капсул формируется 5 ушных костей. Глазница образована непарной основной клиновидной, парными крылоклиновидными и глазоклиновидными костями.

В области парных обонятельных капсул развиваются непарная срединная обонятельная кость и парные боковые обонятельные кости. Накладные (покровные) кости формируют в мозговом черепе его крышу, частично – бока и дно. Крыша черепа сложена последовательно расположенными парными носовыми, лобными и теменными костями. Дно черепа образовано непарным парасфеноидом и непарным сошником. Вокруг глазницы мелкие покровные косточки образуют окологлазничное кольцо.

В лицевом (висцеральном) скелете произошли значительные изменения. В нем тоже имеются хондральные и покровные окостенения. Верхняя часть челюстной дуги теряет функции верхней челюсти и входит в дно черепа. Она замещается небной, тремя крыловидными и квадратной костями. Функцию верхней челюсти выполняют парные кости кожного происхождения – верхнечелюстные и предчелюстные. Это – новообразования в висцеральном скелете. Нижняя челюсть представлена большой зубной костью (кожного происхождения). Она покрывает меккелев хрящ. Угловая кость (тоже кожного происхождения) образует нижнезадний угол челюсти, а единственная хондральная кость – сочленовная – соединяется с квадратной костью. Подъязычная дуга такая же, как и у хрящевых рыб: парные подвески, гиоиды и непарная капсула. Все эти кости – хондральные.

Первоначальным типом окостенений являются покровные кости, возникающие в коже (в процессе эмбриогенеза) независимо от хрящей.

2. Межжаберные перегородки в дыхательном аппарате редуцируются, и жаберные лепестки сидят на жаберных дужках. Жаберный аппарат снаружи всегда прикрыт костной жаберной крышкой.

3. У большинства видов есть плавательный пузырь. Изменение объема в нем меняет плотность тела рыбы, и это способствует перемещению из одного водного горизонта в другой.

4. У большинства видов оплодотворение наружное. Икра мелкая, без роговых оболочек (рис. 21.). Живорождение встречается крайне редко.

Классификация костных рыб очень трудная, есть разные точки зрения на этот вопрос. Выделили 2 подкласса: Лучеперые (Actinopterygii) и Лопастеперые (Sarcopterigii).

Систематическое положение объектов:

Данная группа рыб насчитывает около 20000 видов (примерно 95% всех видов рыб).

Одна из характерных черт организации: отсутствие кожистой лопасти в основании парных плавников (рис. 21).

Подкласс Лучеперые содержит два надотряда – Надотряд Ганоидные (Ganoidomorpha) и Надотряд Костистые рыбы (Teleostei).

Надотряд Ганоидные включает четыре отряда:

Осетрообразные;
Многоперообразные;
Амиеобразные;
Панцирникообразные.

Надотряд Костистые рыбы включает более тридцати отрядов:

Сельдеобразные (Clupeiformes);
Кефалеобразные (Mugiliformes);
Лососеобразные (Salmoniformes);
Щукообразные (Esociformes);
Угреобразные (Anguilliformes);
Карпообразные (Cypriniformes);
Сарганообразные (Beloniformes);
Трескообразные (Gadiformes);
Колюшкообразные (Gasterosteiformes);
Окунеобразные (Perciformes);
Камбалообразные (Pleuronectiformes).



Рис. 21. Схема строения костного скелета рыб

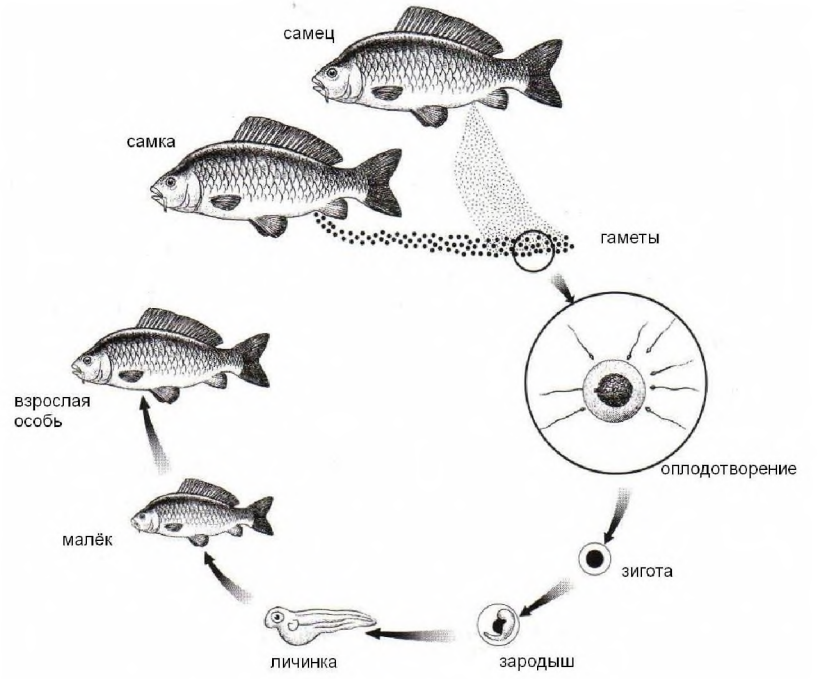


Рис. 22. Размножение Лучеперых рыб

Задание 1. Изучить внешнее и внутреннее строение хрящевых рыб.

Порядок выполнения:

1. Рассмотреть внешнее строение акулы на фиксированном материале. Найти и зарисовать: рыло, глаза, брызгальца, рот, ноздри, жаберные щели, отверстия органов боковой линии, клоаку, плавники парные (грудные, брюшные) и непарные (спинные, хвостовой), чешую.

2. Рассмотреть внешнее строение ската на фиксированном экземпляре. Найти детали строения, перечисленные для акулы, и зарисовать вид со спинной и брюшной сторон, сделав обозначения.

3. Определить вид акулы и два вида скатов, записать их систематическое положение: тип, подтип, раздел, надкласс, класс, подкласс, надотряд, отряд, семейство, род, вид.

4. Изучить строение плакоидной чешуи и зарисовать.

5. Рассмотреть топографию внутренних органов акулы на препарате. Найти: сердце (предсердие, желудочек), венозный синус, артериальный конус, начало брюшной аорты, жабры, желудок, тонкую кишку, толстую кишку со спиральным клапаном внутри, прямую кишку, ректальную железу, клоаку, печень, желчный пузырь, поджелудочную железу, селезенку, почки.

6. Изучить строение жаберного аппарата акулы и зарисовать схему, отметив: межжаберную перегородку, жаберные лепестки, жаберные тычинки, жаберные щели, подъязычную дугу, жаберные дуги, первую полужабру, целые жабры.

7. Изучить и зарисовать схему кровеносной, пищеварительной и мочеполовой системы акулы: отметив: сердце (предсердие, желудочек), желудок (кишечник, печень, поджелудочноя железа), туловищные почки (вольфов и мюллевский канал).

Задание 2. Изучить внешнее и внутреннее строение костистой рыбы.

Порядок выполнения:

1. Изучить внешнее строение костистой рыбы. Найти и зарисовать: рот, глаза, ноздри, чешую, жаберные крышки, парные (грудные, брюшные) и непарные (спинные, хвостовой, анальный) плавники, боковую линию, мочеполовой сосочек, анальное, половое и мочевое отверстие.

2. Рассмотреть и зарисовать строение циклоидной и ктеноидной чешуи, отметив годичные кольца. Определить возраст рыбы по препаратам чешуи.

3. Изучить внутреннее строение рыбы, рассмотрев топографию органов. Найти: сердце (желудочек, предсердие), венозный синус, луковицу аорты, жабры, желудок, пилорические придатки, двенадцатиперстную кишку, тонкую и прямую кишку, анальное отверстие, печень, желчный пузырь, поджелудочную железу, селезенку, плавательный пузырь, мочевой пузырь, мочеполовой сосочек, мочевое отверстие, половую железу, половое отверстие, мочеточники, почки.

4. Отпрепарировать и зарисовать жабру, отметив жаберную дугу, жаберные тычинки, жаберные лепестки.

5. Изучить и зарисовать схему кровеносной системы отметить на рисунке: сердце (желудочек, предсердие), венозный синус, луковицу аорты, брюшную аорту, приносящие и выносящие жаберные артерии, корни спинной аорты, спинную аорту, сонные артерии, подключичные артерии, хвостовую артерию, хвостовую вену, воротные вены почек, передние и задние кардинальные вены, протоки Кювье, нижние яремные вены, воротную вену печени, воротную систему печени, печеночную вену.

Контрольные вопросы

1. Каковы приметивные черты организации хрящевых рыб по сравнению с костными?
2. Какие прогресивные черты, организации хрящевых рыб вы знаете?
3. Какие классы включает тип хрящевые рыбы?
4. У каких отрядов костных рыб, наблюдается нерест?
5. Какие классы включает тип костные рыбы?

Занятие 11. Общая характеристика класса Земноводные, систематика основных отрядов Земноводных

Цели работы: изучить внешнее и внутреннее строение земноводных; изучить основные признаки приспособления земноводных к воздушной среде.

Оборудование: набор фиксированного материала (лучше спиртового) наиболее обычных видов хвостатых и бесхвостых земноводных, ванночка, игла препарировальная, пинцет анатомический, линейка или штангенциркуль, лупа.

Земноводные – немногочисленная группа наиболее примитивных наземных позвоночных. Группе присущи черты переходности от водного образа жизни к наземному, благодаря видуизмененому скелету который разделен на пояса и свободных конечностей (рис. 23). В зависимости от стадий жизненного цикла большинство амфибий живет то на суше, или около воды. Развиваясь, они претерпевают метаморфозу, превращаясь из чисто водных личинок во взрослые формы, живущие в основном на суше (рис. 24).

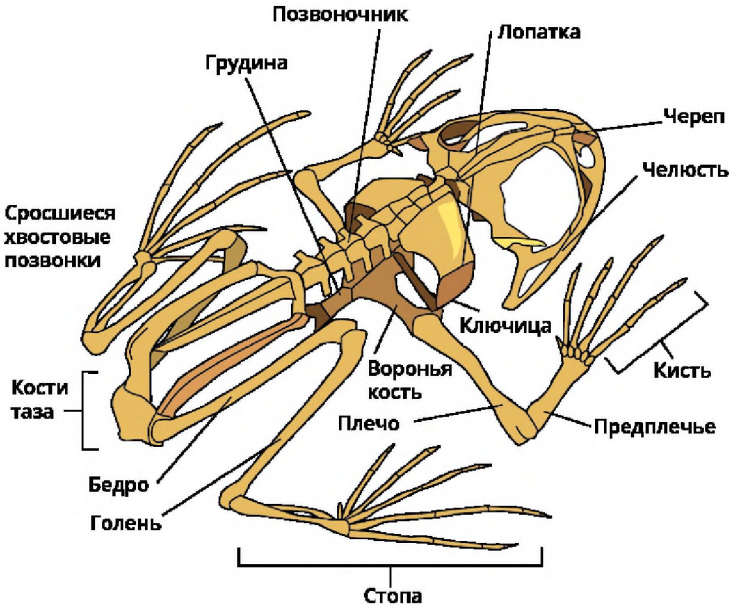


Рис. 23. Скелет лягушки

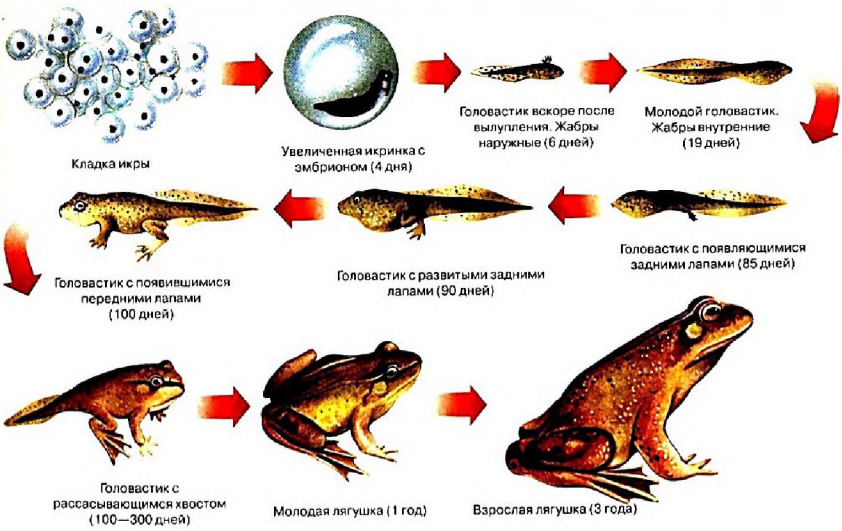


Рис. 24. Развитие земноводных

Систематическое положение объектов:
Отряд Ceratodontiformes – Рогозубообразные;
Надкласс Tetrapoda – Четвероногие;
Отряд Ichthyostegalia – Ихтиостегалии;
Класс Amphibia – Земноводные, или Амфибии;
Подкласс Lepospondyli – Тонкопозвонковые;
Отряд Apoda – Безногие амфибии, или Червяги;
Семейство Caecilidae – Червяги;
Отряд Caudata – Хвостатые;
Семейство Hynobiidae – Углозубовые;
Salamandrella keyserlingii – Сибирский углозуб;
Семейство Salamandridae – Саламандровые;
Lissotriton vulgaris – Обыкновенный тритон;
Triturus cristatus – Гребенчатый тритон;
Salamandra salamandra – Пятнистая, или огненная, саламандра;
Подкласс Apsidospondyli – Дугопозвонковые;
Отряд Anura – Бесхвостые;
Семейство Discoglossidae – Круглоязычные;

Bombina bombina – Краснобрюхая жерлянка;
Bombina variegata – Желтобрюхая жерлянка;
Bombina orientalis – Дальневосточная жерлянка;
Семейство Pelobatidae – Чесночницы;
Pelobates fuscus – Обыкновенная чесночница;
Семейство Hylidae – Квакши;
Hyla arborea – Обыкновенная квакша;
Hyla japonica – Дальневосточная квакша;
Семейство Bufonidae – Жабы;
Bufo bufo – Серая жаба;
Bufo viridis – Зеленая жаба.

Задание 1. Изучить внешнее и внутреннее строение земноводных.

Порядок выполнения:

1. Рассмотреть внешнее строение лягушки, отметив: рот, наружные ноздри, глаза, верхнее и нижнее веко, барабанные перепонки, наружные резонаторы, спинно-боковые складки, отверстие клоаки.

2. Рассмотреть и зарисовать строение ротовой полости лягушки, отметив: язык, зубы, сошник с зубами, хоаны, отверстия евстахиевых труб, отверстия резонаторов, гортанную щель. Надуть резонаторы с помощью пипетки с резиновой грушей (через отверстие резонатора).

3. Произвести вскрытие лягушки, рассмотреть общее расположение внутренних органов. Найти: сердце (желудочек, два предсердия), артериальный конус, общий артериальный ствол и его разветвления, легкие (надуть их с помощью стеклянной трубочки, введенной в гортанную щель), печень, желчный пузырь, желудок, поджелудочную железу, двенадцатиперстную кишку, тонкую кишку, прямую кишку, селезенку, мочевой пузырь, почки, мочеточник, жировые тела, половые органы, отверстие клоаки.

4. Отпрепарировать все системы внутренних органов, зарисовать мочеполовую систему, отметив: 1) у самца – семенник, жировое тело, почку, мочеточник, семенной пузырек, клоаку, мочевой пузырь, семявыносящие канальцы, надпочечник; 2) у самки – воронку яйцевода, яйцевод и его маточный отдел, клоаку, мочевой пузырь, яичник, почку, жировое тело.

Задание 2. Изучить скелет земноводных.

Порядок выполнения:

1. Изучить строение черепа лягушки, зарисовать череп лягушки, отметить на рисунке названия элементов. Цветом (или штриховкой) показать кости разного происхождения (покровные, замещающие, смешанные).

2. Изучить и зарисовать строение осевого скелета лягушки, отметив отделы: шейный, туловищный, крестцовый, хвостовой (уростиль).

3. Изучить и зарисовать скелет поясов и конечностей лягушки, отметив: 1) плечевой пояс и переднюю конечность (лопатку, надлопаточный хрящ, коракоид, прокоракоидный хрящ, ключицу, грудину, предгрудину, хрящевую часть грудины, плечевую кость, предплечье, запястные кости, пястные кости, фаланги пальцев); 2) тазовый пояс и заднюю конечность (подвздошную кость, седалищную кость, лобковый хрящ, бедро, голень, элементы предплюсны, плюсны, рудимент «предпервого» пальца, фаланги пальцев).

Задание 3. Изучить методику определения земноводных по определенным признакам.

Порядок выполнения:

1. Последовательно определить сначала отряд, потом семейство, род и вид, к которым принадлежит данное животное.

2. Кратко записать основные, «ключевые» признаки каждого определенного вида.

3. Обратить внимание на взаимосвязь внешнего облика и образа жизни (более водные и более наземные, древесные и т. п.).

Перечень признаков земноводных для определения семейств, родов и видов (по взрослым особям)

1. Зубов в верхней челюсти нет (пробовать иглой или пальцем).

Семейство Жабы, Bufonidae

В России встречаются только виды рода Bufo.

2. На нижней поверхности третьего (считая с конца) сочленения IV (самого длинного) пальца задней конечности один бугорок (рис. 25, *А, 1*)

3. Конец IV (наружного) пальца передней конечности заходит за первое (с конца) сочленение III пальца или до ходит до него.

Зеленая жаба, Bufo viridis Laur.

Сверху серовато-зеленая или зеленовато-серая, иногда с темным и пятнами. Вся Европа (включая Крым и Кавказ), Казахстан, республики Средней Азии. Проникает даже в пустыни.

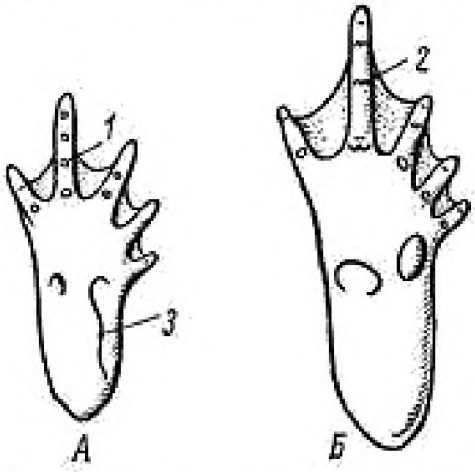


Рис. 25. Задняя лапка снизу – зеленой (А) и обыкновенной (Б) жабы:
1 – на третьем сочленении IV пальца один бугорок; 2 – на третьем сочленении IV пальца два бугорка; 3 – продольная кожистая складка предплюсны

4. Конец IV (наружного) пальца передней конечности обычно далеко не доходит до первого (с конца) сочленения III пальца.

Монгольская жаба, Bufo raddei Strauch.

Сверху серовато-зеленая или темно-бурая, обычно с крупными темными пятнами. Корейский полуостров, Северный Китай, МНР, Южное Прибайкалье и южная часть Приморья.

5. На нижней поверхности третьего (считая с конца) сочленения IV (самого длинного) пальца задней конечности два бугорка (рис. 25 *Б, 2*)

6. Внутренний край предплюсны с продольной кожистой складкой (рис. 25, А, 3)

Камышовая жаба, Bufocalamita Laur.

Сверху серо-оливковая с темными пятнами и. светлой продольной полоской вдоль спины. Западная Европа. Западные районы Украины и Белоруссии. Прибалтика.

7. Внутренний край предплюсны без продольной кожистой складки (рис. 25, *Б*).

Обыкновенная жаба, Bufo bufo L.

Сверху грязно-бурая, коричневатая или зеленовато-серая, одноцветная или с неясными темными пятнами. Северная Африка, Европа (на север почти до Белого моря), южные районы Сибири и Дальнего Востока, Корейский полуостров, Китай, Япония.

8. По краям верхних челюстей есть мелкие, плохо заметные зубы.

9. Концы пальцев расширены в диски (рис. 26)

Семейство Квакши, Hylidae

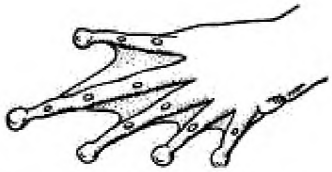


Рис. 26. Задняя лапка квакши (концы пальцев расширены в диски)

10. Длина голени, отложенная от отверстия клоаки по спине 2 раза, доходит до линии, соединяющей ноздри или передние края глаз. Если темная боковая полоска не образует петли вверх в области паха, то под глазом нет темного пятна.

Обыкновенная квакша, Hyla arborea L

Сверху однотонно-зеленая, серая, желтоватая или бурая; по бокам тела темная полоска, образующая в паху направленную вверх петлю. Окраска у одного и того же экземпляра может довольно быстро меняться. Страны, примыкающие к Средиземному морю, Малая Азия, юго-запад России (включая Крым и Кавказ). Большую часть жизни проводит в ветвях деревьев и кустарников.

11. Дважды отложенная по спине (от отверстия клоаки) длина голени доходит лишь до линии, соединяющей задние края глаз; если заходит и дальше, то темная полоска на боку тела не образует петли вверх в области паха; часто под глазом есть темное пятно.

Дальневосточная квакша, Hyla japonica Grunth.

Сверху травянистого цвета, иногда с темными пятнами, на боках неясная темная полоска без паховой петли. Япония, Корейский полуостров, Дальний Восток и на запад до южного Прибайкалья.

12. Концы пальцев не расширены в диски.

13. Задний край языка без вырезки.

14. Внутренний пяточный бугор развит слабо.

Семейство Круглоязычные, Discoglossidae

15. Длина голени меньше длины ступни; концы пальцев (если смотреть сверху) такие же темные, как и все пальцы (рис. 27, Б)

Краснобрюхая жерлянка, Bombina bombina L.

Сверху от светло-серого до темно-бурого цвета с неясными темными пятнами; брюхо красное или оранжевое с черными пятнами. Обычна в Центральной и Восточной Европе (местами доходя до 59°с. ш.), в Крыму нет.

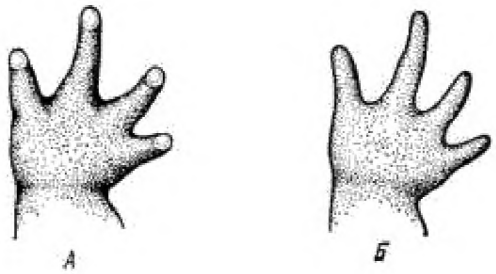


Рис. 27. Передние лапы жерлянок:
А – дальневосточной; Б – краснобрюхой

16. Длина голени равна или несколько превышает длину ступни; концы пальцев сверху светлые (рис. 27, А)

Дальневосточная жерлянка, Bombina orientalis Boul.

Сверху разных оттенков серого цвета с темными пятнышками. Брюхо оранжевое или красное с черными пятнами. Северный Китай, Корейский полуостров и Дальний Восток.

17. Внутренний пяточный бугор хорошо развит и имеет вид роговой лопатки.

Семейство Чесночницы, Pelobatidae

В России один вид – обыкновенная чесночница, *Pelobates fuscus Laur.* Лоб между глазами выпуклый. Сверху светло-серая или буроватая с мелкими и крупными бурыми или черными пятнами. Европа, на восток до Аральского моря.

18. Задний край языка с хорошо выраженной вырезкой.

Семейство Лягушки, Ranidae

В России один род – *Rana*

19. От глаза через барабанную перепонку к плечу идет темное, суживающееся назад височное пятно (рис. 6, *А, 2*); у самцов резонаторы скрыты под кожей

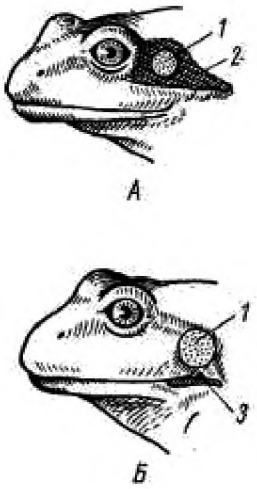


Рис. 28. Голова травяной (А) и озерной (Б) лягушек:
1 – барабанная перепонка; 2 – височное пятно; 3 – наружный резонатор

20. Внутренний пяточный бугор высокий, сжатый с боков; в длине внутреннего пальца задней конечности он содержится 1,2–2,1 раза. Брюхо всегда одноцветное, белое.

Остромордая лягушка, Rana terrestris Andrz.

Сверху коричневатая, с большим числом мелких и крупных темных пятен. Европа, средняя полоса европейской части России (нет в Крыму и на Кавказе) и Западная Сибирь.

21. Внутренний пяточный бугор низкий, округлый, в длине внутреннего пальца задней конечности укладывается 1,9-4,5 раза. Брюхо пятнистое или однотонное

22. Морда округлая или тупая: расстояние от конца морды до переднего края глаза обычно равно промежутку между темными полосками у переднего края глаз.

23. Брюхо пятнистое (редко однотонное). Длина голени укладывается в длине тела (от клоаки до конца морды) 1,8-2,3 раза

Травяная лягушка, Rana temporaria L.

Сверху разных оттенков коричневато-бурого цвета с большим числом мелких и крупных темных пятен. Снизу обычно беловатая или желтоватая с темными размытыми пятнами. Европа вплоть до Урала (нет в Крыму и на Кавказе) и южные районы Дальнего Востока (включая Сахалин.

24. Брюхо однотонное, при жизни розоватое, длина голени укладывается в длине тела 1,6-1,8 раза.

Малоазиатская лягушка, Rana macrocnetnis Boul.

Сверху светло-бурая с темными пятнами. Малая Азия, Черноморское побережье Кавказа, Предкавказье.

25. Морда несколько заостренная: расстояние от конца морды до переднего края глаза обычно больше промежутка между темными полосками у переднего края глаза.

26. Брюхо однотонное, у живых розовое или красноватое.

Закавказская лягушка, Rana camerani Boul.

Сверху светло-бурая с темными пятнами и часто со светлой полосой вдоль середины спины. Азербайджан, Армения, Западная Грузия; видимо, южный Дагестан.

27. Брюхо пятнистое; у живых в красных пятнах (у фиксированных – грязно-белое с темными пятнышками).

Сибирская лягушка, Rana chensinensis Dav.

Сверху желтовато-бурая с темными пятнами, обычно ограничивающими светлую полоску вдоль середины спины. Вся Сибирь от Урала до Сахалина, Северо-Восточный Казахстан, Киргизия, Китай.

28. Височного пятна нет (рис. 28, *Б*), у самцов есть наружные резонаторы, видимые как складки кожи в углах рта (рис. 28, *Б, 3*)

29. Внутренний пяточный бугор высокий: укладывается в длине внутреннего пальца задней конечности 1-3 раза. Резонаторы белые.

Прудовая лягушка, Rana esculenta L.

Сверху зеленая или оливково-коричневая с большим или меньшим числом темных пятен. Европейская часть России от Прибалтики до Волги (нет в Крыму и на Кавказе).

30. Внутренний пяточный бугор низкий: укладывается в длине внутреннего пальца задней ноги 2–4,5 раза. Резонаторы серые или почти черные.

Озерная лягушка, Rana ridibunda Pali.

Сверху от зеленого до темно-коричневого с черными или темно-зелеными пятнами. Населяет Среднюю Европу и Малую Азию; от Прибалтики до европейской части России, Киргизии и Казахстана.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные черты, приспособления к наземному образу жизни?
2. Каковы особенности размножения и развития земноводных?
3.Какие составные элементы, кровеностной системы лягушки вы знаете?
4. Какие признаки анамний имеются у земноводных?
5. На какие отряды, делятся класс земноводных?
6. Какие особенности строения и образа жизни характерны для представителей отрядов: хвостатых амфибий, бесхвостых амфибий, безногих амфибий?

Занятие 12. Общая характеристика класса Рептилии Систематика основных отрядов

Цели работы: изучить внешнее и внутреннее строение Пресмыкающихся; изучить методику определения Пресмыкающихся.

Оборудование: а) фиксированные экземпляры змей и черепах; б) таблицы (систематика пресмыкающихся), ручные лупы, измерители, линейки, пинцеты, ванночки, влажные тряпочки.

Амниота – наземные животные. Кожа сухая лишена желез в кожном дыхании не учавствует. Обмен веществ высокий, тазовые почки, выражена грудная клетка. Жаберного дыхания у них нет ни на одной стадии жизни, а при развитии яйца формируются зародышевые оболочки: амниона и серозы, имеют зародышевый мочевой пузырь –аллантоис.

Амниоты 1. Пресмыкающиеся
2. Птицы
3. Млекопитающиеся

Пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие составляют группу высших позвоночных, ведущих наземный образ жизни. Пресмыкающиеся по сравнению с земноводными представляют собой следующий этап приспособления позвоночных животных к жизни на суше. Это первый настоящий класс наземных позвоночных животных. В ходе завоевания суши пресмыкающиеся приобрели ряд адаптации:

Тело пресмыкающихся включает в себя голову туловище, конечности и хвост. Голова слегка сплющена сверху и заострена спереди. Здесь находится большой рот по бокам головы глаза с нижними и верхними веками. Кроме них в переднем углу глаза вид на мигательная перепонка. Наружные ноздри открываются по бокам конца морды. Голова соединена короткой, но довольно подвижной шеей, которая переходит в удлиненное туловище, подвижное благодаря гибкости позвоночника и развитию мышечной системы. Конечности ящериц расположены по бокам туловища. Конечности заканчиваются пятью пальцами с коготками.

Окраска часто покровительственная (средство пассивной защиты от хищников или способ сделаться незаметным для жертвы): от светло-серой и песчаной до черной, обычно с рисунком из полос и пятен.

Кожа пресмыкающихся, в отличие от кожи амфибий, сухая, бедная железами. Эпидермис ороговевший, поэтому тело рептилий покрыто чешуйками и щитками различной величины и формы. Мелкие округлые и ромбовидные чешуйки находятся на шее и спине. На боках тела продольными рядами располагаются более крупные чешуйки, на брюхе – щитки. На хвосте чешуйки расположены так, что придают покровам кольчатый вид.

У всех высших позвоночных – внутреннее оплодотворение. Размножаются они, в основном, на суше, и в эмбриогенезе у них развиваются особые зародышевые оболочки.

Одна из оболочек называется амниотической, и потому высшие позвоночные называются амниотами (в отличие от низших позвоночных, у которых зародышевые оболочки не образуются, и поэтому они называются анамниями). У видов, которые откладывают яйца, кроме зародышевых оболочек образуются яйцевые.

У пресмыкающихся, являющихся первыми наземными животными, ярко выражены все основные черты Amniota: они дышат легкими, у них хорошо оформленные дыхательные пути, механизм дыхания – всасывательного типа (при помощи грудной клетки), кожа без желез, с ороговевшими щитками. По сравнению с нижестоящими животными, у рептилий более прогрессивные скелет и мускулатура (рис.29). Скелет парных конечностей состоит из пояса и скелете свободной конечности. Пояс передних конечностей: парные лопатки, парные ключицы, парные вороньи кости (коракоиды), соединённые с грудиной (что обеспечивает большую прочность плечевого пояса). Пояс задних конечностей: образован сросши мися костями таза. Тазовые кости у пресмыкающихся срослись с двумя позвонками, что укрепило пояс задних конечностей. Свободные конечности аналогичны по строению конечностям амфибий (наземного типа – состоящие из частей и обладающие собственной мышечной массой). У некоторых представителей класса конечности отсутствуют (змеи, безногие ящерицы). Скелет передней конечности: плечо, две кости предплечья (локтевая и лучевая), кости кисти (состоящая из частей: запястье, пясть, фаланги пальцев). Скелет задней конечности: бедро, 2 кости голени (большая и малая берцовые), кости стопы.Благодаря этому они активно двигаются по субстрату в поисках пищи.

Оплодотворение у них внутреннее, развиваются яйцевые и зародышевые оболочки, усилена забота о потомстве. При этом есть и

примитивные черты организации: пойкилотермия, низкий уровень обмена, смешение крови в сердце.

Насчитывается около 7000 видов современных рептилий.

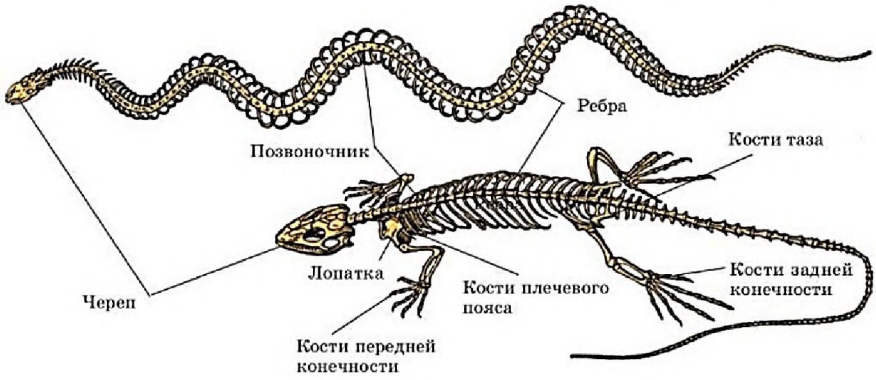


Рис. 29. Схема строения скелета рептилий

Систематическое положение объектов:

1. Подкласс Черепахи (*Chelonia*, или *Testudines*) – слоновая черепаха, степная черепаха, болотная черепаха, аррау, суповая зеленая черепаха, уссурийская мягкокожистая черепаха;

2. Подкласс Архозавры (*Archosauria*);

3. Отряд Крокодилы (*Crocodilia*) – гавиал, нильский Крокодил, китайский аллигатор;

4. Подкласс Лепидозавры (*Lepidosauria);*

5. Отряд Клювоголовые (*Rhynchocephalia*) – гаттерии;

6. Отряд Чешуйчатые (*Squamata*);

7. Подотряд Ящерицы (*Sauria*) – гекконы, агамы, игуаны, вараны;

8. Подотряд Хамелеоны (*Chamaeleontes*) – хамелеоны;

9. Подотряд Змеи (*Ophidia*, или *Serpentas*) – удав, уж, медянка, кобра, полозы, аспид.

Задание 1. Изучить внешнее и внутреннее строение пресмыкающихся

Порядок выполнения:

1. Изучить внешнее строение ящерицы, змеи и черепахи. Отметить у ящерицы: рот, наружные ноздри, глаза, ушные отверстия, группы роговых щитков на голове, клоаку, бедренные поры.

2. Рассмотреть и зарисовать щитки на голове ящерицы (вид сбоку), отметив: межчелюстной, передний и задний носовые, лобноносовой, предлобные, лобные, надглазничные, лобнотеменные, передний скуловой, задний скуловой, верхнересничные, ушной, верхнегубные, подглазничные, центрально-височные, подбородочный, нижнегубные, задневисочные.

3. Изучить внутреннее строение ящерицы и зарисовать общее расположение внутренних органов, отметив: сердце, трахею, легкие, печень, желчный пузырь, пищевод, желудок, поджелудочную железу, двенадцатиперстную, тонкую и толстую кишки, селезенку, почки, мочевой пузырь, половые органы.

4. Зарисовать мочеполовую систему самца и самки ящерицы.

5. Изучить и зарисовать схему артериальной и венозной системы ящерицы, отметив: сердце (желудочек, правое и левое предсердия), легочную артерию, правую и левую дуги аорты, спинную аорту, подвздошные артерии, хвостовую вену, подвздошные вены, брюшную вену, воротную вену печени, почечные вены, заднюю полую вену, печеночную вену, венозную пазуху.

Задание 2. Изучить строение скелета пресмыкающихся

Порядок выполнения:

1. Изучить строение черепа крокодила на методическом плакате.

2. Сравнить особенности строения черепа крокодила, ящерицы, змеи и черепахи.

3. Изучить строение осевого скелета ящерицы. Зарисовать следующие позвонки, отметив их элементы: 1) атлант (верхняя дуга, канал для спинного мозга); 2) эпистрофей (тело позвонка, верхняя дуга, остистый отросток, зубовидный отросток, канал для спинного мозга); 3) грудной (тело позвонка, верхняя дуга, остистый отросток, передние и задние сочленовные отростки).

4. Сравнить особенности строения осевого скелета ящерицы, змеи и черепахи. Изучить строение спинного и брюшного щитов черепахи.

5. Изучить и зарисовать скелет поясов и конечностей ящерицы, отметив их элементы: 1) плечевой пояс и переднюю конечность (лопатка, надлопаточный хрящ, коракоид, прокоракоидный хрящ,

грудина, надгрудинник, ключица, плечевая, локтевая и лучевая кости, запястье, пясть, фаланги пальцев); 2) тазовый пояс и заднюю конечность (подвздошная, седалищная, лобковая, бедренная, большая и малая берцовые кости, коленная чашечка, предплюсна, плюсна, фаланги пальцев).

Контрольные вопросы

1. Каковы основные черты, приспособления к наземному образу жизни рептилий?
2. Какие особенности размножения и развития рептилийвы знаете?
3. Выделите составные элементы, кровеностной сисстемы ящерицы.
4. Какие признаки амниот имеются у пресмыкающихся?
5. На какие отряды, делятся класс пресмыкающихся?
6. Почему пресмыкающиеся способны развиваться без метаморфоза?

Занятие 13. Общая характеристика класса Птицы. Систематика основных отрядов

Цели занятия: изучить внешнее и внутреннее строение голубя; изучить методику определения птиц.

Оборудование: тушки птиц, таблицы (названия участков перения и частей тела птицы, схема измерения частей тела птицы, схема скелета крыла и расположения маховых перьев, систематика птиц), шангенциркули, измерители, линейки.

Птицы являются прогрессивной специализированной ветвью рептилий, приспособившихся к полету (рис. 30).

К прогрессивным чертам организации птиц можно отнести следующие:

1) более высокий уровень развития нервной системы и более разнообразное приспособительное поведение;

2) высокая и постоянная температура тела, связанная с возрастающей интенсивностью обмена веществ и более совершенной терморегуляцией;

3) способность к полету в сочетании с возможностью лазать или передвигаться по твердому субстрату;

4) более совершенное размножение, органы размножения птиц семенники и яичники, а также их протоки. У большинства птиц внутреннее оплодотворение достигается путем сближения отверстий клоак. Птицы, как и пресмыкающиеся, – яйцекладущие животные, но с особенно развитой заботой о потомстве. Среди птиц совершенно нет яйцеживородящих и живородящих видов. Яйца птиц относительно крупные. Строение яйца является уникальным, максимально приспособленным для сохранения и развития живого организма (рис. 31).

Внутри яйца на поверхности желтка расположена бластодерма (в неоплодотворенном яйце – бластодиск), из которой при благоприятных условиях развивается зародыш. Бластодерма тесно связана с желтком, из которого развивающийся зародыш получает основную массу питательных веществ. Желток окружает эластичный белок, имеющий полужидкую консистенцию и хорошо смягчающий удары. Белок изолирует желток от соприкосновения со скорлупой и так же, как и желток, поставляет развивающемуся организму питательные вещества.

5) насиживание яиц, их обогрев, охрана и выкармливание птенцов.

В связи с этими особенностями птицы расселились по всей Земле. Насчитывают около 8000 видов птиц, объединенных в 35-40 отрядов.

Морфологически птицы характеризуются тем, что:

а) их тело покрыто перьями;

б) передние конечности превращены в крылья;

в) кости пневматические;

г) череп с одним затылочным мыщелком;

д) сердце 4-х камерное с одной правой дугой аорты;

е) зубов нет – они замещены роговым клювом.

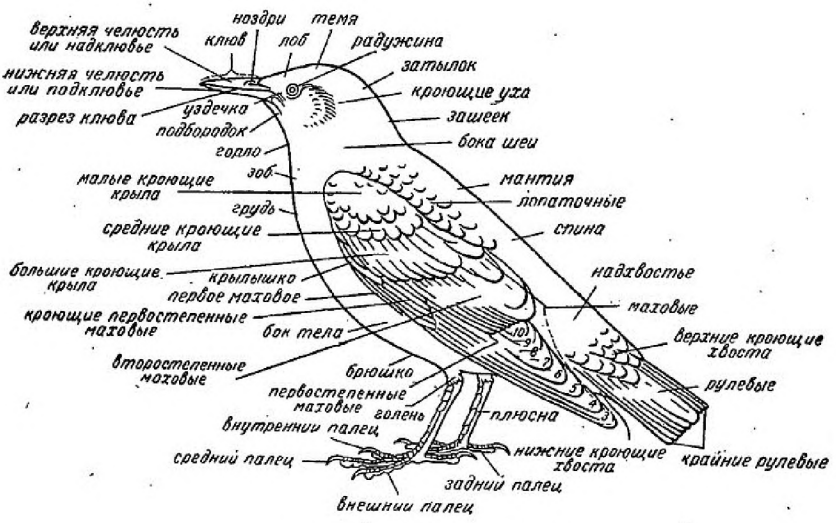


Рис. 30. Схема строения птицы

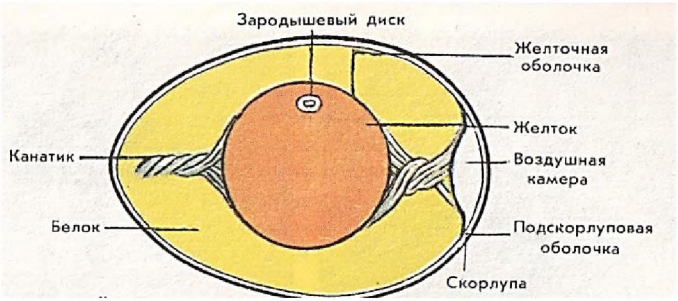


Рис. 31. Схема строения яйца птицы в разрезе

Систематическое положение объектов:

Подкласс: 1. Ящерохвостые (археоптерикс);
2. Веерохвостые;

Надотряд: 1. Зубатые (ихтиорнис, гесперорнис);
2. Бескилевые;
3. Пингвины;
4. Килевые.

1. Надотряд: Плавающие (*Impennes*) –пингвины;
2. Надотряд Бескилевые (*Ratitae);*
3. Отряд Страусообразные (*Struthioniformes);*
4. Отряд Нандуобразные (*Rheiformes*);
5. Отряд Кивиобразные (*Apterygiformes*);
6. Надотряд Килевые (*Carinatae);*
7. Отряд Курообразные (*Galliformes*) –фазан, перепел, куропатка, тетерев, рябчик;
8. Отряд Голубеобразные (*Columbiformes*) –сизый голубь, горлица, вяхирь, клинтух;
9. Отряд Журавлеобразные (*Gruiformes*) –журавль красавка, серый журавль, стерх;
10. Отряд Кулики (*Charadriiformes*) –чибис, кроншнеп, ржанка, бекасы, вальдшнеп;
11. Отряд Гусеобразные (*Anseriformes*) –лебеди, утки, нырок, гага, чирки;
12. Отряд Голенастые, или Аистообразные (*Ciconiiformes*) – аист;
13. Отряд Соколообразные, или Дневные хищные птицы (*Falconiformes*)- грифы, сокол, пустельга, кобчик, ястреб, лунь, орлы, коршун;
14. Отряд Совообразные (*Strigiformes*) –сова, филин, сычи, неясыть, козодой;
15. Отряд Кукушкообразные (*Cuculiformes*) –ястребиновая к., пятнистая кукушка, обыкновенная кукушка;
16. Отряд Ракшеобразные (*Coraciiformes*) –зимородки, щурки, удоды, ракши;
17. Отряд Дятлообразные (*Piciformes*) –туканы, большой пестрый, черный дятел;

18. Отряд Воробьинообразные (*Passeriformes*) –жаворонки, дрозды, мухоловки, скворцы, синицы, вьюрки, поползни, ткачики.

Задание 1. Изучить внешнее и внутреннее строение голубя.

Порядок выполнения:

1. Изучить и зарисовать схему артериальной и венозной системы птицы, отметив: сердце (два предсердия, два желудочка), правую дугу аорты, безымянные артерии, общие сонные артерии, внутренние и наружные сонные артерии, подключичные артерии, грудные артерии, спинную аорту, кишечную артерию, почечные артерии, бедренные артерии, седалищные артерии,подвздошные артерии, хвостовую артерию, легочные артерии, яремные вены, плечевые вены, грудные вены, передние полые вены, легочные вены, хвостовую вену, воротные вены почек, почечные вены, бедренные вены, подвздошные вены, заднюю полую вену, копчиково-брыжеечную вену, воротную вену печени, печеночные вены.

2. Изучить по таблицам и препаратам строение черепа птицы, рассмотреть элементы черепа по отделам. Зарисовать череп (вид сбоку и снизу).

3. Изучить строение осевого скелета голубя. Зарисовать строение среднего шейного позвонка, отметив: тело позвонка, верхнюю дугу, остистый отросток, передние и задние сочленовные отростки, поперечные отростки, шейные ребра, позвоночные отверстия.

4. Изучить и зарисовать плечевой пояс и скелет передней конечности, отметив: коракоид, ключицу, лопатку, плечевую кость, локтевую кость, лучевую кость, пряжку, самостоятельные косточки запястья, фаланги пальцев.

5. Изучить и зарисовать тазовый пояс и скелет задней конечности, отметив: подвздошную кость, лобковую кость, седалищную кость, бедренную кость, голенопредплюсну, малую берцовую кость, цевку, фаланги пальцев.

Задание 2. Изучить систематику и методику определения птиц.

Порядок выполнения:

1. Изучить по рисункам обозначения участков оперения и схемы измерения частей тела птицы.

2 Определить 10-15 видов птиц, указать их систематическое положение: отряд, подотряд, семейство, род, вид.

3. Для определения видовой принадлежности нужно необходимо использовать определитель птиц.

Контрольные вопросы

1. Какие черты приспособления к наземно-воздушной среде обитания, характерны для внешнего строения птиц?
2. Чем вызванна необходимость, двойного дыхания у птиц?
3. Какая особенность размножения, появилось у птиц в связи с гоймотермностью?
4. Какие системы упростились у птиц, в связи с полетом?
5. Дайте характеристику, основным отрядам птиц, которые приспособились к полету, а какие нет.

Занятие 14. Общая характеристика Класса Млекопитающие. Систематика основных отрядов, особенности их строения

Цели занятия: изучение внешнего и внутренего строения млекопитающих; изучение систематического определения млекопитающих.

Оборудование: экспонаты скелетов (тигра, морского котика, обезьяны, кролика, кошки), позвонки из разных отделов позвоночника, черепа (кролика, собаки, лошади, козла), таблицы (скелет собаки, позвонки из разных отделов позвоночника, череп, скелет поясов и конечностей), штамп черепа.

Млекопитающие – это наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных. Млекопитающие произошли от зверозубых рептилий, размеры варьируются от 3,5 см у карликовой белозубки до 33 м у синего кита (собственно, масса тела от 1,5 г до 120 т).

Представители класса достигли в процессе эволюции наиболее прогрессивного развития и распространены почти повсеместно, за исключением Антарктиды. Они заселяют самые разнообразные среды жизни, включая поверхность суши, почву, морские и пресные водоемы, приземные слои атмосферы.

Ведя свое происхождение от звероподобных пресмыкающихся верхнего карбона, млекопитающие достигли расцвета в кайнозойскую эру. Внешний облик млекопитающих разнообразен. Он зависит от условий среды обитания и образа жизни. Наиболее распространен тип наземных четвероногих зверей, у которых ноги высокие, располагающиеся под туловищем, а не по бокам, как у пресмыкающихся. Локтевой сустав направлен назад, а коленный вперед (рис. 32).

Шейный отдел хорошо развит, а хвостовой, наоборот, представляет лишь небольшой придаток тела. У обитателей почвы туловище вытянутое, шейный отдел очень короткий и снаружи обычно незаметен. Хвост и конечности сильно укорочены. Водные звери имеют рыбообразную форму тела и конечности, видоизмененные в ласты или в плавники.

Тело млекопитающих, несмотря на различия во внешнем виде представителей разных жизненных сред, состоит из одних и тех же отделов, включая голову, шею, туловище с двумя парами конечностей, хвост. На голове помещаются: ротовое отверстие, губы, глаза,

веки, наружные уши, ноздри. Форма головы зависит в основном от типа питания и способа добычи пищи. Ротовая щель относительно широкая и окружена мясистыми губами (отсутствуют у взрослых клоачных).

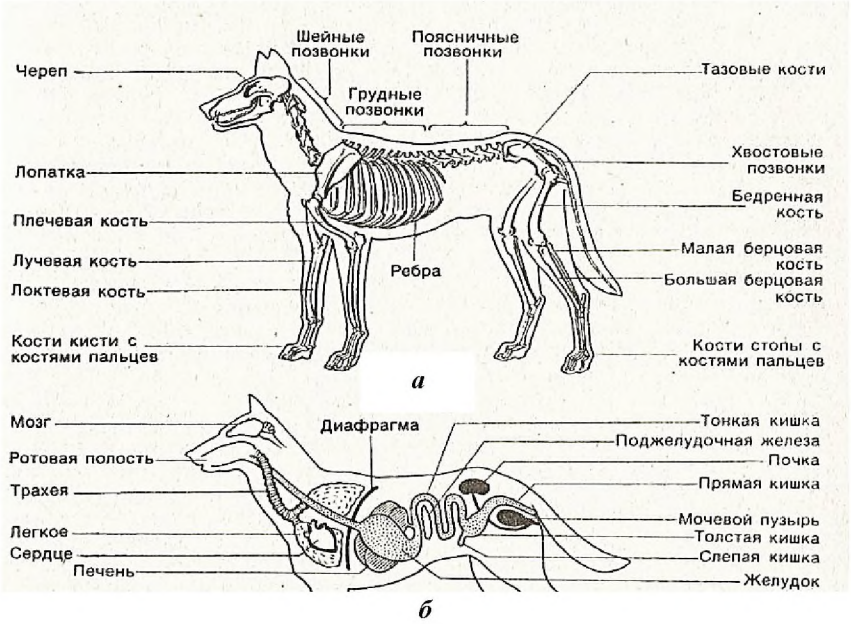


Рис. 32. Схема строения собаки:
а – скелет и системы пищеварения; б – выделения, кровеносная и дыхания

Благодаря специализированной мускулатуре, губные складки подвижны и выполняют у многих зверей (особенно травоядных) функцию активного захвата пищи. Помимо этого они играют роль органа осязания и приспособлены для сосания молока детёнышами. Осязательную функцию выполняют и длинные упругие волосы – вибриссы, расположенные на голове (в области губ, глаз и ушей). Срастание верхней губы с носовым отделом у ряда видов образует хобот (слоны, тапиры, самцы морского слона, многие виды насекомоядных) или рыло (свиньи). Наружные ноздри имеют вид косых щелей, расположенных на переднем участке морды, лишённом волос и постоянно влажном. Ноздри ведут в носовые ходы, связанные с функциями дыхания и обоняния. Кроме того, слизистая носа, как

и рта, принимает активное участие в системе терморегуляции зверей– вместе с выделяемой жидкостью идёт сброс избытка тепла. Это особенно важно, поскольку плотный меховой покров затрудняет потерю тепла через поверхность тела.

Глаза у большинства видов млекопитающих расположены по бокам головы, снабжены подвижными веками и ресницами. Третье веко (мигательная перепонка) редуцировано и в виде небольшой складки залегает во внутреннем углу глаза. Глаза приматов, особенно высших, сближены, находятся на лицевом диске, что значительно увеличи вает бинокулярное зрение. Позади глаз видны ушные раковины, основу которых составляют эластичные хрящи, более развитые у наземных видов. У водных и подземных млекопитающих они находятся в редуцированном виде.

Главные прогрессивные черты млекопитающих следующие:

1. высокоразвитая Центральная Нервная Система, в первую очередь – кора полушарий большого мозга (в связи с этим у млекопитающих более сложные и совершенные реакции приспособления к окружающей среде);

2. живорождение и выкармливание детенышей продуктом материнского организма – молоком (это позволяет млекопитающим приносить потомство при крайне разнообразных условиях жизни);

3. высокоразвитая терморегуляция, обусловившая относительно постоянную температуру тела (химическая терморегуляция происходит во время теплообразования при окислительных процессах, физическая – во время теплоотдачи путем изменения кожного кровоснабжения и испарения воды при отделении пота и дыхании).

Гомойотермия (постоянство температуры тела) свойственна не всем млекопитающим. У низших млекопитающих и у мелких плацентарных зверей температура тела меняется в значительных пределах в зависимости от температуры среды. У этих животных менее развит механизм терморегуляции. Очень большую роль в регуляции теплоотдачи имеет шерстный покров, подкожный жировой слой.

Вышеназванные особенности позволили млекопитающим расселиться всюду, кроме широты географического расселения, они населяют разные жизненные среды: есть летающие, полуводные, водные и почвенные звери. Общее число видов современных млекопитающих составляет около 4500 видов признаки:

- тело покрыто шерстью;
- кожа богата железами;
- имеются производные кожи – молочные железы;
- череп сочленяется с позвоночником двумя затылочными мыщелками;
- нижняя челюсть состоит только из зубной кости;
- квадратная и сочленовая кости превращаются в слуховые косточки и располагаются в полости среднего уха;
- зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные, сидят в альвеолах;
- особенность расположения нижних конечностей в отличие от рептилий;
- сердце 4-х камерное, сохраняется одна левая дуга аорты;
- эритроциты безъядерны.

Систематическое положение объектов:

Подкласс 1. Первозвери или Яйцекладущие;
2. Настоящие звери.

Инфракласс 1. Низшие звери;
2. Высшие звери или плацентарные.

I. Класс Млекопитающие / Звери *(Mammalia / Theria)*.

1. Подкласс Клоачные, или Первозвери (Prototheria) – утконос, ехидна;
2. Подкласс Живородящие млекопитающие, или Настоящие звери (*Theria)*;
3. Инфракласс Сумчатые, или Низшие звери (*Metatheria*) – кенгуру;

II. Инфракласс Высшие звери, или Плацентарные (*Eutheria,* **или** *Placentalia*).

1. Отряд Насекомоядные (*Insectivora*) – кроты, землеройки;
2. Отряд Шерстокрылые (*Dermoptera*) – кагуан;
3. Отряд Рукокрылые (*Chiroptera*) – летучие мыши, крыланы, ушаны;
4. Отряд Неполнозубые (*Edentata*) – ленивцы, броненосцы, муравьеды;
5. Отряд Зайцеобразные (*Lagomorpha*) – зайцы, кролики, пищухи;

6. Отряд Грызуны (*Rodentia*) – крысы, мыши, суслики, белки, бурундуки, бобры;

7. Отряд Хищные (*Carnivora*) – тюлени, котики, морские львы, моржи;

8. Отряд Китообразные (*Cetacea*) – дельфины, киты, кашалоты;

9. Отряд Хоботные (*Proboscidea*) – индийский слон, африканский слон;

10. Отряд Сирены (*Sirenia*) – ламантины, стеллерова корова;

11.Отряд Непарнокопытные (*Perissodactyla*) – лошади, носороги, тапиры;

12. Отряд Мозоленогие (*Tylopoda*) – верблюды, лама, альпака;

13. Отряд Парнокопытные (*Artiodactyla);*

14. Подотряд Нежвачные (*Nonruminantia*, или *Suiformes*) – свиньи, бегемоты;

15. Подотряд Жвачные (*Ruminantia*) – олени, антилопы, жирафы, быки, козлы, бараны;

16. Отряд Приматы *(Primates*);

17. Подотряд Полуобезьяны (*Prosimiae*) – лемуры, долгопяты;

18. Подотряд Обезьяны (*Anthropoidea / Simia*) – павианы, шимпанзе, горилла, человек.

Подкласс яйцекладущие, или Первозвери

Древняя группа примитивных млекопитающих, населяющих Австралию, Новую Гвинею и Тасманию.

Размножаются, откладывая яйца, однако свыше половины периода развития зародыша проходит в половых путях самки.

Отложенные яйца содержат уже достаточно развитый эмбрион и можно говорить не только о яйцекладности, но и незавершённом живорождении.

Яйца вынашиваются в специальной сумке (ехидны) или высиживаются в гнезде (утконос).

Имеют клоаку, в которую впадают кишечник и мочеполовое отверстие.

Кора полушарий головного мозга развита слабо.

Сосков нет; примитивные трубчатые молочные железы открываются наружу многочисленными отверстиями.

Теплокровны, однако при температуре воздуха ниже 26 °С их собственная температура тела понижается.

Яйцекладущие – боковая ветвь, рано отделившаяся от основного ствола родословного древа млекопитающих.

Подкласс Плацентарные, или Высшие звери.

Инфракласс Сумчатые

Живорождение. На животе кожная складка для вынашивания потомства – сумка, в которую выходят соски молочных желез.

Настоящая плацента отсутствует (исключение – сумчатые барсуки).

Детёныши рождаются недоразвитыми, длиной до 3 см и сразу после рождения помещаются в сумку. Головной мозг примитивнее других млекопитающих.

По разнообразию адаптаций сумчатые не уступают плацентарным. Среди них имеются лазающие, прыгающие, бегающие, роющие и даже летающие (планирующие) формы. Питаются животной и растительной пищей; многие всеядны.

Многие сумчатые (сумчатый волк, сумчатая летяга, сумчатый тушканчик) внешним видом напоминают плацентарных млекопитающих; это типичный пример конвергенции.

Наиболее примитивные из этих животных – опоссумы; в меловом периоде от них произошли все остальные семейства.

Постепенно сумчатые, обитавшие первоначально в Северной Америке, заполнили весь земной шар, однако в Европе и других материках Старого света они вымерли в миоцене. В настоящее время сумчатые обитают в Австралии, Новой Гвинее и Америке.

Инфракласс Плацентарные.

Подкласс плацентарных объединяет большинство современных видов млекопитающих, которые широко расселились по земному шару и приспособились к обитанию в самых разнообразных условиях. Основной отличительной чертой этих животных является наличие плаценты, через которую питательные вещества и кислород поступают в организм зародыша из тела матери.

Из других важнейших типичных признаков плацентарных необходимо отметить сильное развитие переднего мозга, полушария которого связаны мозолистым телом, а также наличие всегда непарного влагалища. Для большинства видов свойственна молочная и постоянная генерация зубов (кроме истинных коренных).

Подкласс высшие звери характеристика отрядов.

Отряд Насекомоядные.

Наиболее древняя и примитивная группа плацентарных млекопитающих. Ведут наземный, подземный или полуводный, преимущественно ночной образ жизни. Небольшие (от 3 до 40 см) зверьки с удлинённой головой. Тело покрыто густой шерстью или щетиной, у ежей – иглами. Зубная система слабо дифференцированная, резцы, клыки и коренные зубы практически не отличаются друг от друга. Головной мозг развит плохо (за исключением обонятельного отдела), извилин нет.

Отряд Рукокрылые.

Процветающий отряд млекопитающих, по численности уступающий только грызунам. Ведут ночной образ жизни; живут, в основном, колониями. Передние конечности превращены вкрылья; на удлинённых предплечье и фалангах пальцев, как на каркасе, растянута кожистая летательная перепонка. Другим концом она крепится к боковой стороне тела и хвосту. На грудине, как у птиц, имеется киль. Ушные раковины достигают огромных размеров; многие из летучих мышей ориентируются в полёте с помощью эхолокации. Два подотряда: крыланы и летучие мыши; свыше 900 видов по всему земному шару кроме Арктики и Антарктики.

Отряд Зайцеобразные.

Две пары резцов в верхней челюсти. Травоядные. Ведут очень подвижный образ жизни. Зайцеобразные обитают в лесах, кустарниках и открытых равнинах Старого и большей части Нового света. В Австралию и Новую Зеландию их завезли люди; там по причине отсутствия естественных врагов эти животные стали настоящим бедствием.

Отряд Грызуны.

Развитые изогнутые резцы растут в течение всей жизни и самозатачиваются. Клыков нет, а между резцами и коренными зубами имеется большой промежуток. Большинство мелкие животные (исключение, водосвинка может достигать в длину 1 м). Очень плодовиты. Наиболее богатый видами отряд млекопитающих.

Около 2000 видов разделены на три подотряда: Белкообразные, Дикобразообразные, Мышеобразные.

Многие виды – серьёзные вредители сельского и лесного хозяйства.

Отряд Китообразные.

Обитают в воде. Веретеновидное обтекаемое тело, лишённое волос, переходит в сжатый с боков хвост с двухлопастным плавником. Передние конечности превратились в плавники; задние конечности исчезли совсем. Губчатый скелет и толстый слой жира обеспечивают плавучесть в воде. Ноздри снабжены клапанами, наружного уха нет. Киты могут подолгу (до 1,5 часов) нырять на глубину (кашалоты – до 1,2 км). Это возможно благодаря пониженной чувствительности дыхательного центра к содержанию углекислого газа в крови, повышенному содержанию миоглобина и резервам кислорода в капиллярной сети, а также резкому понижению скорости физиологических процессов при нырянии. Детёныши рождаются в воде. Молоко в десять раз жирнее коровьего. Киты живут 30–50 лет. Из органов чувств у китов лучше всего развит слух, они ориентируются в воде при помощи эхолокации. Звуковые сигналы используются также для передачи информации друг другу. Развиты вкус и осязание, зрение имеет незначительную роль, а обоняние утрачено. Китообразные, особенно дельфины, обладают высокоразвитым головным мозгом, имеют исключительные способности к дрессировке.

Современные китообразные разделяются на два подотряда:

- зубатые киты – хищники, питающиеся рыбой и головоногими моллюсками;

- усатые киты процеживают воду с планктоном через своеобразное «сито» – китовый ус, состоящий из роговых пластин.

Отряд Хищные.

Хищники. Хорошо развиты клыки, несколько коренных зубов приспособлены для разрывания мяса. Хорошо развиты когти. В отряде 280 видов, объединяемых в два подотряда, 10 семейств: Собачьи, Медвежьи, Енотовые, Куньи, Виверровые, Гиеновые, Кошачьи, Нандиниевые, Мангустовые, Скунсовые, Пандовые.

Отряд Ластоногие.

Водные млекопитающие. Питаются рыбой и морскими беспозвоночными. Веретенообразное тело, покрытое коротким волосом. Конечности превращёны в ласты. Слой жира толщиной до 8 см.Когда ластоногие находятся в воде, их ноздри открываются лишь в момент вдоха и выдоха, а в остальное время плотно закрыты. Ластоногие обладают развитым головным мозгом, хорошо поддаются дрессировке. Они ощущают запахи, хорошо видят и слышат в воде.

Большинство – стадные животные. Отряд ластоногих насчитывает 32 вида объединяющихся в 3 семейства.

Отряд Хоботные.

Крупные растительноядные животные высотой до 3,5 м с массивным туловищем. Толстая кожа покрыта редкими волосами. Верхняя губа и нос срослись вместе и образуют хобот, служащий одновременно хватательным органом, органом обоняния, осязания. Пара сильно развитых резцов превратилась в бивни. Живут стадами.

Отряд Непарнокопытные.

Крупные животные. Нечётное количество пальцев на конечностях. Третий палец развит лучше других и несёт основную тяжесть тела. Желудок простой. В настоящее время отряд представлен тремя семействами: лошадиные, носороговые и тапировые; около 20 видов в Африке, Южной Азии и Америке.

Отряд Мозоленогие.

Крупные двупалые высоконогие животные высотой до 2 м.Подошвы ног покрыты мозолистыми утолщениями. Растиельноядные. Семейство верблюдовых включает 4 вида в Монголии и Южной Америке. Верблюды и ламы одомашнены и распространились по всей Передней и Средней Азии, Северной Африке и горным районам Южной Америки, дают мясо, шерсть и молоко, используются как тягловая сила. Верблюды до сих пор являются основой жизни народов Сахары.

Отряд Парнокопытные.

Чётное количество пальцев, одетых копытами. Ключицы отсутствуют. Растительноядны. Подотряд Нежвачные: бегемотовые, свиные и пекариевые. Подотряд Жвачные: оленьковые, оленевые (плотнорогие), вилорогие, полорогие и жирафовые; более 200 видов. Отличаются сложным строением желудка; у большинства из них на голове имеются рога. К парнокопытным относится большинство сельскохозяйственных животных: коровы, буйволы, яки, овцы, козы, свиньи.

Отряд Приматы.

Пятипалые конечности развиты хорошо, у многих видов большой палец противопоставляется остальным. На концевых фалангах пальцев имеются ногти. Головной мозг у высших обезьян развит очень хорошо, имеются многочисленные борозды и извилины. В связи с приспособленностью к жизни на деревьях из органов чувств

лучше всего развиты зрение (у обезьян – цветное бинокулярное) и слух. Обоняние ослаблено. Два подотряда: полуобезьяны и обезьяны.

Задание 1. Изучить внешнее и внутреннее строение млекопитающих.

Порядок выполнения:

1. Изучить и зарисовать строение кожи млекопитающего, отметив: эпидермис, ороговевшие слои эпидермиса, дерму (кориум), волос, потовую железу, сальную железу.

2. Изучить производные кожи: а) зарисовать строение волоса (на продольном разрезе), отметив: стержень, корень, луковицу, волосяной сосочек, волосяную сумку, кутикулу (кожицу), корковое вещество, сердцевину; б) рассмотреть и зарисовать строение когтя (ногтя, копыта), отметив: подушечку пальца, подошвенную пластинку, когтевую пластинку, когтевой валик, конечную фалангу; в) рассмотреть и зарисовать рога полые и сплошные.

3. Изучить и зарисовать строение артериальной и венозной системы млекопитающего, отметив: сердце (предсердия, желудочки), левую дугу аорты, безымянные артерии, сонные артерии, подключичные артерии, спинную аорту, мочеполовые артерии, подвздошные артерии, хвостовую артерию, яремные вены, подключичные вены, передние полые вены, непарные вены, воротную вену печени, воротную систему печени, печеночную вену, заднюю полую вену, легочные артерии, легочные вены.

Задание 2. Изучить систематику и определение млекопитающих.

Порядок выполнения:

1. Изучить схему основных промеров тела и черепа млекопитающего.

2. Изучить строение зубной системы у представителей насекомоядных и хищных млекопитающих.

3. Определить 5-7 видов насекомоядных и 4-6 видов хищных млекопитающих, указать их систематическое положение: подкласс, отряд, семейство, род, вид. Записать зубную формулу для одного представителя каждого семейства.

4. Изучить строение зубной системы у представителей зайцеобразных и грызунов.

5.Определить 1-2 вида зайцеобразных и 10-12 видов грызунов, указать их систематическое положение: подкласс, отряд, семейство (подсемейство), род, вид. Записать зубную формулу для одного представителя каждого семейства.

6. Сделать заключение по млекопитающим.

Контрольные вопросы

1. Каким образом у млекопитающих осуществляется терморегуляция?
2. На какие подклассы делится класс млекопитающих?
3.Какова характеристика, строения пищеварительной системы и ее характер питания?
4.Какова особенность развития головнога мозга и за счет каких систем, млекопитающие приспособились к абиотическим условиям?
5.Какие, основные особенности, размножения и развития млекопитающих?

Рекомендуемая литература

1. Зоология (Зоология позвоночных) : учебно-методическое пособие : в 2 частях / В. В. Алпатов, А. М. Коновалов, И. Г. Лебедев [и др.] ; под редакцией Н. С. Горянской. – Москва : МГАВМиБ им. К. И. Скрябина, 2022. – Часть 2. – 2022. – 52 с.

2. Тюкина, О. С. Зоология позвоночных : учебное пособие : в 3 частях / О. С. Тюкина, П. П. Кравец. – Мурманск : МГТУ, 2018 – Часть 2 : Амфибии и рептилии – 2018. – 108 с.

3. Зоология (Зоология беспозвоночных) : учебно-методическое пособие : в 2 частях / В. В. Алпатов, А. М. Коновалов, И. Г. Лебедев [и др.] ; под редакцией Н. С. Горянской. – Москва : МГАВМиБ им. К. И. Скрябина, 2022. – Часть 1. – 2022. – 80 с.

Оглавление

Предисловие 3

Занятие 1. Зоология беспозвоночных, зоология как наука о животных 4

Занятие 2. Подцарство Одноклеточные. Тип простейшие 13

Занятие 3. Подцарство многоклеточные (Metazoa) 23

Занятие 4. Двухслойные животные 27

Занятие 5. Гельминтология 34

Занятие 6. Тип Членистоногие основных классы, Ракообразные, Паукообразные и их общая характеристика 42

Занятие 7. Систематика основных отрядов Насекомых 49

Занятие 8.Тип Моллюски основные отряды их особенности строения 53

Занятие 9. Тип Хордовые. Низшие хордовые. Подтип позвоночные. 62

Занятие 10. Систематика основных отрядов Хрящевых и Костных рыб 68

Занятие 11. Общая характеристика класса Земноводные, систематика основных отрядов Земноводных 75

Занятие 12. Общая характеристика класса Рептилии.Систематика основных отрядов 85

Занятие 13. Общая характеристика класса Птицы.Систематика основных отрядов 90

Занятие 14. Общая характеристика Класса Млекопитающие. Систематика основных отрядов их особенности строения 95

Рекомендуемая литература 106

Учебное издание

Зайцева Лилия Михайловна

З О О Л О Г И Я

Практикум

Подписано в печать 27.09.2023. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 6,28; печ. л. 6,75.
Тираж 300. Заказ № 234.

Отпечатано с готового оригинал-макета.
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ.
446442, Самарская обл., пос. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.
E-mail: ssaariz@mail.ru.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных
животных»

В.В. Зайцев
Л.М. Зайцева

Производственная и преддипломная практики

КИНЕЛЬ
ИБЦ Самарского ГАУ
2026

УДК 590 (07)
ББК 28.6 Р

З – 17 Зайцев В.В. Производственная практика: методические рекомендации /В.В. Зайцев, Л.М. Зайцева – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2026
. - 37 с.

.

Учебное издание содержит указания по организации производственной практики: практики по профилю профессиональной деятельности и по преддипломной практике, в том числе научно-исследовательской работе; рекомендации по формулированию целей и задач практики, предложены варианты выбора места практики, представлены рекомендуемые разделы отчета о производственной практике. Методические рекомендации по организации производственной практики, предназначены для обучающихся по направлению подготовки – 06.03.01 Биология, профиль – биоэкология (уровень бакалавриата) факультета БиВМ Самарского государственного аграрного университета.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2026
© Зайцев В.В., Зайцева Л.М. 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издание является методическим обеспечением производственных практик студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология (уровень бакалавриата).

Практика обучающихся образовательных учреждений высшего образования является составной частью основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО), включает в себя производственную практику, которая подразделяется на практику по профилю профессиональной деятельности и преддипломную практику.

Цель методических указаний – способствовать закреплению основ теоретического обучения и практических навыков, полученных при выполнении практических и лабораторных работ, предшествующим производственным практикам; подготовка студентов к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению исследований в рамках выпускной квалификационной работы. Учебное издание содержит указания по организации производственной практики, рекомендации по формулированию целей и задач практики, предложены варианты выбора места практики, представлены рекомендуемые разделы отчета о практике.

Данные методические рекомендации позволяют обучающимся получить основные сведения о цели и задачах производственной практики. В них подробно раскрыта информация об организационных моментах, сроках проведения и этапах.

Приведена структура отчета о практике с подробным описанием его разделов, требований к оформлению, а так же сроков сдачи и защиты отчетов.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКИ

В соответствии с Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. № 920 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 06.03.01 Биология» обязательными типами производственной практики являются практика по профилю профессиональной деятельности и преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа.

Целью производственной практики: практики по профилю профессиональной деятельности и преддипломной практики (в том числе научно-исследовательская работа) является осуществление ознакомления студентов с основами деятельности по направлению 06.03.01 Биология (уровень бакалавриата), формирование базовых практических профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, приобретение первоначального профессионального опыта у обучающихся.

В соответствии с требованиями Устава ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» и СМК 04-88-2021 «Положение о практической подготовке обучающихся» - обучающиеся на практике должен решать следующие задачи:

- знакомство с основами бедующей профессиональной деятельности, а также получение сведений о специфике направления подготовки высшего профессионального образования в приложении к конкретному профилю обучения;
- систематизация, закрепление практических профессиональных навыков и применение знаний при решении практических комплексных задач, связанных с будущей работой выпускников в профильных структурах и организациях;
- формирование и развитие способностей научно-исследовательской работы, в т.ч. умения получения, анализа, систематизации и оформления научных знаний;
- выявление степени подготовленности выпускника к самостоятельной работе с учетом достижений науки и техники;
- подготовка выпускника к дальнейшей профессиональной деятельности в зависимости от направления подготовки.

Бакалавр по направлению подготовки 06.03.01Биология на практике может участвовать профессиональной деятельности следующих типов:

- научно-исследовательский;
- педагогический;
- проектный;
- организационно-управленческий.

Вид, тип, способ и форма проведения практики

Вид практики: производственная практика

Тип практики: практика по профилю профессиональной деятельности и преддипломная практика (в том числе научно-исследовательская работа)

Форма проведения практики

- непрерывно – путем проведения в календарном учебном графике непрерывного периода учебного времени;

- дискретно;

- по видам практик – путем выделения в календарном учебном графике непрерывного периода учебного времени для проведения каждого вида (совокупности видов) практик;

- по периодам проведения практик – путем чередования в календарном учебном графике периодов учебного времени для проведения практик с периодами учебного времени для проведения теоретических занятий.

Способы проведения практики

- стационарная – проводится в университете (структурном подразделении) либо в профильной организации, расположенной в г.о. Кинель или в г. Самара.

- выездной – практика которая проводится вне г.о. Кинель или г. Самара. Выездная производственная практика может проводится в полевой форме в случае необходимости создания специальных условий для ее проведения.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИКИ

2.1 Общие сведения

Сроки проведения практик устанавливаются деканатом на основании учебного плана, а так же годового календарного учебного графика с учетом теоретической подготовки

обучающихся, возможностей учебно-производственной базы практической подготовки и согласуются учебно-методическим управлением. Изменение сроков практик осуществляется по решению ученого совета университета путем внесения изменений в ОПОП.

Практическая подготовка обучающихся может быть организована:

- непосредственно в университете, в том числе в структурном подразделении ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, предназначенном и имеющим необходимые ресурсы для проведения практической подготовки по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»;

- в организации, осуществляющей деятельность по профилю соответствующей образовательной программы (далее – профильная организация), в том числе в структурном подразделении профильной организации, предназначенном для проведения практической подготовки, на основании договора, заключаемого между университетом и профильной организацией.

Базами прохождения практик являются: научно-исследовательские лаборатории университета, ветеринарные лаборатории разного уровня подчинения, промышленные лаборатории, лаборатории животноводческих комплексов, научно-исследовательские и научно-производственные учреждения Министерства сельского хозяйства РФ, а так же зоологические парки, особо охраняемые природные территории, предприятия и учреждения, располагающиеся на территории г. Самара и Самарской области.

Обучающиеся, совмещающие обучение с трудовой деятельностью, вправе проходить практику по месту трудовой деятельности в случаях если профессиональная деятельность, осуществляемая ими, соответствует требованиям образовательной программы к проведению практики.

При организации практической подготовки профильные организации создают условия для реализации компонентов образовательной программы, предоставляют оборудование и технические средства обучения в объеме, позволяющим выполнить определенные виды работ, связанные с профессиональной деятельностью практиканта.

При организации практической подготовки обучающиеся и

сотрудники университета обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка профильной организации (в структурном подразделении университета, в котором организуется практическая подготовка), требования охраны труда и техники безопасности.

При наличии в профильной организации или университете (структурном подразделении – в случае прохождения практической подготовки на базе университета) – вакантной должности, которая соответствует требованиям практической подготовки, с обучающимся может быть заключен срочный трудовой договор о замещении такой должности.

Практическая подготовка обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов организуется с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Форма контроля производственной практики – дифференцированный зачет. Оценка по практике приравнивается к оценкам по теоретическому обучению и учитывается при подведении итогов общей успеваемости.

По окончании прохождения производственной практики обучающийся сдает руководителю практической подготовки от университета письменный отчет, подписанный непосредственным руководителем практической подготовки от предприятия, учреждения или организации, содержащий сведения о конкретно выполненной работе в период практики, дневник с указанием дат и наименованием выполняемых работ.

По окончании практики обучающийся не позднее одного месяца с начала учебного семестра следующего за практикой, защищает свой отчет комиссии, назначенной заведующим кафедрой. В состав комиссии входят заведующий кафедрой, руководитель практической подготовки от университета.

2.2. Распределение обязанностей при проведении производственной практики

Обязанности руководителя практической подготовки в виде практики от университета

- устанавливает связь с руководителями практической подготовки от предприятия (учреждения, организации) и совместно с ними составляет рабочий график (план) проведения практики;

- разрабатывает индивидуальные задания для обучающихся, выполняемые в период прохождения практики;

- участвует в распределении и направлении обучающихся по рабочим местам и видам работ в организации;

- готовит представление в деканат факультета для проекта приказа;

- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка и отвечают за журнал по техники безопасности;

- осуществляет контроль за соблюдением сроков проведения практической подготовкой и соответствием её содержания требованиям, установленным ОПОП ВО;

- оказывает методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий, а также при сборе материалов к выпускной квалификационной работе в ходе преддипломной практики;

- оценивает результаты прохождения практической подготовки в виде практики обучающимися.

Обязанности руководителя практической подготовки в виде практики от профильной организации

- согласовывает индивидуальные задания, содержание и планируемые результаты практической подготовкой;

- предоставляет рабочие места обучающимся;

- обеспечивает безопасные условия прохождения практической подготовкой обучающимися, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;

- оценивает результаты прохождения практической подготовкой обучающимися;

- знакомит студентов со структурой и деятельностью организации, работой отделов и служб на конкретном объекте; на рабочем месте знакомит с биотехнологическими процессами, оборудованием, техническими средствами и условиями их эксплуатацией, экологическим паспортом предприятия, природоохранными мероприятиями и т.д.;

- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а так же правилами внутреннего распорядка.

Обязанности обучающихся в период прохождения практической подготовки

При прохождении производственной практики обучающиеся должны выполнять следующие обязанности:

- выполнять индивидуальные задания, предусмотренные рабочими программами практической подготовки;
- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка; подчиняться действующим правилам внутреннего трудового распорядка в организации, на предприятии, в учреждении;
- соблюдать требования охраны труда и пожарной безопасности.
- своевременно готовят отчет по результатам практической подготовки в виде практики, и предоставляют его руководителю практической подготовки от университета.

Продолжительность рабочего дня студентов во время практической подготовки составляет не более 36 часов в неделю для лиц, не достигших 18 лет, и не более 40 часов для студентов старше 18 лет.

3. ПРАКТИКА ПО ПРОФИЛЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА)

Целями производственной практики по профилю профессиональной деятельности является закрепление теоретических знаний и овладение навыками самостоятельной профессиональной деятельности в области биологии и прикладной экологии.

Задачами практики по профилю профессиональной деятельности являются:

- закрепление и углубление полученных теоретических знаний, умений и навыков;
- приобретение обучающимся опыта профессионально-ориентированной деятельности;
- формирование профессиональных навыков;
- изучение порядка оформления первичной и производственной документации на материалы, поступающие в лабораторию (на производство), на проводимые исследования;
- ознакомление с производственной или научно-исследовательской деятельностью;
- приобретение навыков самообразования и самосовершенствования, содействие активизации научной деятельности бакалавров;
- осуществление сбора, обработки. Анализа и систематизации научной, исследовательской, технической информации в соответствии с заданием.

Практика по профилю профессиональной деятельности является обязательным видом учебной работы бакалавров, входит в раздел Практики ФГОС ВО по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

В результате прохождения производственной практики по профилю профессиональной деятельности обучающийся должен приобрести профессиональные компетенции:

- способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде;
- способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты.

***Знать*:**

- основные типы экспедиционного и лабораторного оборудования;
- особенности выбранного объекта профессиональной деятельности;
- условия его содержания и работы с ним с учетом требований биоэтики;
- эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде;
- особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает/взаимодействует, учитывает их в своей деятельности (выбор категорий групп людей осуществляется образовательной организацией в зависимости от целей подготовки - по возрастным особенностям, по этническому или религиозному признаку, социально незащищенные слои населения и т.п.).

***Уметь*:**

- анализировать и критически оценивать развитие научных идей, на основе имеющихся ресурсов;
- составлять план решения поставленной задачи, выбрать и модифицировать методические приемы;
- предвидеть результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата.

Владеть:

- навыками использования современного оборудования в полевых и лабораторных условиях;
- способностью грамотно обосновать поставленные задачи в контексте современного состояния проблемы;
- способностью использовать математические методы оценивания гипотез, обработки экспериментальных данных, математического моделирования биологических процессов;
- способностью оценивать достоверность и значимость полученных результатов, представить их в широкой аудитории и вести дискуссию;
- навыками эффективного взаимодействия с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями и опытом, и презентации результатов работы команды.

В результате прохождения практики по профилю профессиональной деятельности обучающиеся руководствуются:

- действующими правилами внутреннего трудового распорядка в лаборатории, организации, предприятии или структурном подразделении;

- действующими нормативно-правовыми и законодательными актами и документами в области охраны экологического состояния объектов;

- действующими нормативно-правовыми документами, разработанными и принятыми непосредственно на производстве, предприятии или учреждении.

Структура и содержание этапов практики по профилю профессиональной деятельности

При выполнении каждой части практики реализуются следующие разделы (этапы):

- организация практики;
- подготовительный этап;
- основной (ознакомительный) этап;
- заключительный, обработка и анализ полученной информации, подготовка отчета о практике.

В результате выполнения каждого этапа практики студент ведет отчёт по практике.

Содержание этапов практики

Подбор базы практики и утверждение их деканатом. Заключение договоров с организациями. Оформление документов для практики. Подписью ответственного лица отмечают прибытие и убытие с места прохождения практики. Прохождение первичного инструктажа на месте прохождения практики.

Подготовительный этап

Инструктаж на рабочем месте по технике безопасности. Постановка цели и задач на практике по профилю профессиональной деятельности. Согласование календарного графика прохождения практики с руководителем от университета и предприятия (организации). Ознакомление с предприятием или организацией, его структурой и направлениями деятельности. Сбор и анализ профильной научной информации.

Основной

Получение навыков системной работы с нормативно-правовой, научной литературой и другими информационными источниками. Овладение методологией, технологиями, методами и инструментами по профилю профессиональной деятельности.

Проведение исследования (закладка опыта; проведение наблюдений, измерений, учетов, определений; анализ, сбор и обобщение информации) по охране природы, оценке и восстановлению биоресурсов, управлению и оптимизации природопользованием.

Получение биологического материала для лабораторных исследований. Участие в проведении биологических исследований.

Участие в планировании и проведении мероприятий по охране природы, оценке и восстановлению биоресурсов, управлению и оптимизации природопользованием.

Анализ собранного материала. Обработка и систематизация результатов.

Заключительный

Обобщение, анализ полученных результатов прохождения практики по профилю профессиональной деятельности. Подготовка отчета о практике. Представление оформленного отчёта на кафедру, и на проверку научному руководителю и защита его на комиссии.

Рекомендуемая структура отчёта о производственной практики представлено в Приложении 4.

Введение: обобщение собранных материалов и раскрытие основных вопросов и направлений, которыми занимался студент при прохождении практики.

Общие сведения об учреждении (организации): цель создания, краткая историческая справка.

Место и роль учреждения, социальная значимость, полезная деятельность. Организация выполнения работ (услуг). Номенклатура и объем оказываемых услуг. Производственная структура. Функциональные взаимосвязи подразделений.

Основная часть:

- определение цели и задач практики;
- описание и анализ материалов с места практики
- описание и систематизация методов биологического и экологического анализа и контроля объектов исследования;
- результаты исследований и обсуждение полученных результатов.

Список использованной литературы: при необходимости указать все источники которые были использованы обучающимся при выполнении отчёта. В перечень могут быть включены научные

и периодические издания, а так же нормативно-правовые документы и законы.

Приложения:

1. Схемы, диаграммы, графики, таблицы

4. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА

Целью преддипломной практики является определение соответствия уровня теоретических знаний и практических умений выпускника требованиям федерального образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки и установление степени готовности выпускника к самостоятельному выполнению профессиональных задач в рамках профиля подготовки. Овладение навыками самостоятельной профессиональной деятельности в области биологии и прикладной экологии и сбор материала для выпускной квалификационной работы.

Задачи преддипломной практики

- систематизация, закрепление практических навыков и применений знаний при решении практических комплексных

профессиональных задач, связанных с будущей работой выпускников в профильных структурах и организациях;

- развитие навыков самостоятельной работы в исследованиях при решении проблем и вопросов. Разрабатываемых в выпускной квалификационной работе;

- формирование и развитие способностей научно-исследовательской работы, в т.ч. умений получения анализа, систематизации и оформления научных знаний;

- выявление степени подготовленности выпускника к самостоятельной работе с учетом достижений науки и техники;

- подготовка выпускника к дальнейшей профессиональной деятельности в зависимости от направления подготовки.

Преддипломная практика является обязательным видом учебной работы бакалавров, входит в раздел Практики ФГОС ВО по направлению подготовки 06.03.01 Биология. Преддипломная практика служит основой для подготовки выпускной квалификационной работы.

Для прохождения преддипломной практики студенты должны иметь знания и умения:

- определять цель и задачи, предмет и объект исследования;

- самостоятельно работать с источниками и литературой;

- осуществлять отбор фактического материала/фактов, цифровых данных и других сведений;

- анализировать отобранные факты, статистические данные и другие сведения;

- делать научно обоснованные выводы по научным результатам работы и формулировать практические рекомендации;

- организовывать и проводить научный эксперимент.

В результате прохождения преддипломной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности в соответствии ФГОС ВО по направлению подготовки 06.03.01 Биология, профилю подготовки - биоэкология обучающийся должен приобрести профессиональные компетенции:

- способность осуществлять экологическую оценку состояния поднадзорных территорий и возможности применения на них природоохранных биотехнологий;

- способность составления прогнозных оценок влияния хозяйственной деятельности человека на состояние окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий.

Знать:

- методы экологического мониторинга.
- экологическое законодательство Российской Федерации; нормативные и методические материалы по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

***Уметь*:**

- формировать отчётную документацию в соответствие с требованиями экологических нормативов;
- организовать мониторинг поднадзорных территорий с применением природоохранных биотехнологий;
- работать на аналитическом лабораторном оборудовании, производить забор проб воды, почвы, воздуха и биологических объектов для оценки экологического состояния поднадзорных территорий.

***Владеть навыками*:**

- анализа результатов исследований природных образцов;
- моделированием развития биологических процессов в природе. Разработка моделей развития экологической обстановки при различной антропогенной нагрузки;
- выбора и эксплуатации современной аппаратуры и оборудования для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ определенного профиля;
- применение современных методов обработки, анализа и синтеза различной информации;
- составления обзоров, отчетов и другой документации и их анализа.

В результате прохождения преддипломной практики обучающиеся руководствуются и используют следующие технологии:

- проведение научно-исследовательской деятельности в составе групп;
- подготовка объектов и освоение методов исследований;
- проведение лабораторных и полевых биологических исследований по заданной тематике;
- выбор технических средств и методов работы, работа на экспериментальных установках, подготовка оборудования;
- анализ получаемой полевой и лабораторной биологической информации с использованием современной вычислительной техники;

- подготовка научных отчетов, обзоров, публикаций и т.д.

- подготовка письменного отчета о выполнении заданий, подготовка материала к защите ВКР.

Структура и содержание этапов преддипломной практики

При выполнении каждой части практики реализуются следующие разделы (этапы):

- организация практики;
- подготовительный этап;
- основной (ознакомительный) этап;
- заключительный, обработка и анализ полученной информации, подготовка отчёта о практике.

В результате выполнения каждого этапа практики студент ведет отчёт , и готовит материалы к зачёту о практике.

Содержание этапов практики

Подбор базы практики и утверждение их деканатом. Заключение договоров с организациями. Оформление документов для практики. Подписью ответственного лица отмечают прибытие и убытие с места прохождения практики. Прохождение первичного инструктажа на месте прохождения практики.

Подготовительный этап

Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с заданием на практику, согласование календарного графика прохождения практики с руководителем от академии и предприятия/организации (при наличии). Постановка цели и задач перед обучающимися по практике, связанными с завершением проведения научных исследований по теме выпускной квалификационной работы

Основной

Проведение обзора отечественной и зарубежной литературы, электронных информационных ресурсов по теме выпускной квалификационной работы, связанной с вопросами проектирования и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства продукции растениеводства на этапах ее выращивания.

Обработка результатов исследований с применением методов статистической обработки экспериментальных данных. Систематизация и описание данных исследований. Закрепление умений и навыков организации и проведения научного

исследования, изложения полученных результатов исследований в виде отчета, научных выступлений и публикаций. Приобретение опыта аргументации собственных выводов и предложений, сделанных в процессе исследования, и участия в их критическом обсуждении

Заключительный

Представление написанного отчёта на кафедру, и на проверку научному руководителю и защита его перед комиссией.

Рекомендуемая структура отчёта о преддипломной практике представлена в приложении 5.

Введение: обобщение собранных материалов и раскрытие основных вопросов и направлений, которыми занимался студент при прохождении практики. Основной части и заключения.

Основная часть включает описание и анализ материалов с места практики, описание и систематизация методов биологического и экологического анализа и контроля объектов исследования, изучение нормативно-правовой и законодательной документации в области регулирования проведения лабораторных и исследовательских работ, результаты исследований и обсуждение полученных результатов, обработка цифрового материала по результатам прохождения практики, систематизация табличного материала.

Список использованной литературы. При необходимости указать все источники, которые были использованы обучающимся при выполнении отчёта. В перечень могут быть включены научные и периодические издания, а так же нормативно-правовые документы и законы.

Приложения:

1. Схемы, диаграммы, графики, таблицы

5. ОТЧЕТНОСТЬ

Производственная практика (практика по профилю профессиональной деятельности и по преддипломной практике) проводится в сторонних профильных организациях, предприятиях. Возможно прохождение практики или ее части в университете или отдельных структурных подразделениях, имеющих материальную базу и оснащение, для прохождения практики по профилю подготовки. Перед отъездом на место прохождения практики обучающийся проходит инструктивно-методическое собрание с руководителями практик от кафедры. Обучающиеся получают задания на период прохождения практики. Обучающегося ознакамливают с правилами оформления и ведения отчетной документации.

По окончании практики обучающийся составляет отчёт и готовит первичный материал для дальнейшего использования при выполнении выпускной квалификационной работы.

При прохождении производственной практики (практика по профилю профессиональной деятельности и преддипломная практика) студент должен ежедневно заполнять отчёт (форма отчёта приведена в Приложении 3.

В графе «Дата» указывается дата в которую студентом были выполнены работы.

В графе «Этапы (разделы) работы) – студент подробно расписывает род занятий, а так же приводит описание конкретных работ выполненных в конкретную дату прохождения практики, сбор материала, проведение исследований и т.д.).

В графе «Место практики, должность и обязанности» - указывается наименования мест а прохождения практики или выполняемых работ, в случае выезда с места прохождения практики. Указывается должность в которой выполняет свои функциональные обязанности студент, а так же приводиться перечень обязанностей которые выполняет студент в рамках своих компетенций.

Производственная практика (практика по профилю профессиональной деятельности и преддипломная практика) считается завершённой при условии выполнения студентом всех требований программы практики.

По итогам прохождения практики обучающийся должен

представить:

1. Отчёт о прохождении практики по профилю профессиональной деятельности.

Порядок подготовки отчёта о производственной практике (практика по профилю профессиональной деятельности и преддипломной практике)

По итогам прохождения практики студентом составляется письменный отчёт. Отчёт должен быть набран на компьютере, не иметь грамматических ошибок и опечаток, сброшюрован в папку, подписан студентом и сдан для регистрации на кафедру «Биоэкология и физиология с\х животных».

Требования к оформлению листов текстовой части: текстовая часть отчета выполняется на листах формата А4, с соблюдением следующих параметров полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

Страницы текста обязательно нумеруются, с соблюдением сквозной нумерации. Номер страницы проставляется по центру без точки в конце. Первой страницей считается титульный лист, номер страницы на нем не проставляется.

При выполнении текстовой части работы на компьютере тип шрифта: Times New Roman. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт, в подписях рисунков, таблицах допускается – 12 пт.). Межстрочный интервал: полуторный, режим выравнивания – по ширине, отступ первой строки абзаца – 1,25 см. Ссылки на библиографические источники в квадратных скобках. Формулы набираются в формульном редакторе Microsoft equation 2.0 (2.1). Рисунки, карты, схемы и фото допускаются черно-белые и в цвете.

Расстояние между заголовком и текстом равно одному интервалу, между заголовком и предыдущем текстом двум межстрочным интервалам.

Выполненный отчёт о прохождении преддипломной практики должен содержать:

Титульный лист (приложение 1);

Индивидуальное задание (приложение 2);

Оглавление;

- введение (цели и задачи практики, актуальность), перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов.
- основные разделы отчёта.
- список использованных источников.

- приложения.

Текст разделов (глав) отчета разбивается на подразделы. Разделы нумеруются арабскими цифрами. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела, например «3.1».

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь свой порядковый номер и название. Название таблицы выравнивается по центру, кегль шрифта – 14 пт. В тексте обязательно должна быть сделана ссылка на нее, которая может быть оформлена следующим образом: «….результаты данного исследования приведены в таблице 1» или «….результаты данного исследования (таблица 1) показали, что…».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица», её номер и название указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы.

Наряду с материалами, оформленными в виде таблиц, данные можно представлять в виде рисунков. Нумерация рисунков сквозная. Рисунок должен иметь подрисуночную подпись, которая размещается под изображением (режим выравнивания – по центру, кегль шрифта – 12 пт), с указанием номера рисунка. В том случае если рисунок взят с интернет ресурса необходимо указать адрес, например «Схема расположения г. Самара (https://www.google.com)» или указать автора изображения. Например «река Чаган (фото автора)». На все рисунки должны быть ссылки в тексте, например: (рис.1).

6. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ НА ПЕРИОД ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Индивидуальные задания в период производственной по профилю профессиональной деятельности и преддипломной практики определяются в соответствии с профилем подготовки бакалавра, отвечают цели каждого вида практики

и могут иметь практическую значимость для кафедры и для предприятия.

Индивидуальные задания практики способствуют закреплению знаний по теоретически изученным дисциплинам и более осознанной подготовке к специальным дисциплинам в учебном процессе, а в итоге - успешному выполнению и защите выпускной квалификационной работы.

Задания на практику, могут быть направлены на решение задач в сферах профессиональной деятельности выпускников:

- *Образование и наука* (в сферах: образования; научных исследований живой природы; научных исследований с использованием биологических систем в хозяйственных и медицинских целях, в целях охраны природы);
- *Здравоохранение* (в сфере разработки и контроля биобезопасности новых лекарственных средств, биомедицинских исследований с использованием живых организмов и биологических систем различных уровней организации);
- *Сельское хозяйство* (в сферах: получения новых сортов и пород в растениеводстве и животноводстве; обеспечения экологической безопасности продуктов сельскохозяйственного производства);
- *Лесное хозяйство, охота* (в сферах: исследования лесных экосистем; управления лесными биоресурсами);
- *Рыбоводство и рыболовство* (в сферах: оценки состояния и продуктивности водных экосистем; управления водными биоресурсами);
- *Химическое, химико-технологическое производство* (в сфере природоохранных экологических технологий);
- *Сфера сохранения природной среды и здоровья человека*.

А также задания на практику, могут быть направлены на решение актуальных природоохранных проблем региона, г. Самара и АПК Самарской области. Ежегодно в начале учебного года на кафедре составляется примерный перечень заданий производственной практики по таким направлениям:

- участие в планировании и проведении мероприятий по охране природы, оценке и восстановлению биоресурсов, управлению и оптимизации природопользованием в организациях, учреждениях, на предприятиях;

- участие в проведении биоэкологического мониторинга и оценке состояния природной среды;

- освоение методов проведения биоэкологического контроля и мониторинга в региональных отделениях МПР и Россельхознадзора;

- участие в разработке эколого-технических условий и нормативов в научно-исследовательских, производственных, проектных организациях.

- освоение приемов рационального природопользования по ресурсам (воды, леса, недр, животного и растительного мира) в региональных органах управления охраны природы и природопользования;

- участие в составлении сметной и отчетной документации; обеспечение техники безопасности;

- участие в контроле процессов биологического производства;

- получение биологического материала для лабораторных исследований;

-участие в организации полевых и лабораторных биологических исследований;

-участие в подготовка объектов к анализу, освоение методов научно-проектного исследования;

- освоение методов подготовки оборудования к работе, работа на экспериментальных установках;

- анализ получаемой полевой и лабораторной биологической информации с использованием современной вычислительной техники.

Обучающий процесс на производственной базе практики может складываться из лекций-инструкций, экскурсий, семинаров по новейшим достижениям в профессиональной сфере, самостоятельного изучения студентами нормативно-правовой, технической документации и должностных инструкций, выполнения индивидуальных заданий в течение

всего срока практики или по графику, разработанному руководителями практики.

Занятия и семинары по новейшим достижениям в профессиональной сфере могут проводиться на кафедре, на производственной базе практики ведущими специалистами предприятия или руководителем практики от кафедры.

***Примерная формулировка заданий практики на предприятии**:*

- знакомство с ролью природоохранных отделов и служб предприятия по обеспечению природоохранных и ресурсосберегающих мероприятий в биотехнологических циклах;
- знакомство с задачами служб контроля качества продукции в экологическом менеджменте производства;
- изучение экологического паспорта предприятия (приложение 1) по обеспечению экологической безопасности производства;
- изучение ресурсосберегающих приемов в работе предприятия, комплексного подхода к ресурсосбережению, природопользованию и охране природы;
- изучение приемов и этапов контроля процессов биологического производства;
- освоение приемов работы, организации и управления в экологическом менеджменте производства.

***Примерная формулировка заданий практики на в проектных организациях*:**

- знакомство с структурой организации, ее задачами в сферах биоэкологического контроля проектируемых объектов;
- освоение приемов работы с использованием нормативно-правовой документации, стандартов, методических рекомендаций по оценке воздействия на окружающую среду при проектировании;
- участие в разработке разделов проекта, посвященных оценке воздействия процессов и технологий проектируемого производства на биологические компоненты окружающей среды;

- участие в осуществление организациями надзора;
- участие в решение вопросов техники безопасности труда и охраны природы при предприятий различных отраслей.

***Примерная формулировка заданий для практики, если базой практики является научно-исследовательская организация или центр*:**

- освоение приемов и методик получения биологического материала для исследований;
- изучение порядка проведения и участие биоэкологического мониторинга;
- освоение методов оценки состояния биоты природной среды, этапы планирования и проведения мероприятий по исследованию, использованию и охране биоресурсов природных комплексов;
- участие в разработке методик и проведении лабораторных/полевых биологических исследований;
- участие в подготовке объектов к исследованию и освоение методов анализа;
- участие в подготовке биотехнических средств и подготовке оборудования, освоение приемов работы на экспериментальных установках;
- освоение приемов анализа получаемой полевой и лабораторной биологической информации с использованием современной вычислительной техники;
- освоение приемов работы по сбору, обработке, анализа и систематизации исследовательской или научно-технической информации по теме ВКР (заданию);
- составление отчёта о практике.

7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Методы научных исследований : учебно-методическое пособие / составители О. Б. Филиппова [и др.]. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2022. — 175 с. — ISBN 978-5-94664-487-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/253556

2. Самсонова, И. Д. Научные методы исследований в природопользовании / И. Д. Самсонова, В. Н. Саттаров, Г. Р. Гильманова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 120 с. — ISBN 978-5-507-45801-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/284060

3.Пахомова, Н. Г. Современные методы научных исследований : учебное пособие / Н. Г. Пахомова, О. Н. Митрофанова. — Липецк : Липецкий ГТУ, 2022. — 85 с. — ISBN 978-5-00175-132-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/3141054

4.Электронные ресурсы сети Интернет:

Общая экология: учебное пособие **[Электронный ресурс] - Режим доступа:** http://studentam.net/content/view/47/10/

5.Экология: учебное пособие **[Электронный ресурс] - Режим доступа:** http://studentam.net/content/view/46/10/

6.Основы общей биологии **[Электронный ресурс] - Режим доступа:**http://molbiol.ru/forums/index.php?showtopic=19119&hl=физиология++животных

7.Информационно- справочные и поисковые системы:

www.ecoterra.ru/rus/magaz.htm (журнал «Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду»)

Приложение 1

Образец оформления титульного листа отчета о практике

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных животных»

ОТЧЁТ

о практике по профилю профессиональной деятельности
(по производственной практике)

Студента _____
(ФИО полностью)

Место
практики_____
_____

Срок прохождения практики с _____ по _____

Руководители практики:
От кафедры : _____
От производства: _____

САМАРА 20_

Приложение 2

Образец оформление листа задания на практику

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины
Кафедра «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных животных»

ЗАДАНИЕ
на практику по профилю профессиональной деятельности
(по производственной практике)

Студенту(ке) _____
(Фамилия, Имя, Отчество, полностью)

Место практики_____
_____

Срок прохождения практики с_____ по_____
Индивидуальное задание на практику. Перечень вопросов и проблем, подлежащих разработке:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Задание выдано «____» _____20___г.
Руководитель _____ _____
(подпись) *(расшифровка подписи)*

Ознакомлен _____ /_____ /«____»_____20___г.
подпись *И.О.Фамилия (студента)*

Окончание приложения 2

ГРАФИК ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ

Дата	Этапы(разделы) работы	Место практики, должность и обязанности

Приложение 3

Рекомендуемая структура отчёта о производственной практики:

Титульный лист (Приложение 1)

Индивидуальное задание (Приложение 2)

Оглавление

Введение (цели и задачи практики)

1. Характеристика места практики. (Приводятся сведения о предприятии, его структуре. Профиле деятельности. Описание реализуемых технологий методик, перечень решаемых задач).

1.1 ……

1.2 ……

2. Основная часть (результаты практики в соответствии с индивидуальным заданием, техническая, расчетно-технологическая, научно-исследовательская часть, приобретённые общекультурные и профессиональные компетенции и т.д.)

2.1……

2.2……

2.3……

2.4 Обсуждение полученных результатов

Заключение

Список использованной литературы.

Приложения (иллюстрации, таблицы, карты и т.д.)

Приложение 4

Рекомендуемая структура отчета о преддипломной практике:

Титульный лист (Приложение 1)

Индивидуальное задание (Приложение 2)

Оглавление

Введение (цели и задачи практики)

1. Характеристика места практики и объекта исследований (Приводятся сведения о месте прохождения преддипломной практики, характеристика объекта исследований (группа растений, территория, водный объект и т.д.), профиле выполняемой организацией деятельности)

2. Основная часть (результаты практики в соответствии с индивидуальным заданием, техническая, расчетно-технологическая, научно-исследовательская часть)

2.1 Материалы с места практики и методы исследований (описание технологий, методов и материалов используемых при прохождении преддипломной практики)

2.2 Методы биологического и экологического анализа объектов (методика определения загрязняющих веществ азотной группы в пробах воды, методика определения концентрации тяжелых металлов в пробах воды, методика расчёта необходимого количества контейнеров для сбора отходов и т.д.).

2.3 Результаты исследований/анализа/оценки и их анализ (обсуждение).

Заключение

Список использованной литературы.

Приложения (иллюстрации, таблицы, карты и т.д.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие..... 3
1. Цель и задачи практики 4
2. Организация проведения практики 6
2.1. Общие сведения..... 6
2.2. Распределение обязанностей при проведении производственной практики 8
3. Производственная практика (практика по профилю профессиональной деятельности) 11
4. Преддипломная практика (в том числе научно-исследовательская работа)..... 16
5. Отчетность..... 21
6. Примерный перечень индивидуальных заданий на период производственной практики 25
7. Рекомендуемая литература..... 29
Приложения..... 30



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Л. М. Зайцева

Организация и проведение ознакомительной практики

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2025

УДК 570 (07)
ББК 40Р
З17

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Зайцева, Л. М.
З17 Организация и проведение ознакомительной практики: методические указания / Л. М. Зайцева – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. – 33 с.

Учебное издание предназначено для закрепления основных теоретических знаний обучающихся, на первом и втором курсе, в разделе «Зоология» и «Экология».

В процессе прохождения ознакомительной практики, студенты осваивают методику сбора информации и материала, которые прямо или косвенно влияют на биоту и биосферу в целом.

Предназначено для студентов очной формы обучения факультета «Биотехнология и ветеринарная медицина», обучающихся по направлению 06.03.01 Биология.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025
© Зайцева Л. М., 2025

Оглавление

Предисловие 4
1. Место практики в структуре ОПОП ВО 5
2. Правила прохождения ознакомительной практики 7
3. Методы исследований..... 11
4. Зоология Беспозвоночных. Изучение водных Беспозвоночных 13
5. Методики для сбора анализов беспозвоночных 14
6. Зоология Позвоночных. Изучение позвоночных животных. Рыбы 17
7. Земноводные и Рептилии 18
8. Методы учета численности птиц 19
9. Методы учета млекопитающих 22
10. Атмосферные наблюдения 23
11. Мониторинг водных объектов 27
12. Химические свойства почвы 28
Приложения 29
Рекомендуемая литература 30

Предисловие

Учебное издание является методическим обеспечением ознакомительной летней практики студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

Практика студентов является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется подготовка студентов к профессиональной деятельности.

Цель методических указаний – способствовать закреплению основ теоретического обучения и практических навыков, полученных при выполнении лабораторных работ, предшествующих производственным практикам; подготовка студента к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению исследований в рамках выпускной квалификационной работы.

Одной из активных форм обучения являются полевые исследования студентов, связанные с непосредственным общением с природой, формирующие прочные знания и соответствующие компетенции. В этом отношении полевая практика обладает несомненными преимуществами перед отдельными экспериментами и опытами. Расширяя и углубляя полученные студентами теоретические знания, полевая деятельность студентов представляет собой практическое применение теоретических принципов, а также в процессе изучения природных комплексов демонстрирует значение, Зоологи и Экологии, в решении проблем устойчивого развития и охраны природы.

Важнейшая задача практики – накопление фактических знаний о разнообразии видов в окружающей среде, природных явлениях, привитие студентам профессиональных компетенций анализа и оценки состояния природных экосистем, а также организация сбора материала для выполнения дипломных работ. Формы и методы проведения практики отличаются разнообразием: работа на маршрутах, экспериментальная, камеральная, наблюдение, индивидуальная учебно-исследовательская работа студентов и т. д. В процессе коллективных исследований природных объектов формируется экологическая культура поведения студентов, воспитывается потребность в природоохранной деятельности.

1. Место практики в структуре ОПОП ВО

Ознакомительная практика относится к вариативной части второго блока (Б2.О.01(У), предусмотренного учебным планом Бакалавриата по направлению 06.03.01 «Биология», профиль подготовки: «Биоэкология».

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются.

Знания: теоретические основы и базовые представления наук о разнообразии биологических объектов;

- иметь представление о морфологии животных;
- анатомии, физиологии;
- экологии и биоразнообразии животных.

Умения: излагать и критически анализировать базовую общепрофессиональную информацию.

Владения навыками: комплексом лабораторных и полевых методов исследований, способами оценки и контроля морфологических особенностей у животных.

Содержание ознакомительной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков: Биология предшествует изучение дисциплин «Зоология», «Экология», предусматривает лекционные, семинарские и практические занятия. Ознакомительная практика по биологии является логическим завершением изучения данной дисциплины. Проводится в 2, 4 семестре.

Формы и способ проведения практики

Форма проведения практики*: полевая;* способы проведения практики*: стационарная.*

Место и время проведения практики

Ознакомительной практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» с профилем подготовки «Биоэкология» проводится на базе кафедры Биоэкологии и физиологии с/х животных, а также во втором семестре, на первом, втором курсе.

Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часа (4 недель).

В том числе во 2-м семестре 6 зачетных единицы, 216 часа (4 недели):

№	Этапы практики	Виды работ на практике, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1	Подготовительный	Ознакомительная лекция (цели, задачи практики, методики работы, инструктаж по технике безопасности) (2 ч.)	УО
2	Основной	Работа в полевых условиях (экскурсии в «Каменный овраг», поймы р. Б. Кинель, Дендро парк, п. Усть-Кинельский): Формирование биогеоценозов преобразованных территорий. Оценка устойчивости растительных сообществ с различной антропогенной нагрузкой. Анализ биотического состава водной фауны, наземной фауны, беспозвоночных. Особенности размещения видов рыб, земноводных в зависимости от особенностей физико-химического и гидробиологического режима водоемов. Влияние механического состава субстрата и растительности на биотопическое размещение пресмыкающихся и животных. Влияние растительного покрова на пространственное размещение птиц. (194 ч.)	УО, ПО
3	Заключительный	Подготовка отчета по практике. Представление написанного отчета на кафедру на проверку научному руководителю и защита его на комиссии (20 ч.)	ПО
Всего:			216

Техника безопасности, при прохождении ознакомительной практики

1. Одежда и обувь должны отвечать условиям полевых работ, в частности:

а) защита тела от укуса насекомых (брюки должны быть заправлены в носки);

б) защита тела от раздражения растениями;

в) предохранение от солнечного удара.

2. На маршруте следует соблюдать следующие правила поведения:

а) при передвижении по автодороге обязательно идти против движения транспорта;

б) необходимо быть внимательным при движении по бездорожью, по пересеченной или лесистой местности, завалам, высокотравью, осыпям;

в) при работе в оврагах с крутыми обрывистыми склонами передвижение должно производиться очень осторожно; при передвижении и работе на осыпях запрещается без надобности сбрасывать камни и отваливать неустойчивые глыбы;

г) во время грозы нельзя находиться на возвышенных местах, под отдельно стоящими деревьями, в воде, близко от линий электропередач, громоотводов и т. п.;

д) во избежание солнечного удара в жаркие часы необходимо носить головные уборы;

ж) необходимо иметь с собой аптечку и воду;

з) в целях профилактики клещевого энцефалита рекомендуется производить ежедневный личный осмотр и проверку на наличие клещей, особенно по возвращении с маршрута.

2. Правила прохождения ознакомительной практики

Этапы проведения экскурсии и исследования

Подготовительный этап полевых исследований (производится до начала полевой практики). На начальном этапе (перед полевыми походами) практических исследований студентам, распределяют темы для их внедрения в работу. Перед полевыми исследованиями необходимо ознакомиться с физико-географическими особенностями, экологическими системами, биологическим разнообразием, экологическими группами живых организмов. Большую помощь может оказать фотографирование, зарисовки, ксерокопирование или же создание компьютерной базы данных как средства сбора графических, цифровых и текстовых материалов, таким образом,

уже в подготовительный период студенты должны выявить типичные для изучаемой территории зоологические, экологические комплексы. Для получения картографической основы на план наносится район, в котором проводятся полевые работы. В составляемых конспектах важно фиксировать не только наличие на изучаемой территории тех или иных объектов (видов растений, животных, биологических тестеров, сообществ, форм рельефа, типов почв, характерных пород, растений и т. д. Снаряжение на полевых маршрутах: одежда и обувь, полевой дневник с прикрепленным простым карандашом, линейка, картон, дидактический материал.

Темы для прохождения ознакомительной практики для студентов первого курса

1. Особенности почвенной фауны различных биотопов.

2. Фауна наземных позвоночных (или отдельных систематических групп) различных местообитаний района практики.

3. Ихтиофауна водоемов разного типа района практики.

4. Особенности пространственного размещения позвоночных животных и его причина (на примере отдельных видов или групп видов):

а) особенности размещения видов рыб в зависимости от особенностей физико- химического, гидробиологического режима водоемов;

б) биотопическое (микробиотопическое) размещение амфибий. Влияние на размещение амфибий температуры, характера растительного покрова, влажности;

в) влияние механического состава субстрата и растительности на биотопическое размещение рептилий;

г) влияние растительного покрова на пространственное размещение (вертикальное и горизонтальное) птиц. Размещение птиц и кормовые ресурсы территорий;

д) биотопическое размещение ведущих видов грызунов района практики. Пространственная приуроченность колониальных поселений грызунов.

5. Население отдельных видов, наземных позвоночных (амфибий, рептилий, птиц, мелких млекопитающих) различных местообитаний. Структура населения: состав, плотность, трофическая, ярусные, пространственные группировки.

6. Динамика видового состава различных групп наземных позвоночных открытых местообитаний (на примере птиц или млекопитающих).

7. Определение видового состава беспозвоночных членистоногих (ракообразных, паукообразных, насекомых).

8. Основные особенности распространения и видовой состав моллюсков, на территории поймы реки Б. Кинель (брюхоногие, двустворчатые).

Темы для прохождения ознакомительной практики для студентов второго курса

1. Биоиндикация загрязнения вод (реки Самара, Б. Кинель, др. малых рек Самарской области) в окрестностях населенных пунктов.
2. Биоэкология почвенных членистоногих-деструкторов.
3. Биоэкология почвенных микроорганизмов в местах загрязнения поллютантами.
4. Влияние антропогенных факторов на видовой состав лугового биоценоза (реки Самара, Б. Кинель).
5. Лихеноиндикация загрязнения воздуха в различных районах Усть-Кинельского.
6. Оценка видового разнообразия птиц лесостепных биоценозов.
7. Оценка видового разнообразия ракообразных водных биоценозов Самарской области.
8. Оценка размеров популяции насекомых луговых (степных, лесостепных) биоценозов.
9. Памятники природы Самарской области.
10. Парки и зеленные зоны Кинельского района.
11. Почвы Самарской области.
12. Редкие и исчезающие чешуекрылые Среднего Поволжья.
13. Следы кормовой деятельности птиц.
14. Типы повреждения растений насекомыми.
15. Трофическая специализация сурка рыжеватого на территории Самарского Поволжья.
16. Трофические связи белки обыкновенной (векшы).
17. Трофические связи суслика крапчатого.
18. Экология почвенных беспозвоночных степных биоценозов.
19. Экология реликтовых двукрылых Среднего Поволжья.
20. Экология рукокрылых Среднего Поволжья.
21. Эндемики и реликтовые виды растений Самарской области.

Ежедневный план описания наблюдений, экспериментов в полевом отчёте по стандартному плану на типовых бланках:

1) тема (так, как сформулировал ее преподаватель), основные цели и задачи маршрута;

2) оценка метеорологических условий в 7 часов, 14 часов, 21 час (температура воздуха, влажность, скорость и направление ветра, облачность, осадки и пр.);

3) условия окружающей среды (органолептические показатели воды, анализ состава атмосферной влаги, параметрические измерения);

4) по каждому маршруту ведутся записи кратких общих итогов наблюдений, проведенных всей группой вместе с преподавателем, а также отчет о самостоятельно выполненных наблюдениях или практических работах;

5) данные по структуре биоценозов записываются на типовых бланках;

6) отбор образцов растений, грибов и животных, описание, распределение типичных видов живых организмов по ярусам, экологическим нишам, экологическим группам;

7) описание морфологических и физиологических особенностей растений (оценка прироста отдельных растений региона) и животных региона (поведение, питание, тип полета у наблюдаемых птиц и другие следы деятельности животных);

8) определение жизненного состояния растений.

Примечание: при проведении комплексного описания точек производится отбор материалов для анализа: сбор гербария, шишек и т.п., производится фотографирование, зарисовки и т. д.

План камеральной обработки материалов и наблюдений: 1) работа с растительной коллекцией (создание гербария); 2) работа с коллекций беспозвоночных животных; 3) работа с научной литературой (определителями, монографиями, и т. п.);

Основное оборудование для полевых работ студента: полевые сумки, определители различных групп животных и растений региона, канцелярские принадлежности, сачок; стеклянные банки – 3 шт; чашки Петри 1-2 шт; пинцет; пакет полиэтиленовый; вату; марлю; компас, тест-комплект «Пчелка», высотомер деревьев, лопата, отвес, рулетка, шнур длиной 20 м, гербарные сетки, газеты для гербария, кюветы (18×25×4 см с белым дном), скребки, закидная драга, диск Секки, пергаментные этикетки, пробирки с пробкой

(V = 30 – 50 мл), бинокли, лупы, универсальная индикаторная бумага, пинцеты.

Структура и содержание отчёта

Оформление результатов исследований независимо от качества проведенных опытов и полученных данных представляется студентами в отчёте по ознакомительной практике. Подробный отчет составляется по нижеприведенному плану.

По итогам ознакомительной практики студентом составляется письменный отчет. Цель отчета – закрепление теоретических знаний по зоологии и биологии.

Отчёт должен быть набран на компьютере, грамотно оформлен, сброшюрован в папку, подписан студентом, сдан для регистрации на кафедру «Биоэкология и физиология с/х животных».

Требования к оформлению листов текстовой части

Текстовая часть отчета выполняется на листах фомата А4 (210 × 297 мм) без рамки, соблюдением следующих размеров полей: левое: – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

Страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляют по центру без точки в конце.

Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется.

При выполнении текстовой части работы на компьютере тип шрифта: *Times New Roman.* Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт.

Межстрочный интервал: полуторный.

Выполненный отчет об учебной практике должен содержать.

- титульный лист (*Приложение* 1);
- задание по ознакомительной практике (*Приложение 2*);
- план (график) прохождения практики (*Приложение 3*).

3. Методы исследований

Описание рельефа местности, выбор маршрута и точек наблюдения

Выбор маршрута для изучения наземной экосистемы определяется следующими требованиями:

1. Маршрут должен включать как можно больше разных местообитаний в пределах изучаемого биогеоценоза (поляны, возвышенности, впадины, полог леса, обочина дороги в лесу, в поле, реки и озёра и т. д.).

2. Протяженность маршрута может быть разной в зависимости от площади изучаемой экосистемы (в среднем от 100 м до 1,5-2 км).

3. Вдоль маршрута выбираются точки наблюдений в наиболее характерных для данного биогеоценоза местообитаниях и в наиболее отклоняющихся от типичных местообитаний. Количество точек наблюдений: минимальное – 3, максимальное – не ограничено.

4. На каждой точке наблюдения закладывается не менее трех пробных площадок размером от 0,5 до 1 м. Маршрут наносится на схему местности.

5. Исходным шагом в изучении абиотических компонентов экосистемы является описание рельефа местности.

Особое внимание обращается на такие важные элементы рельефа, как равнины, имеющие уклон не выше 0,5°, и холмы, возвышающиеся до 200 м над уровнем моря. Описываются направление и характер окружающих возвышенностей, долин, их ширина, поперечный и продольный профиль. Отмечается наличие крутых поворотов или сужений долины, а также выходы долин второго порядка и балок.

Данные заносятся в виде схемы в отчёт.

6. При наличии поблизости озера, реки или другого водоема определяется приблизительное расстояние до них, их размеры.

Данные заносятся на схему.

7. При определении экспозиции и крутизны склона, различают пологие (уклон 2-7°), покатые (уклон 7-15°), крутые (уклон 15-40°), обрывистые (уклон свыше 40°) склоны. При расположении объекта исследования на вершине указывается характер возвышенности (холм, отдельная гора, гребень). Отмечается высота над дном долины или равнины, характер вершины (плоская, круглая, вытянутая).

Данные заносятся на план.

8. Во всех случаях фиксируется характер поверхности и особенности ее строения – промоины от дождя, выбоины и дорожки,

другие следы человеческой деятельности; камни и щебень на поверхности; выходы материнских скал, поросших мхом и лишайником.

Данные заносятся на схему рельефа в отчёт.

4. Зоология Беспозвоночных

Изучение водных Беспозвоночных

Изучение водных организмов отличается от изучения наземных, поскольку в водной среде из-за малой прозрачности воды затруднены непосредственные наблюдения за организмами. Кроме того, водные беспозвоночные обычно невелики по размерам и прозрачны. Вследствие этого проводится отлов организмов различными орудиями, причём в большинстве случаев вслепую – мы облавливаем объём воды не видя животных, в нём находящихся.

1. Характеристика проточных (реки, ручьи), непроточных (озеро, пруд, болото) и слабопроточных (водохранилище) водоемов. Выбор мест для отбора проб (станций).

2. Выбор оптимального количества и мест расположения станций затрудняется вследствие большого разнообразия водоёмов (тип водоема, его размеры, глубина, характер берегов, наличие зарослей водо-воздушных и погружённых растений и другие характеристики). С одной стороны станции должны охватывать все неоднородности водоёма, с другой – чем больше станций, тем более трудоёмкой становится работа. В целом, число станций должно быть не менее трёх и для небольших непроточных водоёмов этого вполне достаточно.

3. Видовой состав, численность беспозвоночных и её изменения зависят от условий обитания в водоёме. Поэтому при изучении водных обитателей следует регистрировать важнейшие абиотические факторы в водоёме. Необходимо измерить глубину воды на каждой станции. В небольших водоёмах для этого можно использовать мерный шест, ручную рулетку, ручной лот (размеченный капроновый шнур). Прозрачность воды в полевых условиях определяется с помощью диска Секки. Это диск белого цвета, который

опускают в воду на размеченном шнуре до тех пор, пока он не перестанет быть видимым, и отмечают длину шнура: прозрачность воды определяется в метрах.

Водный сачок. Этот сачок также должен быть прочным. Мешок делают из крупноячеистого мельничного газа или мелкой сетки с ячейками 1-1,5 мм. Обруч или другая форма из стальной проволоки диаметром 4-5 мм (рис. 1).



Рис. 1. Водный сачок

При любом назначении сачка не следует пришивать мешок непосредственно к обручу. На обруч нашивается сначала неширокая полоса прочной ткани, а к ней пришивается мешок.

Мешок нужно шить в виде цилиндра с закруглённым дном. Глубина мешка должна быть в 1,25 раза больше диаметра обруча, у водного сачка в 2 раза больше диаметра обруча.

5. Методики для сбора анализов беспозвоночных

Учет беспозвоночных животных травянистого яруса

Для учета беспозвоночных животных травянистого яруса наиболее широко используется метод кошения сачком.

Энтомологический сачок состоит из закрепленного на палке длиной 120 см металлического обруча диаметром 30 см, на который пришивают мешочек длиной 60 см. Он может быть из капрона, мельничного сита или бязи и иметь сферическое глухое или конусообразное с отверстием дно, со сменными мешочками насекомосборника на конце.

Для кошения необходимо встать лицом к солнцу и произвести 50 двойных взмахов сачком в ту или другую сторону, но всегда по новому месту, ближе к почве. Целесообразно проводить эту процедуру в часы максимальной активности насекомых.

Сбор 50 взмахами сачка при кошении соответствует числу животных на пробной площадке в 1 $м^2$. Собранных беспозвоночных вместе с этикеткой помещают в морилку. В лаборатории их рассортировывают по систематическим группам, подсчитывают количество особей в каждой группе и определяют их биомассу путем взвешивания на аптечных весах.

При сборе беспозвоночных животных травянистого яруса класс лучше разделить на группы (по 3-5 человек), каждая из которых собирает материал на разных участках.

Для расчета численности насекомых на единицу площади используют формулу:

$$P = N/DLn,$$

где P – количество насекомых на 1 $м^2$, N – число пойманных сачком насекомых, D – диаметр сачка (в м), L – средняя длина пути, проходимая обручем сачка по травостою при каждом взмахе (в м), n – число взмахов сачком.

Метод - ловли на лету, при ловле пролетающего насекомого сачком **быстро проводят в воздухе**, а поймав его сразу же поворачивают сачок так, чтобы мешок перекинулся через обруч, не давая попавшемуся насекомому вылететь.

При ловле насекомых, севших **на цветы или листья**, сачком быстро проводят по цветку так, чтобы захватить насекомое. При ловле насекомых на крупных зонтичных растениях нужно следить за тем, чтобы не сбивать сачком соцветия: оно может служить местом лова много дней подряд.

Учет беспозвоночных животных с кроны деревьев

Для учета беспозвоночных животных с кроны деревьев наиболее применим **метод стряхивания животных с деревьев**.

Для сбора материала под деревом расстилается белое полотно (простыня, пленка). Упавших с дерева беспозвоночных собирают в морилки (с 50%-ным раствором спирта), снабжают этикетками, а в

лаборатории разбирают по систематическим группам. Затем определяют их численность и находят биомассу на аптечных весах.

Отлов при помощи ловчих поясов (рис. 2). Клейкую ленту располагают на стволе дерева, клейкой поверхностью наружу. Данный метод применим для сбора мелких насекомых, передвигающихся по стволу дерева.

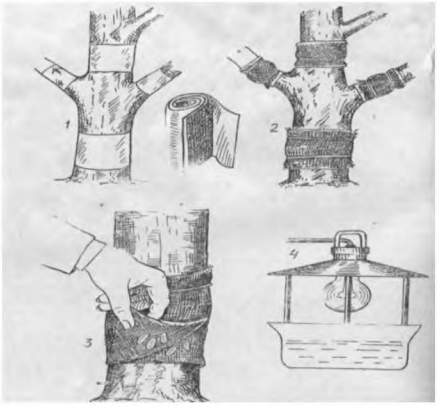


Рис. 2. Ловчие пояса:
1 – клейкая лента располагается на стволе дерева (клейкой поверхностью наружу); 2 – ткань, пропитанная биопрепаратом; 3 – сбор насекомых с клейкой поверхности; 4 – фонарь для сбора насекомых

Сбор летающих насекомых при помощи фонарей. Данный метод применяют для сбора ночных насекомых. Для этого источник света устанавливают на возвышенное место, а под ним расстилают белую материю, часть которой закрепляют на вертикальной поверхности. Привлекаемых светом насекомых собирают с ткани пинцетом и складывают в морилку.

Сбор и учёт насекомых при помощи ловушки Барбера – Гейлера. Применяется для сбора насекомых, обитающих в траве. Для этого используют емкость объемом 500-1000 мл, которую закапывают так, чтобы края ее были вровень с поверхностью земли. В емкость заливают 4% раствор формалина. Такие ловушки могут находиться в почве весь весенне-летний период.

Способы сохранения собранного материала

Пойманных и уснувших в морилке насекомых вытряхивают на лист чистой бумаги и слегка обсушивают, после чего производят

накалывание их на энтомологические булавки. Способ накалывания зависит от строения тела насекомого, как показано на рисунке 3.

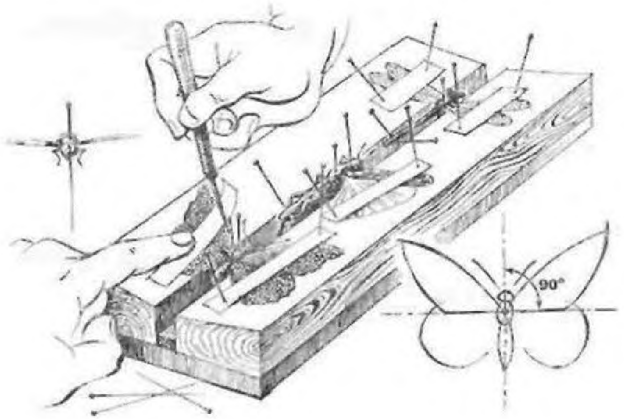


Рис. 3. Расправление бабочек и саранчи на расправилке

Мелких насекомых можно наклеивать на маленькие треугольные листочки нитроцелюлёзным клеем (такой клей не мешает определению с использованием увеличительных приборов) с последующим накалыванием бумаги на булавку. Под каждое насекомое подкалываются этикетки из плотной бумаги размером 8×18 мм. На одной из них пишется название населённого пункта, биотоп, фамилия сборщика и дата. На второй этикетке название насекомого (латинское) и фамилия определившего вид насекомого.

6. Зоология Позвоночных

Изучение позвоночных животных

Рыбы

Условия жизни в водоёмах очень разнообразны. Есть рыбы, обитающие в толще воды (судак), держащиеся в верхних слоях воды (тюлька, чехонь), в зарослях (щука, окунь), в придонном слое (лещ, густера). Однако некоторые виды могут в разное время суток держаться на разной глубине или перемещаться по акватории.

Методы сбора ихтиологического материала. Существует большое количество орудий для лова рыбы. Сети (объячеивающие орудия лова) свободно висят в толще воды и рыба в них запутывается. По верхнему краю сети прикреплены поплавки, по нижнему – грузы, за счёт этого сеть раскрывается вертикально. Сеть может стоять в определённом месте неподвижно (ставные сети) или плыть по течению (плавные сети).

Невод – отцеживающее орудие лова. Неводом окружают участок воды и вытягивают его на берег или на судно. Маленькие разновидности невода – бредни.

Трал – это мешок из сети, который тянут одно или два судна. Колющие орудия. Сюда относятся остроги, применение которых в РФ запрещено правилами рыболовства. Разрешены крючковые орудия лова: удочки и снасти. Если на конце лески только один крючок, то это удочка. Если крючков на леске несколько – это снасть. Существует большое разнообразие удочек и снастей для лова рыбы в любых водоёмах. Стационарные орудия – это разнообразные ловушки для рыбы: вентиря, верши и т. п.

7. Земноводные и Рептилии

Методы учета земноводных и рептилий

Наиболее распространенным методом учета земноводных и рептилий является маршрутный метод учета. Этот метод позволяет провести учет животных на определенной полосе обнаружения протяженностью 100-500 м. При учете земноводных учетчик должен двигаться вдоль береговой линии, регистрируя животных на полосе шириной 5 м (2,5 м в воде и 2,5 м на берегу). В мелководных водоемах с прозрачной водой их можно пересчитать, внимательно просматривая толщу воды и поверхность дна. При этом для получения сопоставимых данных следует руководствоваться следующими правилами.

1. Учет проводится на лентах, ширина которых для одного человека равна 1 м на сильно заросших травой участках и в ночное время и 2 м на открытых местах днем. Важно строго соблюдать выбранную ширину учетной полосы, а не стараться сосчитать как

можно больше животных. Длина маршрута – от нескольких десятков метров (по берегам небольших водоемов) до нескольких километров. При учете земноводных и ящериц длина маршрута может составлять 1-2 км, при учете змей его протяженность следует увеличить до 5-6 км и более.

2. Каждый маршрут (или отдельные его части) должен проходить в пределах одной стации.

3. При учете необходимо иметь в виду суточные изменения активности животных. Для жаб, чесночниц, тритонов и наземных лягушек учеты следует проводить в темное время суток с фонарем, дневные виды учитываются в светлое время. Дороги и тропы амфибии используют в темное время суток. Полученные данные, как для земноводных, так и для пресмыкающихся, пересчитывают на 1 км учетного маршрута. Маршруты по берегам водоемов и по дорогам имеют свою специфику. Некоторые виды земноводных (жерлянка, прудовая и озерная лягушки) все теплое время года живут на мелководных участках водоемов.

8. Методы учета численности птиц

Количественный учет наземных позвоночных бывает двух родов: линейный и площадной.

В настоящее время наиболее распространенными и используемыми количественными методами учетов птиц являются маршрутные методы, или методы линейных трансектов. Основными плюсами и преимуществами этой группы методов является достаточно высокая полнота и точность, возможность обследования значительных по площади территорий за короткое время. Время учета птиц необходимо приурочить к периоду наибольшей «заметности» (наилучшей обнаруживаемости) птиц большинства видов в каждом природном районе. Учет следует проводить в утренние часы в тихую погоду.

Маршрутный учет птиц. Маршруты для учета закладываются таким образом, чтобы они проходили по всем наиболее типичным биотопам данного района, с типичным соотношением их площадей.

Скорость движения учетчика в лесных биотопах не должна превышать 2 км/ч, в открытых угодьях она может быть несколько выше – до 3 км/ч. Учетчик при движении по маршруту отмечает по

голосу или визуально всех услышанных и увиденных птиц по обе стороны от полосы маршрута.

Расчет плотности населения птиц (К) каждого вида в особях на 1 км^2 территории при использовании стандартных пересчетных коэффициентов для интервалов обнаружения.

Плотность населения птиц высчитывается по формуле:

$$К = 40б + 10н + 3д + 1оч.\ д. + 0{,}5ч.\ д./\ км,$$

где К – количество особей на 1 км^2; б – число птиц, отмеченных в момент обнаружения близко (до 25 м от учетчика); н – недалеко (в 26-100 м от учетчика); д – далеко (101-300 м от учетчика); оч. д. – очень далеко (301-1000 м от учетчика); ч. д. – чрезвычайно далеко (более 1000 м от учетчика); км – пройденное расстояние в километрах.

Пересчетные коэффициенты «расширяют» каждую из полос обнаружения до 1 км. Для полосы 0-25 м – этот коэффициент равен 40 (25 м в 40 раз меньше километра), для полосы 25-100 м – коэффициент 10 (100 метров в 10 раз меньше 1 км), для полосы 100-300 м – коэффициент 3, для полосы 300-1000 м – коэффициент – 1, для полосы более 1000 м – 0,5.

Метод точечных учетов заключается в подсчете всех птиц, обнаруженных с одной точки. Это один из наиболее простых и широко применяемых методов определения численности и видового состава птиц. Учет проводится на 360^o вокруг фиксированного наблюдательного пункта. Ширина учета зависит от особенностей рельефа местности, активности и возможностей обнаружения того или иного вида (видов) птиц. Точечные учеты позволяют охватить большие территории. В зависимости от сложности биотопа учетные точки располагают в 150-400 м друг от друга. Продолжительность учета на точке составляет 5-10 мин., проводят его ранним утром, когда активность птиц наибольшая. В пределах одного маршрута учитывать птиц надо не менее чем на 10-15 точках, которые нежелательно закладывать не на границе биотопов, а только в центре или в пределах границ каждого из них. Точечные учеты проводятся в течение определенного и четко фиксированного периода времени, обычно начинаются после того, как птицы успокоятся. Их можно проводить лишь с земли или с лодки, поскольку наблюдатели должны находиться на фиксированном наблюдательном пункте.

Регистрация наблюдений. Во время учета все встречаемые птицы (за исключением тех, что находятся позади наблюдателя) регистрируются на схеме карточки маршрута (рис. 4), на которой вертикальными линиями показан сам маршрут и полосы по 25 м по обеим его сторонам (главная полоса учета).

Маршрут_____ Дата_____ Время_____
Погода_____

Дополнительная полоса	Главная полоса		Дополнительная полоса	Биотоп
Ворон	,,,, П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Соловей , ,,, ,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	400 м Грач 300 м	Смешанный лес: Сосна 2, Береза4, Дуб 1.
Кукушка	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, Дятел	П.т ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	200 м 100 м Начало учета	Сосновый лес

Рис. 4. Схема карточки учета птиц на маршруте

Оставляется место и для отметки птиц, которые обнаружены дальше 25 м в дополнительной полосе учета. Две полосы вместе образуют общую полосу обследования.

На правом краю листа (при необходимости на обоих краях) наносится краткая характеристика биотопа, для удобства – символами. Горизонтальными линиями показываются границы между биотопами и/или участки маршрута длиной 100 метров.

9. Методы учета млекопитающих

Относительный учет позволяет получить сведения об относительном обилии особей того или иного вида в различных биотопах. При многоразовых учетах в одних и тех же местах – еще и направленность (тренд) изменения численности. Но эти данные, как правило, не позволяют судить о состоянии численности изучаемых видов в целом.

Абсолютный учет предусматривает возможность определения численности животных. Однако в действительности получить точные данные до единиц (голов) возможно только в случаях с очень редкими видами.

Наибольшее значение, как показал И. В. Жарков (1939), имеют следующие моменты:

1) характер распределения по местообитаниям;

2) склонность к образованию более или менее постоянных группировок: стад, стай, выводков и т. д.;

3) наличие более или менее четко ограниченных охотничьих районов, налегающих один на другой или изолированных;

4) склонность к образованию более или менее регулярных сезонных скоплений;

5) суточные и сезонные изменения активности;

6) суточные и сезонные миграции и кочевки (Новиков, 1951).

В настоящее время среди методов абсолютного учета мелких млекопитающих наибольшее распространение получили **метод ловушко-линий** и **метод ловчих канавок (заборчиков).** Метод ловушко-линий целесообразен там, где доминируют различные виды мышей, рыжих полевок, хомячков, а метод ловчих канавок – там, где доминируют землеройки, мышовки, лемминги и другие мелкие млекопитающие, которые редко роют норы.

Метод ловушко-линий. Учетная линия должна состоять из числа ловушек (лучше живоловок), кратного 25, 50, 100 и т. д. Каждая ловушка заряжается приманкой и выставляется в изучаемый биотоп. В качестве приманки наиболее часто используют корочку черного хлеба, смоченную растительным маслом.

Показателем обилия служит число пойманных зверьков на 100 ловушко-суток. Например, в лесу двое суток стояло 200 ловушек. В них было поймано 28 зверьков. Следовательно, на 400 ловушко-су-

ток отловлено 28 зверьков, а на 100 ловушко-суток – 28 : 4 = 7 зверьков. Для каждого вида животных показатель обилия рассчитывается самостоятельно.

Относительная численность выражается в процентах попадания, т. е. в количестве зверьков, попавших в 100 ловушек в течение ночи или суток. Она может быть вычислена по формуле :

$$N = n \cdot 100/D,$$

где N – относительная численность, n – количество отловленных зверьков, D – количество выставленных ловушек.

Подкарауливание. При умелом выборе места и времени наблюдения подкарауливание позволяет познакомиться с самыми сокровенными сторонами жизни диких животных и получить интереснейшие данные об их экологии и поведении. Особенно полезно устраивать засады около гнезд, нор, на местах кормежки, около водопоев и купалок, у солонцов, на берегах озер и рек, где боровая дичь собирает гальку, на тропах, путях переходов, перелетов или на местах остановок во время миграций. Как экскурсии, так и подкарауливание лучше всего проводить ранним утром или вечером.

Подкарауливание дает еще большие результаты, если применять *подманивание животных* на пищу, голос и т. д.

10. Атмосферные наблюдения

Климатический мониторинг атмосферы включает учет следующих метеорологических параметров (табл. 1):

- Характеристика ветра (скорость и направление).
- Температура воздуха (суточная – максимальная и минимальная, среднесуточная).
- Влажность воздуха.
- Атмосферные явления (виды облачности; осадки; оптические явления и др.).
- Состояние подстилающей поверхности в радиусе 100 метров от места метеорологических наблюдений (трава зеленая, пожелтевшая, бурая; почва сухая, сухая непылящая, влажная, мокрая; осадки – роса, дождь, иней и т. п.).

• Величина pH (для нейтральных атмосферных осадков и чистой воды равна 6,5-7.

В отчёте дается подробное описание точек наблюдений. Протяженность маршрута должна быть небольшой – в пределах 300 м. Количество точек не менее трех.

Таблица 1

Атмосферные наблюдения

Место наблюдения_____

Состояние подстилающей поверхности_____

Год_____

Дата	Температура воздуха	Влажность воздуха	Виды облачности	Направление ветра	Скорость ветра	Осадки	pH осадков

Дождевая вода в чистом воздухе имеет pH = 5,6 за счет растворения диоксида углерода. Грозовые дожди имеют повышенную кислотность за счет образования оксидов азота (до pH = 5,0). Атмосферные осадки величиной pH меньше 5 считаются «кислыми дождями».

В каждой точке необходимо определить температуру и влажность воздуха на высоте 20 и 150 см, направление и скорость ветра, температуру почвы на глубине 5 и 15 см, облачность, интенсивность света радиационного фона.

Определение температуры воздуха. Термометры устанавливаются горизонтально на месте, защищенном от прямого действия солнца, на опоре высотой 20 см. и закрепляется на опоре не менее чем на 20 мин.

Определение температуры почвы. Для этого термометр-щуп опускается на глубину 5, а затем 15 см. Фиксирование показаний производится не менее чем через 6 мин после каждого погружения.

Обычный ртутный термометр кладется на поверхность почвы так, чтобы резервуар с ртутью был наполовину погружен в землю. Таким образом, измеряется температура поверхности почвы.

Определение направления и скорости ветра. В полевых условиях средняя скорость ветра измеряется ручным чашечным анемо-

метром Фусса. Прибор имеет 3 шкалы. Перед его включением снимаются показания вначале со шкалы, показывающей тысячи оборотов, затем сотни, затем показания большой стрелки (десятки, единицы). Во всех случаях берется меньшая из двух цифр, между которыми стоит стрелка. Прибор закрепляется на шесте или поднимается на вытянутой руке, при этом предварительно записываются показания стрелок. Через 5-10 мин прибор включается и снова снимаются показания. Разница между ними указывает число оборотов за данный промежуток времени. Минуты переводятся в секунды и таким образом, вычисляется число оборотов в секунду.

Для определения скорости ветра можно также пользоваться шкалой Бофорта (табл. 2).

Таблица 2

Шкала Бофорта

Баллы	Сила ветра	Признаки для оценки силы ветра	Скорость ветра, м/с
1	2	3	4
	Штиль	Листья на деревьях не колеблются, дым из труб поднимается вертикально, огонь от спички не отклоняется	
1	Тихий	Дым несколько отклоняется, но ветер не ощущается	1-2
2	Легкий	Листья на деревьях колышутся, чувствуется ветер	2-3
3	Слабый	Качаются мелкие ветки, заметное ощущение ветра	3-5
4	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев и толстые ветки, образуется рябь на воде	8-10
5	Умеренный	Качаются ветки средней величины, поднимается пыль	5-7

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
6	Сильный	Качаются толстые стволы деревьев	10-12
7	Крепкий	Качаются большие деревья, идти против ветра трудно	12-15
8	Очень крепкий	Ветер ломает ветки и сучья	15-18
9	Шторм	Ветер ломает легкие постройки, валит заборы	18-22
10	Сильный шторм	Деревья вырывает с корнем, сносит более прочные постройки	22-25
11	Жестокий шторм	Ветер производит большие разрушения, валит телеграфные столбы, вагоны и т. п.	25-29
12	Ураган	Разрушает дома, каменные стены	Более 30

Направление ветра определяется с помощью вымпела, или флажка, и компаса. Название ветра дается по названию той стороны горизонта, откуда он дует, и замеряется в румбах. Румб – одна из *шестнадцати* равных частей, на которые делится окружность горизонта. Установив по компасу сторону света, нетрудно определить и румбы направления ветра, которые записываются согласно принятым обозначениям: северный (С); южный (Ю); восточный (В); западный (З); северо-восточный (С-В); северо-западный (С-З); юго-восточный (Ю-В); юго-западный (Ю-З).

Определение облачности. Производится визуально по 10-балльной системе. Если небо безоблачное или на нем имеется одно или несколько небольших облаков, занимающих менее одной десятой части всего небосвода, то облачность считается равной 0 баллов. При облачности, равной 10 баллам, все небо закрыто облаками.

Если облаками покрыто 1/10, 2/10, 3/10 частей небосвода, то облачность считается равной соответственно 1, 2, 3 баллам.

Определение интенсивности света. Для измерения освещенности применяются фотометры. По отклонению стрелки гальванометра определяется освещенность в люксах. Можно пользоваться фотоэкспонометрами.

Влажность воздуха определяется с помощью гигрометра, или психрометра Августа, с использованием соответствующей таблицы.

11. Мониторинг водных объектов

Объектами наблюдений за водоемами могут быть малые реки и озера, ручьи и реки, пруды и колодцы.

Прозрачность воды в полевых условиях определяется с помощью диска Секки рисунок 5.Это диск белого цвета, который опускают в воду на размеченном шнуре до тех пор, пока он не перестанет быть видимым, и отмечают длину шнура: прозрачность воды определяется в метрах.



Рис. 5. Диск Секки

Для определения цвета воды необходима цветовая шкала. В научных учреждениях используют 22 ампулы с жидкостями разных цветов, на практике можно использовать напечатанную на бумаге цветовую таблицу. Диск Секки опускают на глубину, равную половине прозрачности и сравнивают цвет воды над диском с цветовой шкалой. Температуру воды меряют в поверхностном слое. До сих пор используется традиционный ртутный термометр в специальном защитном футляре со шнуром, конец которого закрепляют на берегу. В последнее время появились портативные электротермометры. Величину кислотности воды определяют либо в лаборатории, куда приносят воду из водоёма, либо на месте с помощью портативного pH-метра. Следует определить тип донного грунта (ил, песок, глина и др.), количество растительных остатков на дне. При

сборе водных беспозвоночных необходимо также зарегистрировать время суток и погодные условия (температуру воздуха, направление и силу ветра, наличие и степень облачности на небе). (табл. 3).

Таблица 3

Физико-географические признаки реки(озера)

Река_____

Место наблюдения_____

Год_____

Дата	Глубина максимальная (м)	Глубина минимальная (м)	Температура воды	Прозрачность	pH	Цветность	Скорость течения (км/ч)

12. Химические свойства почвы

От химических свойств часто зависит распределена почвенной фауны и характер растительности. При полевых исследованиях определяются:

- *реакция почвы* – индикаторная бумажка (лакмусовая или универсальна, мини лаборатория «Пчелка») зажимается комками свежее выкопанной почвы, подстилки. По изменению цвета определяется pH почвы;
- *наличие карбонатов* – определяется 5 или 10 %-ным раствором соляной кислоты, который капают на почву или подстилку. Следует отметить глубину, с которой почва начинает вскипать и интенсивность реакции – бурное вскипание, вскипание, вспучивание);
- *наличие сульфатов* (сульфаты извлекаются из испытываемой почвы разведенной соляной кислотой, а и полученную вытяжку воздействуют несколькими каплями раствора хлорида бария. Наличие сульфатов подтверждается выпадением осадка белого цвета).

Результаты наблюдений записать в отчёте (см раздел Приложение). Сделайте краткий анализ полученных данных, с помощью которого должен быть выявлен характер взаимосвязи свойств почвы с микроклиматом, рельефом, растительностью и факторами антропогенного влияния.

Приложения

Приложение 1

Образец титульного листа отчета по ознакомительной практике

Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет «Биотехнологии и ветеринарной медицины»

Кафедра «Биоэкология и физиология с/х животных»

Отчет
по ознакомительной практике

Студента/ке 2 курса: Шараповой Софии Васильевны
направление 06.03.01. – Биология, профиль: биоэкология (квалификация «бакалавр»)
Место практики: п.г.т Усть-Кинельский

Срок практики: начало 26.06.2025 г.
окончание 22.07.2025 г.

Руководители практики: доцент кафедры биоэкологии и физиологии Зайцева Лилия Михайловна

От кафедры :

Кинель, 2025

Приложение 2

Образец: Задания, по ознакомительной практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет биотехнологии и ветеринарной медицины

Кафедра «Биоэкология и физиология сельскохозяйственных животных»

ЗАДАНИЕ
На ознакомительную практику

Студенту/ке: Шараповой Софии Васильевны
Место практики: п.г.т Усть-Кинельский
Срок прохождения практики с 26.06.2025 по 22.07.2025
Содержание задания на практику (перечень вопросов и проблем, подлежащих разработке):_____
Цель ознакомительной практики:
Выявить влияние абиотических факторов среды на численность моллюсков в пойме реки Б. Кинель.
Основные задачи практики:
1. Освоение методик сбора информации и материала.
2. Проведение наблюдения и анализа компонентов природно- антропогенных экосистем, оценка ситуаций и выявление местных биоэкологических проблем.
Индивидуальное задание: Выявление влияния абиотических факторов среды на численность моллюсков в реке Б. Кинель.
Задание выдано «26» июня 2025г.
Руководитель практики:_____ Л .М. Зайцева
Принял к исполнению _____ / _____

Приложение 3

Образец плана графика прохождения ознакомительной практики

План график, выполнения заданий и работ

№	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Аудиторное занятие, знакомство с этапами прохождения летней практики и с техникой безопасности	26.06.25
2	Описание рельефа местности и нахождения в близи экотопа	27.06.25
3	Определение видового состава флоры и фауны данного экотопа, а также выявление повреждений деревьев и кустарников на данном экотопе	28.06.25
4	Определение показателей воды, почвы и измерение pH, на выбранном участке	29.06.25
5	Определение абиотических факторов, направления и скорости ветра. Измерение температуры воздуха и воды, влажности воздуха (осадки). В процессе практики измеряются каждый день	01.07.25-17.07.25
6	Описание выбранной методики, для изучения объекта	10.07.25-17.07.25
7	Классификация объектов по теме, описание размножения, особенности приспособления к определённым средам обитания (для птиц, количество откладываемых яиц, окрас яиц, и время их инкубации)	18.07.25
8	Определение плотности популяции объектов, на данном экотопе	19.07.25
9	Изучение редких и исчезающих видов животных, включенных в Красную книгу на данном экотопе	20.07.25
10	Обработка и анализ собранного материала Оформление отчёта по практике	21.07.25
11	Зачет	22.07.25

Обучающийся _____/ _____ С. В. Шарапова

Руководитель практики _____ / Л. М. Зайцева

Рекомендуемая литература

1. Биология с основами экологии : учебное пособие / С. А. Нефедова, А. А. Коровушкин, А. Н. Бачурин, Е. А. Шашурина. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-1772-8.

2. Овчинников, Д. К. Биология с основами экологии : учебное пособие / Д. К. Овчинников, И. Г. Кадермас. – Омск : Омский ГАУ, 2021. – 188 с.– ISBN 978-5-89764-960-0.

3. Шилкова, Т. А. Биология с основами экологии : методические указания / Т. А. Шилкова. – Пермь : ПГАТУ, 2022. – 46 с.

4. Левых, А. Ю. Летние полевые практики по ботанике и зоологии: учебник для вузов / А. Ю. Левых. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 321с. – ISBN 978-5-534-14617-2.

5. Рябицев, В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: справочник-определитель / В. К. Рябицев. – Екатеринбург: Из-дво Урал. ун-та, 2002. 608 с.

6 . Павлов, С. И. Птицы лесов и как их изучают: учебное пособие к полевому практикуму / С. И. Павлов. – Самара: СГСПУ, 2018. – 338 с.

Учебное издание

Зайцева Лилия Михайловна

Организация и проведение ознакомительной практики

Методические указания

Авторская редакция

Подписано в печать 11.03.2025. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,92. Печ. л. 2,06.
Тираж 50. Заказ № 59.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский,
ул. Учебная, 2.
E-mail: ssaariz@mail.ru