



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

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 преобразая 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.

Осмоз (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, обуславливающая 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 объеме, 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 объеме. 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 насыщаются водой, увеличиваясь в объеме, 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, поливинил 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);

y₁ – 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 рН.

Потенциометрическое определение рН 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 рН на практике применяют стеклянный и хингидронный электроды. В отдельных случаях в качестве индикаторного электрода можно использовать водородный электрод. Для измерения рН применяют высокоомные потенциометры различных систем или рН-метры, шкала которых градуирована в милливольтках или непосредственно в единицах рН. Калибровка и проверка рН-метров проводится по стандартным буферным растворам. При измерении рН контролируемых растворов отсчет величины рН 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 рН проводят при $25 \pm 2^\circ\text{C}$, в противном случае необходимо сделать соответствующие поправки. При измерении рН сильно кислых и сильно щелочных растворов при температурах близких к 0°C , или при измерении рН растворов с очень малой буферной емкостью (например, дистиллированной воды) время установления показаний может достигать нескольких минут. При измерении рН в неводных и смешанных растворителях, а также в некоторых коллоидных системах следует иметь в виду, что полученные значения рН 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 её 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 10^4 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 $C(\text{буф. к-та}) = C(\text{буф. осн.})$ 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 рН 1л буферного раствора на одну единицу.

Обычно определяются буферная ёмкость по кислоте (Ва) и буферная ёмкость по щелочи (Вб).

$$Ba = n(H_3O^+)_{доб.} / V_{буф. p-p} \times \Delta pH \quad Bb = n(OH^-)_{доб.} / V_{буф. p-p} \times \Delta pH$$

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 рН буфера. При $pH = pK_a$ 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 $pH = pK_a \pm 1$.

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

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

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

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

Конечно, некоторое изменение рН происходит, поскольку с уменьшением концентрации, увеличивается степень диссоциации слабой кислоты, а уменьшение концентрации соли 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 рН с помощью универсального индикатора и на основании этого определения подбирают соответствующий одноцветный индикатор из группы нитрофенолов для точного определения рН 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 рН каждой буферной смеси, используя для этого стандартные эталоны с тем же индикатором. Результаты определения рН 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 рН 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 (рН) каждого буферного раствора. Объяснить в выводе, изменяется ли рН 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 приблизительно определяют рН 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 гидрофилизуется, обуславливает растворимость. В медицинской практике используют колларгол, протаргол, ихтиол. Растворы защищенных коллоидов готовят в массо-объемной концентрации. Технология данных растворов включает общие стадии изготовления растворов: растворение, фильтрация, оценка качества, упаковка, оформление. Защищенные коллоиды способны неограниченно набухать и самопроизвольно превращаться в раствор. Фильтрация 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.

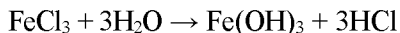
Задание 1. Получение коллоидного раствора канифоли, фенолфталеина, серы.

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 гидролизует в воде с образованием гидроокиси металла и сильной кислоты:



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

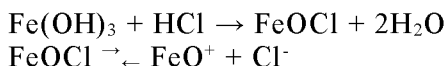
$\text{Fe} [\text{OH}]_3$
ядро

$\text{FeCl}_3 \text{ Fe}^{3+}$
адсорбционный слой

+

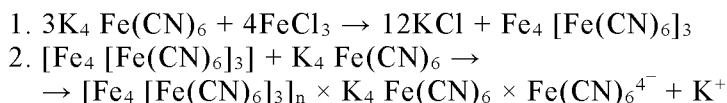
Cl^-
свободные ионы

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



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:



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. Образуется 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 обладают 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 n_1 всё время убывает, то число частиц второго порядка n_2 вначале увеличивается, а затем уменьшается. Чуть отставая по времени от n_2 растёт количество частиц третьего порядка n_3 , которое, пройдя свой максимум, начинает падать. В это время возрастает количество частиц следующего порядка и т.д.

Скорость коагуляции. Самопроизвольная коагуляция многих зелей 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. **Электролит** – 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 золь, а с другой – их избыточное добавление ведёт к коагуляции золь. 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 **электро-нейтральные 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 золь).

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, обуславливая 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°C, 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 получают 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 объём. Так как поглощение растворителя значительно увеличивает объём 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°C . 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 золь 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 применим – 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, кристаллы фиолетового 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 обязательно входят три химических элемента: Карбон, Гидроген и Кислород. Много углеводов кроме этих элементов содержат Фосфор, Сульфур и Азот. 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 *кетостирты* 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 ортофосфатной 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.

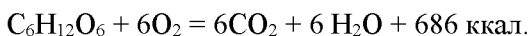
Гомополисахариды и гетерополисахариды. В состав *гомополисахаридов* входит значительное количество остатков одного моносахарида: глюкозы, манозы, фруктозы, ксилозы и т.д. Они являются запасными (резервными) питательными веществами для организма (гликоген, инулин, крахмал). Молекулы *гетерополисахаридов*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

По числу атомов углерода углеводы делят на *тетрозы*, *пентозы*, *гексозы* и т.д., а по химическому строению – это многоатомные альдегидо- и кетонспирты – *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:



Значительная часть выделенной энергии аккумулируется в АТФ. Постоянный источник глюкозы в организме - гликоген. В растворах глюкоза существует в виде пяти таутомерных форм – а- и b –глюкопираноз с шестичленным кольцом, а- 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, сернистая медь 1 % раствор. **Ход работы:** к раствору глюкозы прибавляют 1/3 объема раствора едкого натрия и по каплям 1 % раствор сернистой 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, сернистая медь 1 % раствор. **Ход работы:** к 2-3 мл раствора виноградного сахара (глюкоза) прибавляют одну треть часть объема 10% раствора едкого натрия и по каплям 1 % раствор сернистой 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 сернистой 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 сернистой 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: $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$
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 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. 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-глюкозами; 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 собой 1-4- 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 и 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.

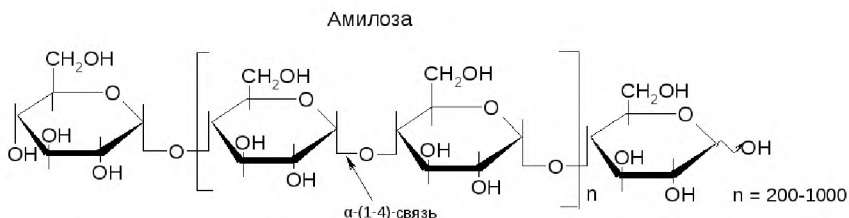
Контрольные вопросы

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 $\rightarrow$ 4)-гликозидными связями.

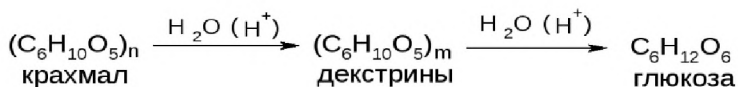


Амилопектин построен из таких же цепей, как амилоза, но разветвленных. В местах ветвлений боковые цепи соединяются с основной α -(1 $\rightarrow$ 6)-гликозидными связями.

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 непереносимости*) 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 α -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 способами 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(=O)-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 ₃ COONa 0,1 Н	2	2	2	2	2	2
CH ₃ COOH 0,1 Н	0,25	0,50	1	2	4	-
CH ₃ COOH 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 аминокислот.

Реакция с нингидрином используется для визуального обнаружения α -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 обуславливает 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 (образование NH_3) и декарбоксилирования (образование CO_2) α -аминокислот: На II стадии образовавшийся аммиак реагирует с эквимольными 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 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). 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 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 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 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). 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* (pI). 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 MgSO₄* – 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 (CH₃COOH) – 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 разная 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 накладывают 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 $t=50-55^{\circ}\text{C}$, 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. При продолжительном гидролизе наступает полный распад нуклеопротеидов. При гидролизе

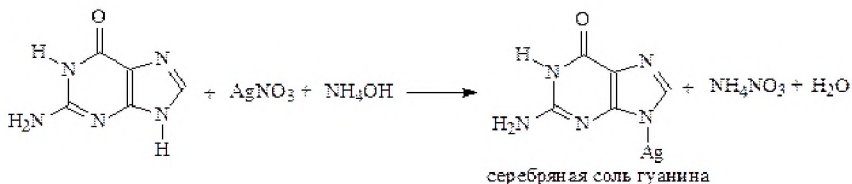
моноклеотидов выделяются пуриновые или пиримидиновые основания, углеводов (рибоза или дезоксирибоза) и фосфорная кислота. Составные части нуклеопротеидов в гидролизате можно открыть с помощью цветных (качественных) реакций.

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 проводят качественные реакции на составные части нуклеопротеидов. При гидролизе нуклеиновых кислот обнаруживаются фосфорная кислота, рибоза или дезоксирибоза и азотистые основания – пуриновые и пиримидиновые.

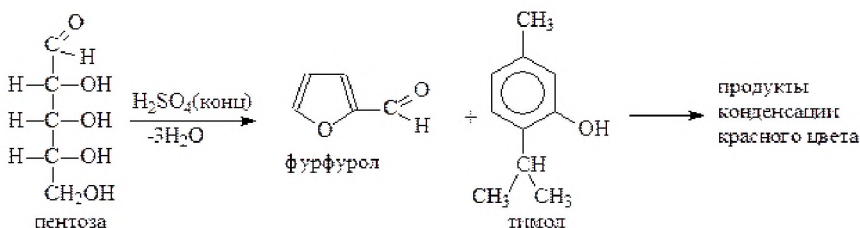
Задание 2. Обнаружение пуриновых оснований. Реакция основана на образовании серебряной соли пуринового основания.

Приборы: штатив с пробирками, спиртовка, **Реактивы.** Раствор гидроксида аммония, аммиачный 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.



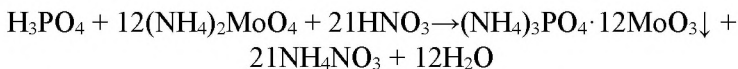
Задание 3. Обнаружение пентоз (реакция Молиша). Реакция основана на дегидратации пентоз и образовании фурфурола при действии концентрированной серной кислоты. Образовавшийся фурфурол в присутствии серной кислоты даст с тимолом продукт конденсации красного цвета.

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 наложите 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.



Нуклеиновые кислоты – это биополимеры, состоящие из мономерных 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 аккумуляции и переносе энергии; 3) служат кофакторами 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 $t=38^{\circ}\text{C}$, 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°C		
2	Сахароза	Амилаза	10 мин, 37°C		
3	Крахмал	Сахараза	10 мин, 37°C		
4	Сахароза	Сахараза	10 мин, 37°C		

Пробирки помещают на водяную баню при $t=37^{\circ}\text{C}$. 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 [III], имеющий синюю окраску. В присутствии восстанавливающих сахаров гидроксид меди [III] сначала переходит в гидроксид меди [II], 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 (глюкозы) 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: $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

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 pH 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 ₃ COONa	4,7	4,4	3,3	2,5	1,7	0,6	0,3
Na ₂ HPO 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°C. 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 термометром. **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 $t=37^{\circ}\text{C}$. 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 зелей 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 склоняться 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 отличие 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 поднесите 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.

А. Ритуал умиротворения – устранение препятствий к сближению брачных партнёров

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

С. 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 произвольно 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 по-другому 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- метакommunikация.

«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 *йеркшиш*, 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 стереотипными 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 высококодифференцированный 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 познание. При *локомоторном* познании животное изменяет свое пространственное положение в среде, не изменяя при этом саму среду. При *манипуляционном* познании 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 рефлексорные 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 вожakov 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 водоемов 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 разновозрастные 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 – ненаправленном 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:

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

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

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

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

Способность к самостоятельному выполнению жизненных функций обуславливает 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 особенности 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 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 этой 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, выюрков, 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 ситуациях.

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 формируют 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 обучению

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 картонки 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 форм.

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, издали 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, прищельцы в муравьиных и пчелиных гнездах распознаются по запаху и часто уничтожаются. Если, однако, прищелец 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 рефлексам.

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 узловых форм. 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 гастрюляции;
- период обособления тела зародыша;
- период гисто- и органогенеза.

В *третьем периоде* жизни эмбриона (гастрюляция), который в основном завершается в течение второй недели внутриутробного развития, происходит превращение зародыша в трехслойное полостное образование – гастролу. 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 (плащевое) 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 Антропогенеза, 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. приобретает 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 возникавшая 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 приспособливания 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 поддерживать постоянство гомеостаза с помощью теплорегуляционных механизмов, следствием чего являются гипо- и гипертермия. Если эти условия продолжают долго, наступает смерть животных.

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

Тепловой стресс. Если температура внешней среды поднимается выше верхней границы термонейтральной зоны, то животные испытывают тепловой стресс. Повышение температуры в помещении выше 30°C 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 складывается 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 удастся 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. : Иностран. 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 физиологич. 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. отделение. 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 <i>Homo sapiens</i>	35
Занятие 15. Проблемы поведения вида <i>Homo sapiens</i> . Очеловечивание мира. Проблемы антропогенеза в психологии	39
Занятие 16. Орудия труда – признаки и назначение. Трудовая деятельность вида <i>Homo sapiens</i> . 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 сведения о цели и задачах ознакомительной практики. В методических указаниях подробно раскрыта информация об технике 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 собирать

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 ясно-стью;
- 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 и время наблюдения	
Место наблюдения	
Абиотические характеристики (t °С, 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 плано-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 условиями 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 отчет 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 сачок, эсгаустер, 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 крепление 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.

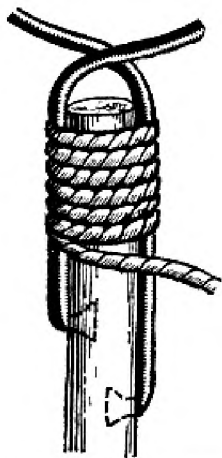


Рис. 1. Различные способы крепления сачка к палке

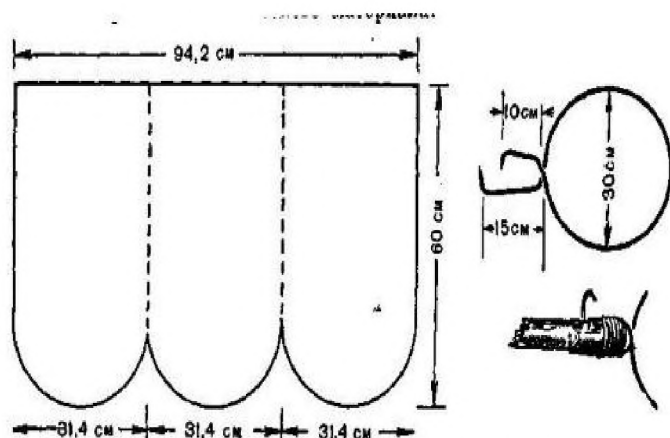


Рис. 2. Изготовление воздушного сачка

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. Экспаустер

Экспаустер. Экспаустер, или всасыватель – специальный прибор, предназначенный для сбора мелких насекомых путем их засасывания в приемную камеру. Состоит экспаустер из стеклянной колбы с резиновой трубкой. Заменить экспаустер можно самодельным всасывающим устройством (рис.5.). Сбор насекомых с помощью экспаустера производится с поверхности листы, 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 укусы 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 микростационных 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 самцы принимаются 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 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.

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); A – показатель активности вида.

Предположим, что учётник 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 tranсектов (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 км², 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 самцы принимаются 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 ($K=50$), 50 м ($K=20$) и т. д.

Полученные для каждой полосы обнаружения произведения суммируются и записываются в графу 1 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	...	Соловей	400м	Смешанный лес: Сосна 2, Береза4, Дуб 1.
	П.т		Грач	
			300м	
Кукушка		П.т	200м	Сосновый лес
	Дятел		100м	
			Начало учета	

Рис. 10. Схема карточки учета птиц на маршруте.

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

В графе N данные по плотности «сидящих» и «летающих» 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:

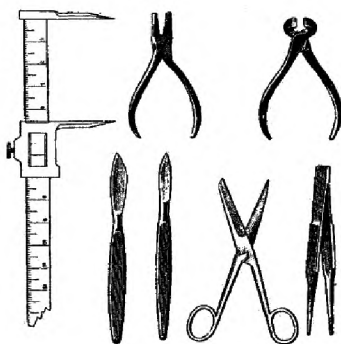
- методы фаунистических исследований, позволяющие установить видовой состав животных, обитающих на интересующей территории;
- методы количественной оценки популяций;
- методы изучения размножения позвоночных животных;
- методы изучения питания животных;
- методы изучения и регистрации активности животных;
- 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 водоемов 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 – неперенные 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, несесер 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 нитроцеллюлёзным 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.).

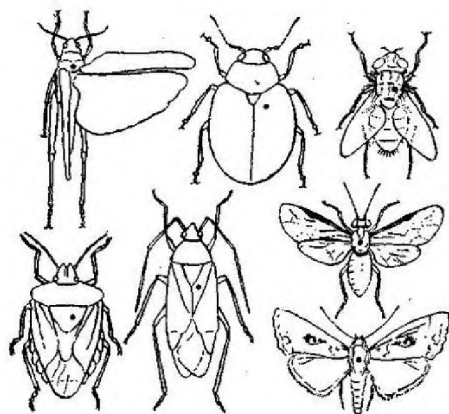


Рис. 7. Способы накалывания представителей разных отрядов

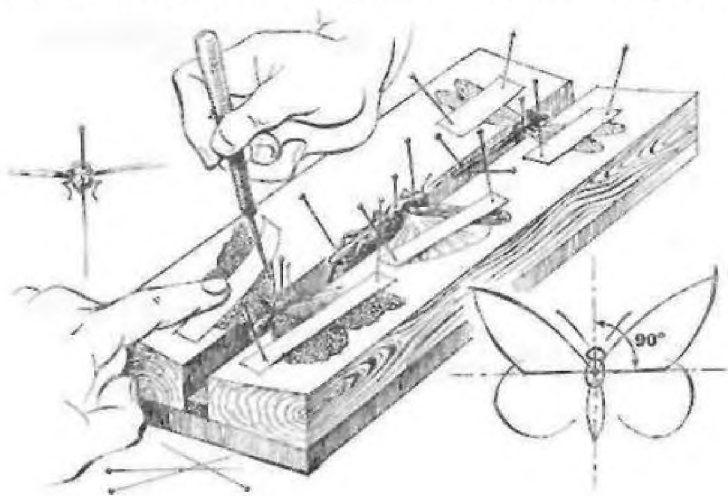


Рис. 8. Расправление бабочек, стрекоз и саранчи

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____

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.
1 курса 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 по 1.07.2022 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 ____

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.	19.06.22
	Определение биотопа для дальнейшего его исследования	20.06.22
	Используя методическое пособие, подбор методов для сбора материала.	21-22.06.22
	Определение видового состава флоры данного экотопа.	23-24.06.22
	Определение видового состава (беспозвочных или позвоночных).	25-26.06.22
	Описание рельефа местности и нахождения вблизи экотопа: автомагистральных дорог, промышленные предприятия, мусорные свалки и т.д.	27.06.22
	Если тема практики связана с гидробионтами, то нужно определить физико-химические свойства воды, рН.	28.06.22
	Составление отчёта по разделу практики; описание видов беспозвочных 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.	29-30.06.22
	Зачет	1.07.22

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

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

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.
Курса 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__

Образец заполнения дневника ознакомительной практики

Выполнение заданий и работ

Дата этапа	Описание задания выполненной работы	Примечания руководителя практики
19.06.22	Аудиторное занятие, знакомство студентов с этапами прохождения летней практики и с правилами техники безопасности.	
20.06.22	Студент самостоятельно пишет, что должен делать в течении практики	
21.06.22	Определение биотопа для дальнейшего его исследования Обучающийся самостоятельно описывает место на котором будут проводится дальнейшие исследования.	
23-24.06.22	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.	
27.06.22	Также указать в какое время наступает брачный период, отличается ли самец от самки.	
28.06.22	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.	
29.06.22	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 : ВГЛУ (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

M18

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.

M18 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 атмосферы 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 КСНС, 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 турбулевой сини, обнаруживающий присутствие ионов Fe^{+2} при добавлении к их раствору раствора $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – 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 ультрамикрoанализа;

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, новые 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 бутылках 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.

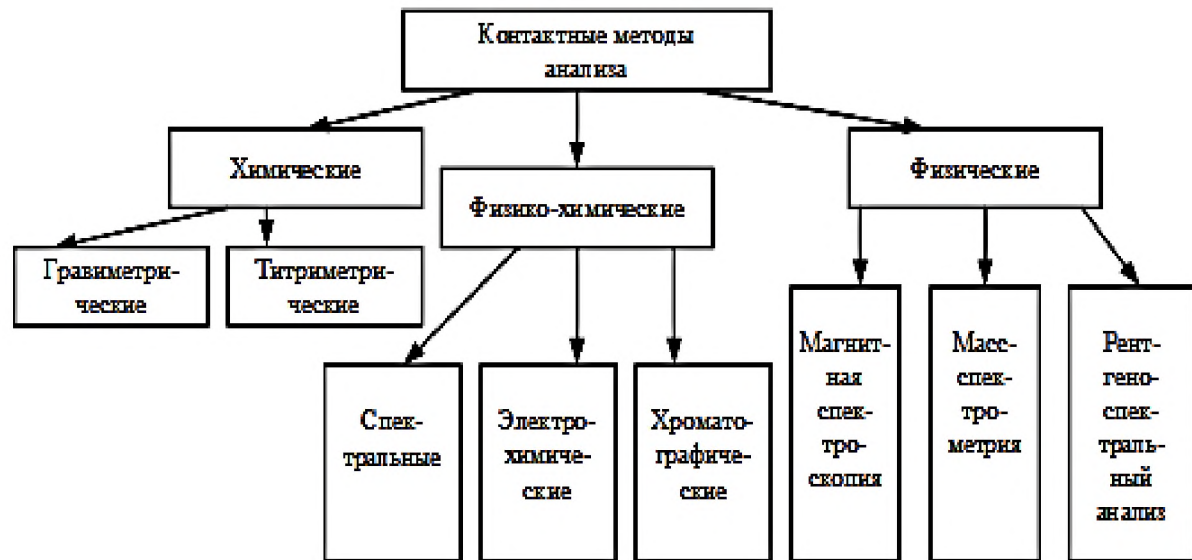


Рис. 3. Структура контактных методов наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды

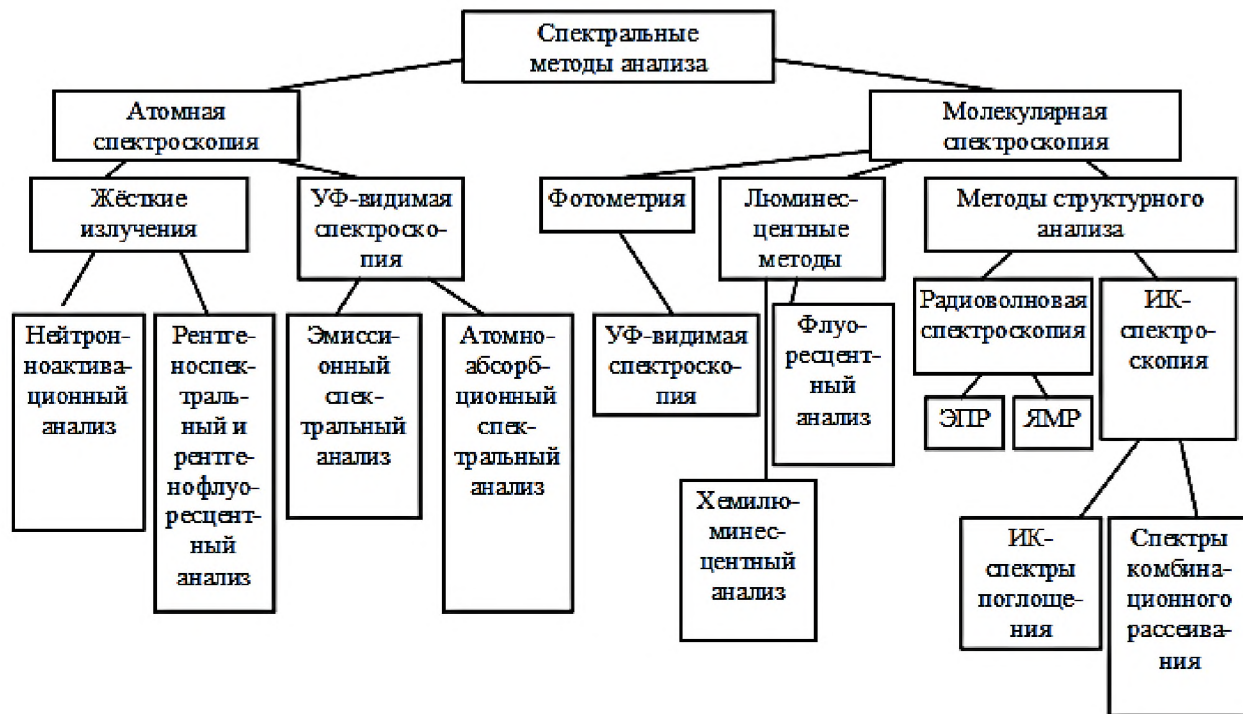


Рис. 4. Спектральные методы анализа объектов окружающей среды

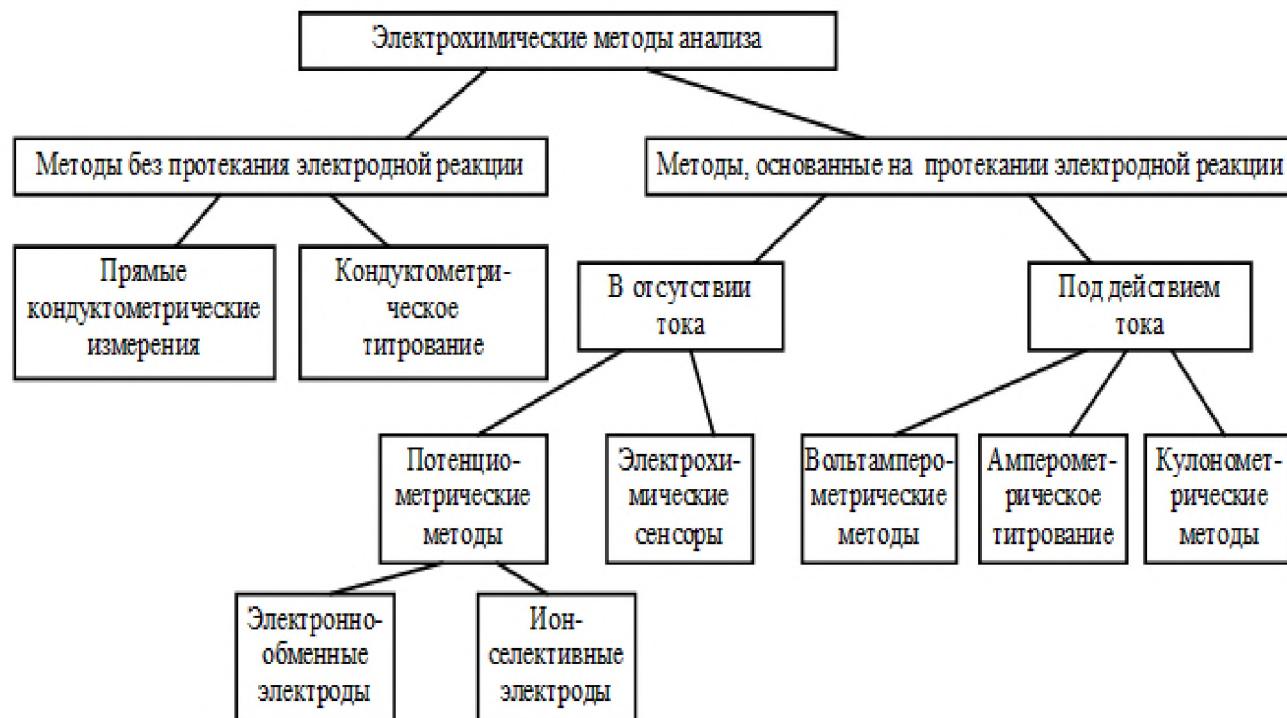


Рис. 5. Электрохимические методы анализа объектов окружающей среды



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; загнивание 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 проверки 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 получают 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 см³), полумикро- (0,01-0,1 г или 0,1-1,0 см³), микро- (0,001-0,01 г или 0,01-0,1 см³) и ультрамикрометоды (10⁻⁶...10⁻⁹ г или 10⁻³... 10⁻⁴ см³).

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 прокаливании, сжигения, 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:

$$A = K \times n(m, c). \quad (1)$$

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:

$$K = \frac{dA}{dn} \text{ или } K = \frac{\Delta A}{\Delta n}. \quad (2)$$

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 $10^{-4} \dots 10^{-5}$ 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, $12,465 \approx 12,46$; $12,475 \approx 12,48$).

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:

$$m(A) = T(B/A) \times V(B). \quad (3)$$

Несмотря на то, что V измеряют до сотых, результат должен быть вычислен до $10^{-4} \dots 10^{-5}$ 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 X_i от истинного значения измеряемой величины μ .

Разность $X_i - \mu = \Delta X_i$ называется абсолютной погрешностью, а отношение $\frac{\Delta X_i}{\mu}$, выраженное в процентах ($\frac{\Delta X_i}{\mu} \times 100\%$), 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: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n$. 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:

$$Q = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}. \quad (4)$$

Для выявления промаха рассчитанное для него Q сравнивают с табличным критическим значением $Q_{\text{табл}}$, приведенным в аналитических справочниках. Если $Q > Q_{\text{табл}}$, 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 $\bar{x}$ или истинного μ .

Квадрат величины стандартного отклонения $S^2 (\sigma^2)$ называют дисперсией результатов измерения. Она показывает среднеквадратичное отклонение результатов повторных измерений от среднего $\bar{x}$ или истинного значения.

В процентах воспроизводимость оценивают по величине относительного стандартного отклонения:

$$\Delta S = \frac{S}{\bar{x}_{\text{ср}}} \times 100 \%. \quad (5)$$

Обычно считают при $S = 1 \dots 5\%$ воспроизводимость результатов измерения хорошей, при $S = 5 \dots 10\%$ – удовлетворительной, при $S = 10 \dots 15\%$ – 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 см³. 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 (рН) 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-основной, 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 $((\text{NH}_4)_2\text{S})$, 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	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	2М HCl	Хлориды нерастворимы в воде
II	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$	1М H_2SO_4	Сульфаты не растворимы в воде
III	$\text{Zn}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Si}^{4+}, \text{As}$	4М NaOH	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
IV	$\text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sb}^{5+}$	25% NH_3	Гидроксиды нерастворимы в избытке NaOH или NH_3
V	$\text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	25% NH_3	Гидроксиды растворяются в избытке NH_3 с образованием комплексных соединений
VI	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	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 ($t_{\text{плав}}$), для жидких – температуру кипения ($t_{\text{кип}}$) или показатель преломления. Молярную массу определяют по понижению $t_{\text{замерз}}$ или повышению $t_{\text{кип}}$, 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 растёт.

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 $\ln K = A/T + B$ (A и B – константы), а также империческое правило Вант-Гоффа: *при увеличении температуры на каждые 10°C 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 межйонное взаимодействие с помощью коэффициента активности:

$$a = \gamma \times c, \quad (6)$$

где a – активность, моль/л; γ – коэффициент активности; c – концентрация ионов в растворе без учета межйонного 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 (% *pt*) – на тысячу частей;
- пропромилле (% *ppt*) – на миллион частей;
- пробилле (*pv*) – на миллиард частей.

Выражение концентрации через *pt*, *ppt*, *pv* 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 (T) равен отношению массы растворенного вещества X к объему его раствора

$$T(X) = m(X) / V(X), \quad (7)$$

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 1 см³ 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, 0,1M H₂SO₄, 1M H₂SO₄ 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. H₂SO₄, $f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$.

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 *идеи 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. протонлюбящие) 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 ₃ COOH + CH ₃ COONa) pH = 4,7	CH ₃ COONa + HCl = = CH ₃ COOH + NaCl	CH ₃ COOH + NaOH = = CH ₃ COONa + H ₂ O
Аммиачный БР (NH ₄ OH + NH ₄ Cl) pH = 9,3	NH ₄ OH + HCl = = NH ₄ Cl + H ₂ O	NH ₄ Cl + NaOH = = NH ₄ OH + NaCl
Карбонатный БР (Na ₂ CO ₃ + NaHCO ₃) pH = 10,3	Na ₂ CO ₃ + HCl = = NaHCO ₃ + NaCl	NaHCO ₃ + NaOH = = Na ₂ CO ₃ + H ₂ O
Фосфатный БР (Na ₂ HPO ₄ + NaH ₂ PO ₄) pH = 8	Na ₂ HPO ₄ + HCl = = NaH ₂ PO ₄ + NaCl	NaH ₂ PO ₄ + NaOH = = Na ₂ HPO ₄ + H ₂ O

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 рН при их разбавлении, а также препятствовать изменению рН 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 $10^{-4} \dots 10^{-5}$ 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 приблизительно точностью измерения объема ($1-10 \text{ см}^3$). 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 (до 10^{-2} см^3) растворов в титриметрии служат аналитические пипетки, бюретки и мерные колбы различной вместимости, а массы – *аналитические весы* (до $10^{-4} \dots 10^{-5} \text{ г}$). 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 сверху 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 $V_{\text{пип}}$ отбирают пробу (*аликвотную часть*) анализируемого раствора. Расчет массы определяемого вещества во всем объеме раствора, взятого на анализ

$V_{\text{МК}}$, проводят по формуле с поправочным коэффициентом $V_{\text{МК}}/V_{\text{тип}}$, называемым *фактором разбавления* (или просто разбавлением). $V_{\text{МК}}$ и $V_{\text{тип}}$ – 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 $\phi(A)$ 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 $\phi(A)$, приведенные выше, а $c(1/z A)$ рассчитывают по формуле (10):

$$c(\frac{1}{z}A) = \frac{c(\frac{1}{z}B)V(B)}{V(A)}. \quad (10)$$

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 ($E = 1,51 \text{ В}$). 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 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ можно показать схемой (рис. 7):

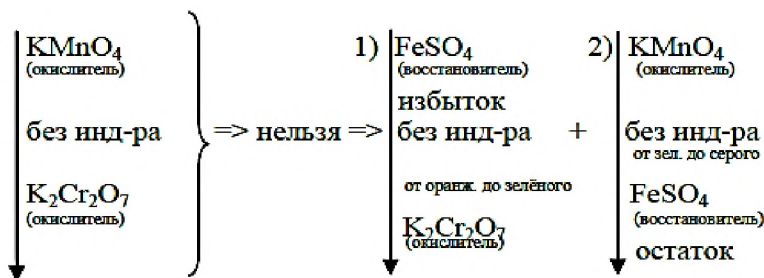


Рис. 7. Перманганатометрическое определение содержания $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Заместительное титрование применяют, например, при иодометрическом определении окислителей. Иодометрия – один из самых чувствительных титриметрических методов. Исключительная чувствительность объясняется применяемым индикатором – крахмалом, который синее в присутствии ничтожных количеств молекулярного иода (I_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 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 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 известный избыток нетитрованного раствора KI 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 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

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 ядерного магнитного (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 рН, рСа, рК, рNa, рNO₃, рNH₄, рCl 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-Ваальсовы 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 быстрой определению. 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 титрования.

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 A , 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 (I_x), затем в пробу вводится известный объем стандартного раствора до концентрации $c_{ст}$ и снова измеряется интенсивность сигнала ($I_x + ct$).

В методах титрования измеряется интенсивность аналитического сигнала и строится кривая титрования в координатах I, V , где V – объем добавленного титранта, мл. Точка эквивалентности

находится по кривой титрования.

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).

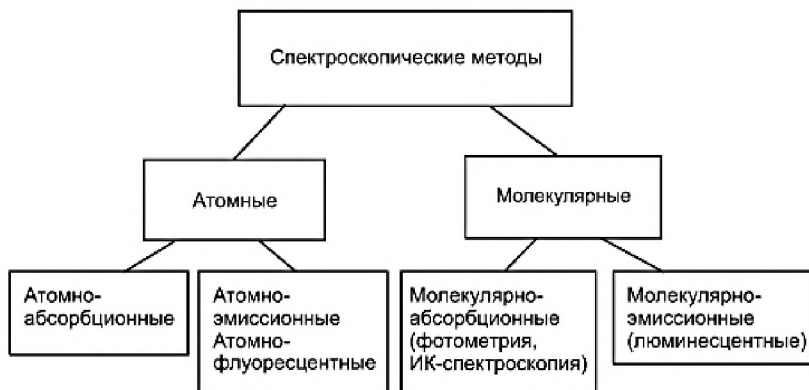


Рис. 9. Классификация спектроскопических методов

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 $10^{-9} \dots 10^{-7}$ 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 (Al, 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 $\text{H}_3\text{PO}_4 > \text{HCl} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3$ (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 ($lg\epsilon \leq 2$) относятся к группам, имеющим $n \rightarrow \pi^*$ -переходы ($C=O$, $C=S$, $C=N$, $N=N$, NO_2 , NO). Полосы поглощения в области 250-300 нм с $lg\epsilon = 2-3$ могут быть связаны с соединениями ароматического ряда, типа производных бензола, и в большинстве своем имеют колебательную структуру. Интенсивные полосы поглощения с $\lambda_{\text{макс}} > 224$ нм и $lg\epsilon \geq 4$ 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 bathochromно и имеет большую интенсивность по сравнению с цис-изомером.

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.

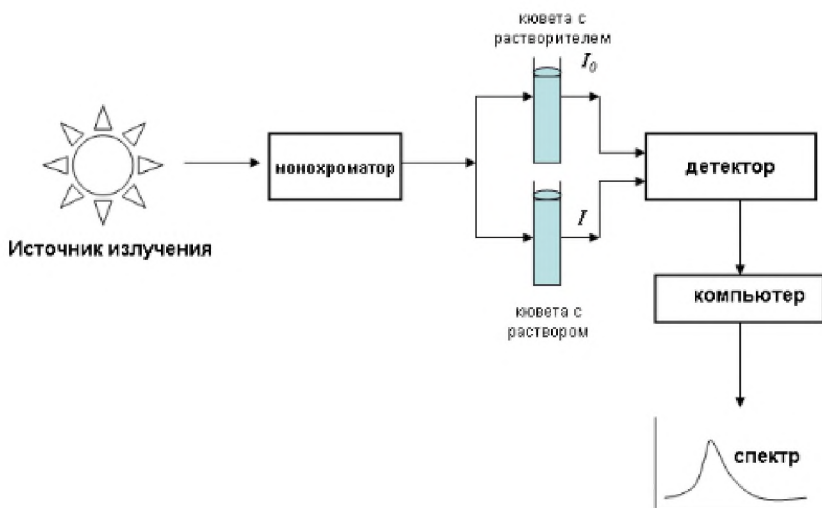


Рис. 10. Принципиальная схема оптического спектрофотометра

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).

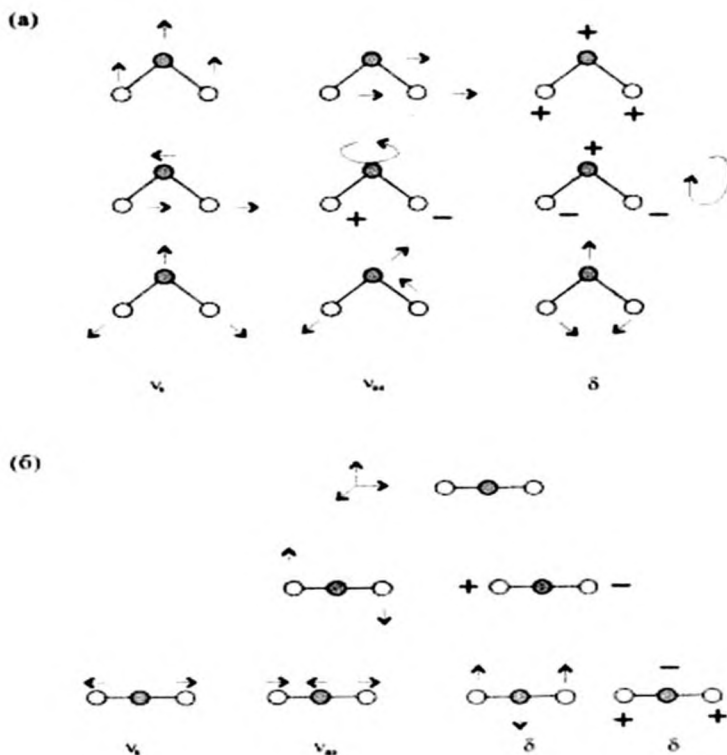


Рис. 11. Различные возможности движения трехатомных молекул:
а – молекула H_2O (нелинейная); б – молекула CO_2 (линейная)

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 выравнять 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).

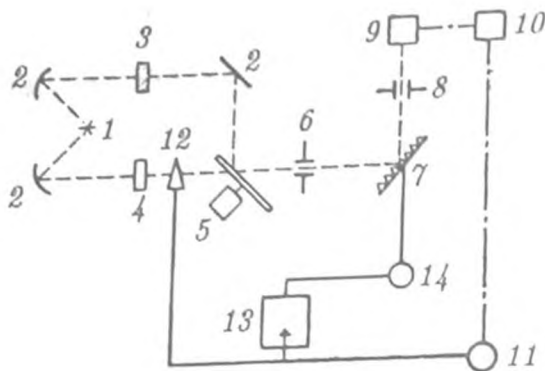


Рис. 12. Блок-схема двухлучевого сканирующего ИК-спектрометра:
 1 – источник ИК-излучения; 2 – система зеркал; 3 – рабочий пучок и образец;
 4 – пучок сравнения и компенсатор фона; 5 – прерыватель-модулятор;
 6 – входная щель монохроматора; 7 – диспергирующий элемент
 (дифракционная решетка или призма 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 $\sim 1300^\circ\text{C}$ максимум интенсивности излучения приходится на область $\sim 5000\text{ см}^{-1}$ ($\sim 2\text{ мкм}$), а в области $\sim 600\text{ см}^{-1}$ ($16,7\text{ мкм}$) 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 ($400\text{--}5000\text{ см}^{-1}$) 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 спектроскопическим 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, 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 (монокроматор). 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.

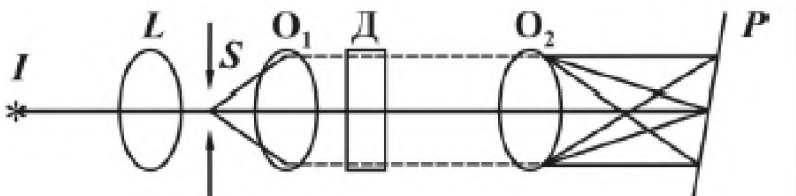


Рис. 13. Принципиальная схема спектрофотометра

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: призмные 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 (МАО), основанный на поглощении излучения молекулами или сложными ионами анализируемого вещества в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

2. Атомно-абсорбционный анализ (ААО), 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.

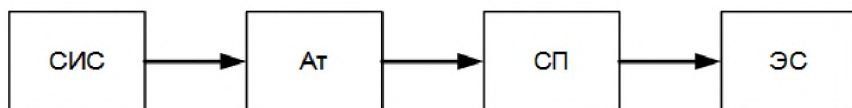


Рис. 14. Принципиальная блок-схема атомно-абсорбционного спектрометра:

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 фотоелектронный 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.

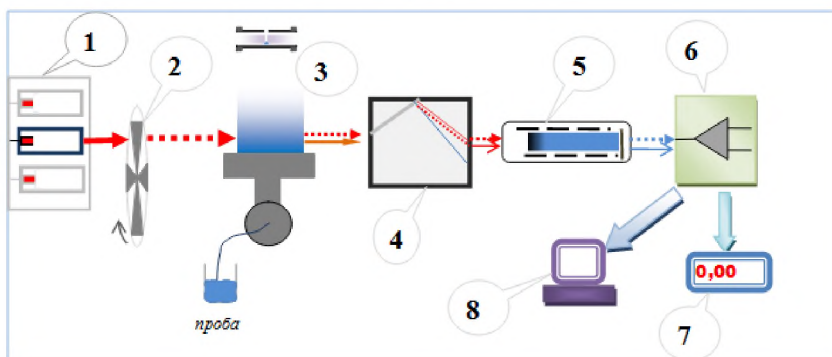


Рис. 15. Схема однолучевого атомно-абсорбционного спектрометра:

- 1 – лампы с полым катодом (4-8 шт.), закрепленные во вращающемся барабане;
2 – механический модулятор; 3 – атомизатор (целевая горелка предварительного смещения или графитовая печь); 4 – монохроматор; 5 – ФЭУ; 6 – электронный блок; 7 – отсчетное устройство (миллиамперметр или цифровой вольтметр);
8 – компьютер

При сравнительно низких температурах (1700-2900⁰C) 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 .

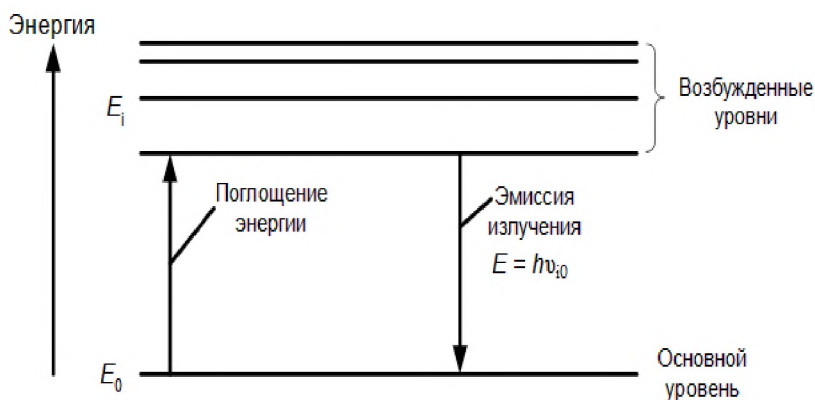


Рис. 16. Диаграмма энергетических уровней атома, показывающая переходы внешнего электрона при поглощении энергии (возбуждение – $\uparrow$) и освобождении от поглощенной энергии (девозбуждение, эмиссия – $\downarrow$)

Метод атомно-абсорбционного анализа является относительным (сравнительным), поэтому для установления вида градуировочной зависимости «Абсорбция – Концентрация элемента» используют градуировочные растворы, в которых концентрация C определяемого элемента известна. С помощью этих растворов строят градуировочный график в координатах (A, C).

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 атомизации, 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.

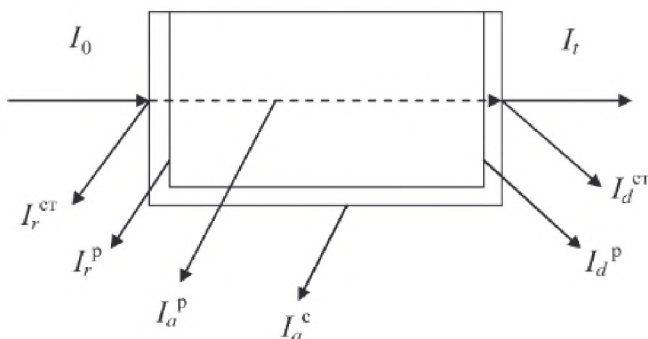


Рис. 18. Явления, возникающие при прохождении света через раствор:

I_r^{cm} – отражение от стенки кюветы; I_r^p – отражение от раствора;

I_a^p – поглощение светового потока от раствора;

I_a^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 комплексобразованием 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 фотоземлет, преобразующий световую энергию в электрическую, измеряемую гальванометром. Фотоэлектроколориметры в зависимости от числа используемых при измерении фотоземлетов делят на две группы: 1) с одним фотоземлетом (однолучевые) – КФК-2 и др.; 2) с двумя фотоземлетами (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 фотоземлетами. 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 t . Величина t_1 – время удерживания компонента 1, величина t_2 – время удерживания компонента 2, величина t_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.

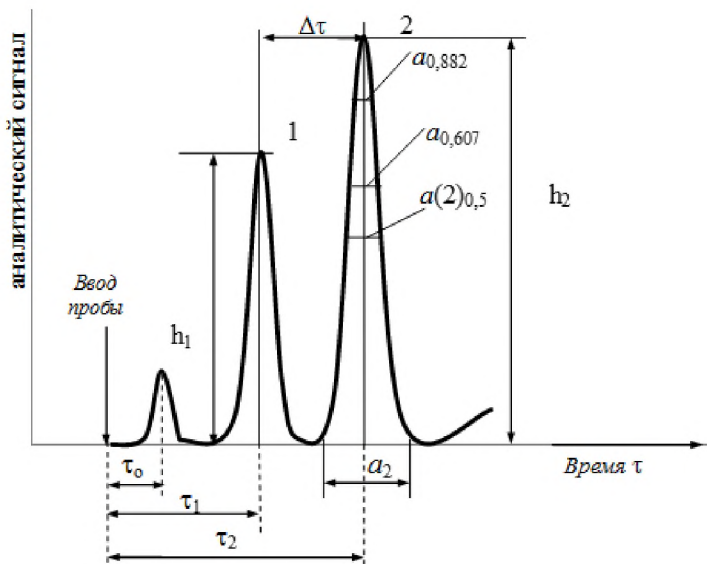


Рис. 19. Схематическое изображение хроматограммы в случае разделения трехкомпонентной смеси:

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

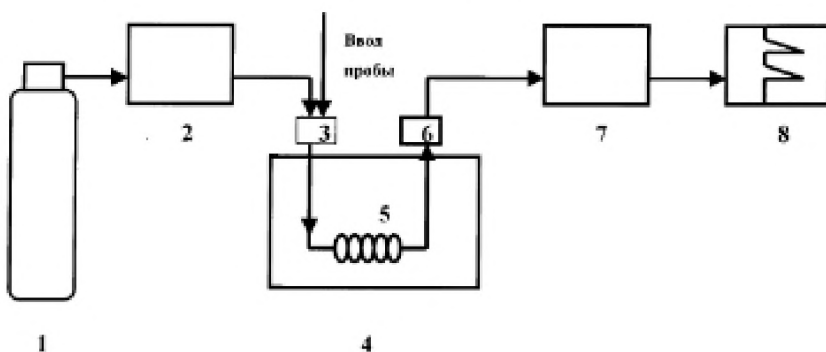


Рис. 20. Принципиальная блок-схема газового хроматографа:
1 – баллон с газом-носителем, 2 – блок подготовки газов, 3 – испаритель, 4 – термостат, 5 – хроматографическая колонка, 6 – детектор, 7 – усилитель, 8 – регистратор

В испаритель 3, температура которого поддерживается достаточной для быстрого испарения смеси, с помощью микрошприца вводится анализируемая проба, которая испаряется и потоком газоносителя 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) аппаратное 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-комплексобразовательная, 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 $A < B < C$.

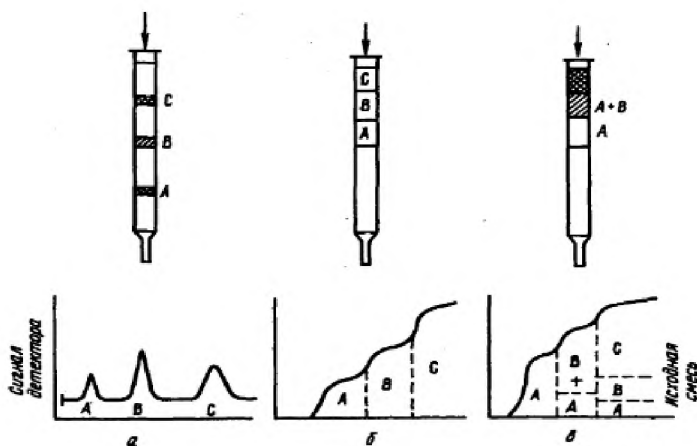


Рис. 21. Внутренние и внешние хроматограммы, полученные методом элюентной (а), вытеснительной (б) и фронтальной (в) хроматографии (сорбируемость веществ увеличивается в ряду $A < B < C$)

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).

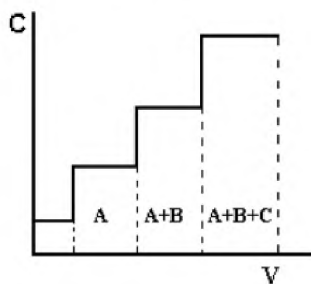


Рис. 22. Выходная кривая фронтального анализа (A, B, C – разделяемые вещества)

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).

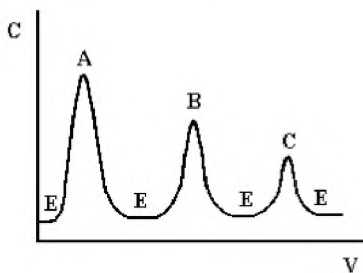


Рис. 23. Выходная кривая проявительного анализа:
А, В, С – разделяемые вещества, Е – растворитель (элюент)

Вытеснительный метод отличается от фронтального и проявительного тем, что после введения пробы исследуемой смеси колонку промывают растворителем или газом-носителем, к которому 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 электродвижущей 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 рН-метрами и микропроцессорными ионOMETрами с функцией потенциометрического титрования. Они могут быть использованы при автоматическом титровании как для измерения рН, 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 ионOMETру И-160, позволяющему в зависимости от функции индикаторного электрода измерять рН, активность сульфид-, хлорид-, нитрат-, фторид-и других ионов.

При измерении рН 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 рН 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, инверсионная вольтамперометрия

Цель занятия – изучить методику проведения исследований с использованием метода вольтамперометрии, 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 (A/cm^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.

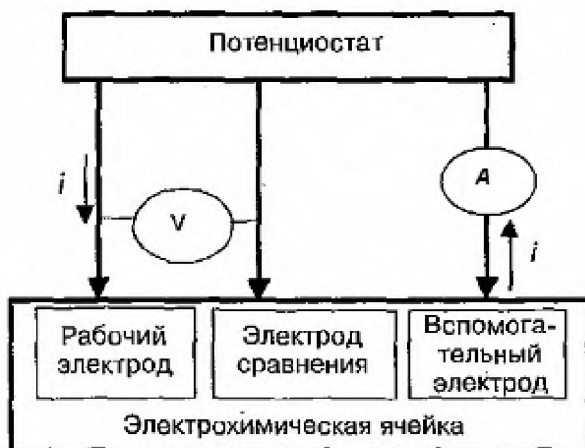


Рис. 25. Принципиальная схема трехэлектродной ячейки

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 $0,1 \text{ см}^2$, 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).

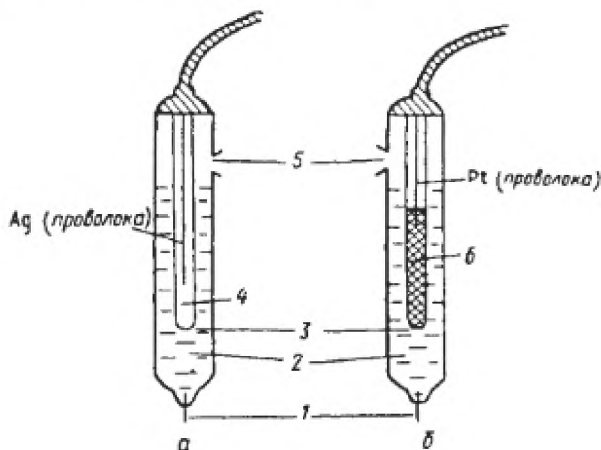


Рис. 26. Электроды сравнения хлорсеребряный (а) и каломельный (б) с двойным солевым мостиком:

- 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 Hg₂Cl₂, 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 экранирован 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 , NO_x , 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: $\text{CH}_3\text{--S--H}$ (метилмеркаптан), $\text{C}_2\text{H}_5\text{--S--H}$ (этилмеркаптан). Неприятные запахи могут быть также связаны с присутствием в выбросах акролеина ($\text{CH}_2=\text{CH--COOH}$), фенола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) 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 , NO_x , CO) и наиболее распространенные специфические ЗВ (C_xH_x , 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 , NO_x , 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 общелaborаторным 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 измерений.

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).

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 СО, 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 , NO_x , 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, быстрым действием 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 NO₂ 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 водоохраных 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 водоохраных 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 максимальной 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»)

Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
1	2	3
Взвешенные вещества	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	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	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	

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 (БПК ₅)	Не должно превышать при температуре 20°C	
	2 мг О ₂ /дм ³	4 мг О ₂ /дм ³
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать	
	15 мг О ₂ /дм ³	30 мг О 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 бутылки 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 неактиночного 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 дм³);

- обеспечение хранения пробы в темноте и обеспечение хранения температуро- и времязависящих проб при температуре 4°C на период не менее 24 ч при температуре окружающей среды до 40°C;
- 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 отношении. 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, жилые 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 территории, 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 чистом 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 м² 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.

Диспергирование (от лат. *dispersio* – рассеяние), **эмульгирование, эмульгация** – 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.

Катализатор – 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 (‰, pt) – на тысячу частей;
- пропромилле (‰, ppm) – на миллион частей;
- пробилле (pb) – 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. протонолюбящие) – 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, настраивание 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 (элюэнтный) 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. Вольтамперометрия, 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 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. Общеизвестно, 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 в то время, 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. Пастбишно-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-оленоводческий 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 Водно- 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 сырьё.

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 невозстановимы 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), дронг (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 CO₂, 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 введенный 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, существованием 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 десятилетий 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-

собоерегающие 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 агроэконосителей.

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:

$$\text{РПП} = \text{ИПР} + \text{ВПР} + \text{ООС},$$

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 народно-хозяйственное 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 энергоёмкость 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 энергоёмких видов энергоносителей, таких как электроэнергия, кокс на более дешёвые, 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 оптимизация 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 – важная 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 взаимодействия);

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 биосферу, 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 матери-

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. Механизмы 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. Ежовского, 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 природополь- зования.....	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 формирование 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, проникнуть 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 проводится 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 перегрева 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-дезоксид-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

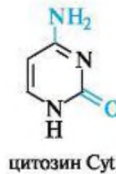
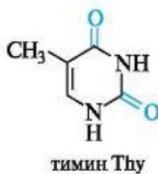
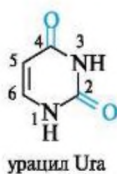
В химии нуклеиновых кислот входящие в их состав гетероциклические соединения пиримидинового и пуринового рядов обычно называют нуклеиновыми основаниями.

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).

ПИРИМИДИНОВЫЕ НУКЛЕИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ



ПУРИНОВЫЕ НУКЛЕИНОВЫЕ ОСНОВАНИЯ

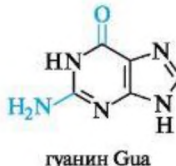
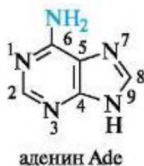


Рис. 1 Пиримидиновые и пуриновые основания

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-дезоксид-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 C-5' или C-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 C-3' предыдущего и с C-5' последующего нуклеотидных звеньев представлена 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 косвенного 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. *Выврожденность.* 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. *Коллинеарность* – 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, 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 кодирования 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, C), 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:

...AAATGAAC TTCA...

Комплементарный 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;
- аминсахара (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 $>\text{C=O}$. 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, обуславливает химические свойства глюкозы. Как и все гексозы, глюкоза имеет 4 асимметричных углеродных атома, обуславливающих 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 обратная 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 полуацетата плоская карбонильная группа превращается в систему тетраэдрического атома углерода. Возникает новый асимметрический 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 выделения 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 флавопротеиды.

В гемопротеидах 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 вилообразную структуру, состоящую из двух тяжёлых (H) цепей и двух лёгких цепей (L). Иммуноглобулины, в свою очередь, входят в состав суперсемейства, включающего иммуноглобулины, рецепторы к Т-антигенам, белки гистио совместимости.

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 ($\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, β -), сывороточные белки (β -лактоглобулин, α -лактоальбумин), альбумин сы-

воротки крови, иммуноглобулины, β 2-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 (рН 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 смеси осторожно, по стеклянной палочке прилить 10 % раствор уксусной кислоты до рН 4,6 (2-3 мл уксусной кислоты), рН раствора определить с помощью универсального индикатора. Для этого стеклянной палочкой наносят каплю на универсальную индикаторную бумагу и по шкале определить рН. При рН=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 X.

2. Биуретовый реактив для микроопределения (реактив Бенедикта): 17,3 г цитрата 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 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 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 электронеutralными и тем самым, понижая устойчивость белков в растворе. Кроме того, соли щелочных и щелочно-земельных 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 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 0,6 г $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (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 на способности триптофана в кислой среде вступать в реакцию с 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 осуществляется реакция диазотирования и образуется диазобензолсульфоновая кислота. При реакции последней с гистидином образуется соединение вишнево-красного цвета.

Ход работы: к 1 мл 1%-го раствора сульфаниловой 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-

боната 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 приступить 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 расходом фермента и реактивов и позволяет следить за течением реакции во времени.

Для этого реакцию 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 относятся, 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 (А. 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 которых катализируется 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 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 фосфорномолибденово-кислый 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>