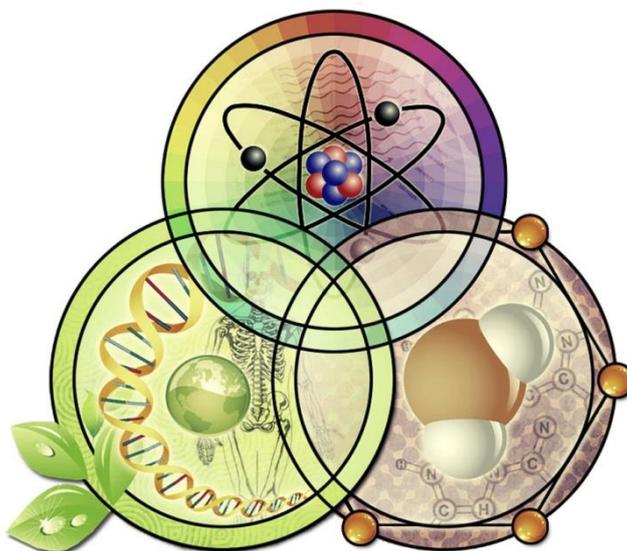


**Министерство сельского хозяйства РФ
Новozyбковский сельскохозяйственный техникум-
филиал ФГБОУ ВО
«Брянский государственный аграрный университет»**



ОСНОВЫ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Учебное пособие

Брянск, 2020

УДК 50 (07)
ББК 20
О 75

Основы естественнонаучных знаний: учебное пособие / сост. Т. П. Хеззиева, И. С. Иванова. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – 400 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по учебному предмету «Основы естественнонаучных знаний». Помимо теоретического материала в нем содержатся вопросы для повторения и список литературы для подготовки к занятиям.

Рекомендовано к изданию методическим советом Новозыбковского филиала Брянского ГАУ от 15 мая 2020 года, протокол №6.

© Иванова И.С., 2020
© Хеззиева Т.П. 2020
© Брянский ГАУ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Раздел 1. ХИМИЯ.....	6
Тема: Введение	6
Тема: Основные понятия химии	12
Тема: Основные законы химии	19
Тема: Периодический закон Д.И.Менделеева	24
Тема: Строение электронных оболочек атомов	31
Тема: Строение вещества.....	39
Тема: Вода. Растворы.....	48
Тема: Классификация неорганических соединений и их свойства.....	64
Тема: Классификация химических реакций	79
Тема: Окислительно-восстановительные реакции.....	82
Тема: Металлы	91
Тема: Неметаллы	100
Тема: Основные понятия органической химии и теория строения органических соединений	109
Тема: Алканы	120
Тема. Алкены	127
Тема. Диены и каучуки	133
Тема: Алкины.....	140
Тема: Природные источники углеводов	146
Тема: Спирты	153
Тема: Фенол.....	162
Тема: Карбоновые кислоты	169
Тема: Сложные эфиры и жиры.....	177
Тема: Углеводы.....	185
Раздел 2. БИОЛОГИЯ	191
Тема: Многообразие живого мира.....	191
Тема: Химическая организация клетки.....	197
Тема: Краткая история изучения клетки.....	200
Тема: Белки, углеводы, липиды и их роль в клетке.....	203
Тема: Нуклеиновые кислоты и их роль в клетке.....	210

Тема: Строение и функции клетки	217
Тема: Вирусы как неклеточная форма жизни.....	222
Тема: Жизненный цикл клетки	231
Тема: Размножение организмов	235
Тема: Мейоз.....	241
Тема: Эмбриональное развитие организма.....	247
Тема: Постэмбриональное развитие	255
Тема: Основы учения о наследственности и изменчивости	261
Тема: Первый и второй закон Г. Менделя	266
Тема: Третий закон Г. Менделя	272
Тема: Генетика пола	277
Тема: Закономерности изменчивости.....	285
Тема: Основы селекции растений, животных и микроорганизмов.....	289
Тема: Происхождение и начальные этапы развития жизни на Земле	299
Тема: История развития эволюционных идей.....	305
Тема: Эволюционное учение Ч. Дарвина.....	309
Тема: Микроэволюция	312
Тема: Макроэволюция.....	324
Тема: Антропогенез.....	337
Тема: Экология — наука о взаимоотношениях организмов между собой и окружающей средой.....	349
Тема: Экологические системы	352
Тема: Искусственные экосистемы.....	364
Тема: Экологические факторы, их значение в жизни организмов.....	370
Тема: Биосфера — глобальная экосистема.....	374
Тема: Биосфера и человек.....	382
Тема: Бионика как одно из направлений биологии	386
Использованные источники	399

ВВЕДЕНИЕ

Вы начинаете изучение учебного предмета Основы естественнонаучных знаний, задача которого – изучение общих свойств живого, законов его существования и развития.

Естественно-научная культура сформировалась в результате изучения природы как проявления материального мира. В ней изучается в первую очередь изучается состав и состояние природы, окружающей человека.

Законы природы и способы их применения отражают концентрированный опыт человечества. Опираясь на него, человек способен защитить себя от ошибок и ему легче достичь желаемых целей. Концентрированный опыт человечества лежит в основе любого образовательного процесса.

Отражая живую природу и человека как ее часть, биология приобретает все большее значение в научно-техническом прогрессе, становясь производительной силой. Биология создает новую технологию – биологическую, которая должна стать основой нового индустриального общества. Биологические знания должны способствовать формированию биологического мышления и экологической культуры у каждого члена общества, без чего дальнейшее развитие человеческой цивилизации невозможно.

Химия является одной из фундаментальных естественнонаучных дисциплин. Это значит, что она описывает мир на определённом уровне строения материи, а именно на атомно-молекулярном, в ней рассматриваются лишь вещества определённого состава (химические вещества) и превращения этих веществ (химические превращения, реакции). Понимание проблем и процессов на атомно-молекулярном уровне необходимо для техника любой специальности.

Цель создания данного учебного пособия – в полном объеме воспроизвести соответствующий учебный курс для студентов первого курса (на базе основного общего образования) и для всех интересующихся химией и биологией.

Раздел 1. ХИМИЯ

Тема: Введение

Вопросы:

1. Вещества и их свойства
2. Этапы развития химии
3. Значение химии для сельского хозяйства

Вопрос 1. Вещества и их свойства

Окружающий мир материален. Материя бывает двух видов: вещество и поле. Объект химии – вещество (в том числе и влияние на вещество различных полей – звуковых, магнитных, электромагнитных и др.)

Вещество—все, что имеет массу покоя (т.е. характеризуется наличием массы тогда, когда не движется). Так, хотя масса покоя одного электрона (масса недвижущегося электрона) очень мала – около 10^{-27} г, но даже один электрон – это вещество.

Вещество бывает в трех агрегатных состояниях – газообразном, жидком и твердом. Есть еще одно состояние вещества – плазма (например, плазма есть в грозовой и шаровой молнии), но в школьном курсе химию плазмы почти не рассматривают.

Вещества могут быть чистыми, очень чистыми (нужными, например, для создания волоконной оптики), могут содержать заметные количества примесей, могут быть смесями.

Все вещества состоят из мельчайших частиц – атомов. *Вещества, состоящие из атомов одного вида (из атомов одного элемента), называют простыми (например, древесный уголь, кислород, азот, серебро и др.). Вещества, которые содержат связанные между собой атомы разных элементов, называют сложными.*

Если в веществе (например, в воздухе) присутствуют два или большее число простых веществ, и их атомы не связаны между собой, то его называют не сложным, а смесью простых веществ. Число простых веществ сравнительно невелико (около пятисот), а число сложных веществ огромно. К настоящему времени известны десятки миллионов разных сложных веществ.

Вещества способны вступать между собой во взаимодействие, причем возникают новые вещества. Такие превращения называют *химическими*. Например, простое вещество уголь взаимодействует (химики говорят – реагирует) с другим простым веществом – кислородом, в результате образуется сложное вещество – углекислый газ, в котором атомы углерода и кислорода связаны между собой. Такие превращения одних веществ в другие называют химическими. *Химические превращения – это химические реакции.* Так, при нагревании сахара на воздухе сложное сладкое вещество – сахароза (из которого состоит сахар) – превращается в простое вещество – уголь и сложное вещество – воду.

Химия изучает превращения одних веществ в другие. Задача химии – выяснить, с какими именно веществами может при данных условиях взаимодействовать (реагировать) то или иное вещество, что при этом образуется. Кроме

того, важно выяснить, при каких именно условиях может протекать то или иное превращение и можно получить нужное вещество.

Каждое вещество характеризуется совокупностью физических и химических свойств. *Физические свойства – это свойства, которые можно охарактеризовать с помощью физических приборов.* Например, с помощью термометра можно определить температуру плавления и кипения воды. Физическими методами можно охарактеризовать способность вещества проводить электрический ток, определить плотность вещества, его твердость и т.д. При физических процессах вещества остаются неизменными по составу.

Физические свойства веществ подразделяют на счислимые (те, которые можно охарактеризовать с помощью тех или иных физических приборов числом, например, указанием плотности, температур плавления и кипения, растворимости в воде и др.) и несчислимые (те, которые охарактеризовать числом нельзя или очень трудно – такие, как цвет, запах, вкус и др.).

Химические свойства вещества – это совокупность сведений о том, с какими другими веществами и при каких условиях вступает в химические взаимодействия данное вещество. Важнейшая задача химии – выявление химических свойств веществ.

В химических превращениях участвуют мельчайшие частицы веществ – атомы. При химических превращениях из одних веществ образуются другие вещества, и исходные вещества исчезают, а вместо них образуются новые вещества (продукты реакции). *А атомы при всех химических превращениях сохраняются.* Происходит их перегруппировка, при химических превращениях старые связи между атомами разрушаются и возникают новые связи.

Число различных веществ огромно (и у каждого из них своя совокупность физических и химических свойств). Атомов, отличающихся друг от друга по важнейшим характеристикам, в окружающем нас материальном мире сравнительно невелико – около ста. Каждому виду атомов отвечает свой химический элемент. *Химический элемент – это совокупность атомов с одинаковыми или близкими характеристиками.* В природе встречается около 90 различных химических элементов. К настоящему времени физики научились создавать новые, отсутствующие на Земле виды атомов. Такие атомы (и, соответственно, такие химические элементы) называют искусственными (по-английски – man-made elements). Искусственно полученных элементов к настоящему времени синтезировано более двух десятков.

Каждый элемент имеет латинское название и одно- или двухбуквенный символ. В русскоязычной химической литературе нет четких правил произношения символов химических элементов. Одни произносят так: называют элемент по-русски (символы натрия, магния и др.), другие – по латинским буквам (символы углерода, фосфора, серы), третьи – как звучит название элемента по-латыни (железо, серебро, золото, ртуть). Символ элемента водорода Н у нас принято произносить так, как эту букву произносят по-французски.

Химия – это наука, которая постоянно изменяет окружающий мир. Вместе с другими естественными науками она помогает глубже познать тайны природы

и законы ее развития, сделать жизнь на Земле лучше для каждого человека.

МАТЕРИЯ – то, из чего состоит и из чего происходит данный предмет: вещество; субстрат, субстанция; содержание.

ВЕЩЕСТВО - вид материи, который обладает массой покоя (элементарные частицы, атомы, молекулы и др.). Вещество является огромным резервуаром энергии.

ЭНЕРГИЯ - одна из двух форм существования материи, способность материи к совершению работы и общая мера движения материи. При отсутствии энергии вещество было бы совершенно неподвижно и имело бы температуру, равную абсолютному нулю. Однако даже вопрос о возможности существования самого вещества в таких условиях, остается открытым.

Вероятнее всего, вещество, в нашем понимании, без энергии существовать не может. Как, впрочем, и энергия без вещества.

Из чего состоит вещество?

МОЛЕКУЛА - микрочастица, образованная из атомов и способная к самостоятельному существованию. Число атомов в молекуле может быть различным: от двух до сотен тысяч. Молекула - наименьшая частица данного вещества, обладающая его основными химическими свойствами.

АТОМ - мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. В центре атома находится ядро, вокруг движутся электроны. Атомы могут присоединять или отдавать электроны, становясь заряженными ионами. Химические свойства атомов определяются в основном числом электронов во внешней оболочке; соединяясь химически, атомы образуют молекулы.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ - мельчайшие известные частицы физической материи. Характерная особенность элементарных частиц — способность к взаимным превращениям. Всего вместе с античастицами открыто более 350 элементарных частиц. Из них стабильны фотон, нейтрино, электрон, протон и их античастицы. По современным представлениям элементарные частицы состоят из кварков.

КВАРКИ - гипотетические фундаментальные частицы. В свободном состоянии не наблюдались.

Вопрос 2. Этапы развития химии

История возникновения химии делится на несколько этапов, начиная от древнего мира и до современности.

Химия – это одна из естественных наук, т.е. наук об окружающем мире, природе и явлениях, происходящих в ней, превращениях веществ.

Еще в глубокой древности человек заметил, что вещества способны изменяться, превращаться в другие, обладающие новыми свойствами.

Костер стал первой химической лабораторией человека. После обжига глины в огне она становилась прочной, из нее можно было делать нехитрую посуду. На огне человек научился готовить пищу из мяса убитых животных, плодов растительного мира. Здесь же человек случайно получил первые металлы – медь, олово, свинец, а также стеклянные изделия из, казалось бы, обыкновенных камней.

Так появились первые, как мы сейчас говорим, химические ремесла – гончарное и металлургическое. Примерно 7000 лет назад человек научился выплавлять медь и делать из нее различные изделия – орудия труда, предметы домашнего обихода, оружие. Этот период в истории древней цивилизации получил название медный век.

К 4000 г. до н.э. наступил новый этап в истории возникновения химии, люди научились выплавлять бронзу – сплав меди с оловом, который был гораздо более твердым, чем медь. Бронза же сразу стала использоваться для изготовления мечей, наконечников стрел и копий, щитов. Наступил бронзовый век.

В последнее тысячелетие до новой эры человек овладел способом получения железа из руд. Это стало поворотным моментом и в истории металлургии, и в истории общества. Так пришло время железного века, который на самом деле продолжался много сотен лет.

В те давние времена люди могли получать не только металлы. Стекло, фаянс, минеральные и растительные краски, чернила, косметика и лекарственные препараты – вот далеко не полный перечень изделий, которые мог изготовить человек уже тогда с помощью различных химических превращений.

На рубеже старой и новой эры зародилось и само понятие «химия». Есть несколько версий проявления этого термина. По одной из них это связано с древним названием Египта «Хем» и производным от него «хеми» — египетское искусство. По другой версии считается, что слово «химейя» — выделения соков, а затем и плавки металлов, происходит от древнегреческого «химос», т.е. сок, литье.

В середине первого тысячелетия новой эры, после падения Древнего Рима, центр цивилизации переместился на Ближний Восток. Именно там арабы преобразовали слово «химейя» в «алхимия». Под этим словом понимались все знания, связанные с превращением веществ как практические, так и теоретические.

А главной теоретической идеей алхимии в течение почти полутора тысячи лет было превращение неблагородных металлов в благородные (золото и серебро) под действием так называемого философского камня. С помощью этого мифического «эликсира» надеялись также излечить все болезни и даже сделать человека бессмертным. Последователей этой идеи на арабском Востоке, а затем и в Европе стали называть алхимиками. Алхимиками были практически все ученые средневековья, монахи, врачеватели и даже короли.

Все их усилия получить дешевое золото оказались, конечно, бесплодными. Однако целый ряд практических достижений как алхимиков, так и ремесленников-практиков оставил заметный след в истории возникновения химии. Было получено много новых веществ, прежде всего важнейшие кислоты (серная, соляная, азотная), изобретены различные приборы и приспособления, которые с тех пор стали широко использоваться в химии.

Химия постепенно становилась все более практической областью деятельности, основной задачей которой становилось удовлетворение растущих потребностей общества: получение металлов из руд, пороха, стекла, красок, мыла и многих других, не менее необходимых для жизни веществ. Появились первые

книги по практическим способам получения металлов, обработки различных веществ. Поиск эликсира долголетия привел к развитию медицинского направления – иатрохимии, которая с начала XVI в. стала основным видом деятельности химиков, постепенно заменяя прежние – попытки получения благородных металлов из неблагородных.

В алхимию все больше и больше проникало научное начало, желание узнать элементарную природу веществ, причины их способности превращаться в другие вещества. Ученые пытались дать разумные объяснения таким важнейшим для практики процессам, как горение, восстановление металлов из руд и окисление металлов.

В работе английского химика и физика Роберта Бойля было впервые дано научное определение понятия химический элемент, положено начало химическому анализу. Экспериментальные исследования Бойля стали началом химии как настоящей науки. Именно Бойль отбросил от названия «алхимия» приставку «ал», тем самым как бы открыв новый период в жизни истории возникновения химии.

Превращению химии в настоящую науку в XVIII в. способствовали многие ученые, в том числе русский ученый М. В. Ломоносов и французский – А. Лавуазье. На основе многочисленных опытов по изучению процессов горения и окисления металлов они независимо друг от друга пришли к формулировке одного из самых важных законов химии – закона сохранения массы веществ при химических реакциях.

В XVIII в. было открыто много новых элементов, в том числе кислород, водород, азот. Было доказано, что воздух является смесью газов, а вода – сложным веществом.

В начале XIX в. английский ученый Д. Дальтон заложил основы химической атомистики, составил первую таблицу атомных весов, а итальянец А. Авогардо ввел в обиход понятие молекула. Атомно-молекулярное учение стало основной химической теорией. Особенно большая роль в ее развитии в начале XIX в. принадлежит виднейшему шведскому химику Я. Берцелиусу. На основе теории Дальтона он осуществил реформу химии: разработал систему символов элементов, с помощью которых стали записывать формулы и уравнения. Он построил шкалу атомных масс, близкую к современной, ввел в обиход множество терминов и понятий, которые мы используем и сейчас.

В середине XIX в. русский ученый А. М. Бутлеров заложил основы теории строения органических соединений. В 1869 г. другой русский ученый Д. И. Менделеев открыл периодический закон химических элементов. Эти две научные идеи вместе с атомно-молекулярным учением стали основой современной химии.

Химия становилась такой большой наукой, что разделилась на отдельные ветки, такие, как органическая, неорганическая, аналитическая химия, и а позже – физическая химия, биохимия, агрохимия, химия твердого тела и др.

В настоящее время химия стала не только одной из важнейших областей человеческого знания, но и полем практической деятельности многих людей – ученых, инженеров, рабочих и др. Без химии невозможна жизнь современного

общества. Она играет ключевую роль в обеспечении людей продовольствием, одеждой, энергией, тысячами самых разнообразных веществ, многих из которых просто нет в природе.

Вопрос 3. Значение химии для сельского хозяйства

Химия имеет большое значение для сельского хозяйства. Важнейшим фактором интенсификации сельскохозяйственного производства является химизация сельского хозяйства (этот термин ввел Д.Н. Прянишников в 1924 году).

Химизация сельского хозяйства – это использование химических средств и процессов для увеличения плодородия почв, повышения эффективности производства и производительности труда в сельском хозяйстве.

Она включает в себя:

– Применение минеральных удобрений, содержащих элементы питания растений.

Это:

- Важнейшие макроэлементы – азот, фосфор, калий (NPK);
- Микроэлементы – магний, железо, медь, цинк, молибден, сера, бор и др.
- Химическую мелиорацию, создающую благоприятную для растений среду.

Это:

- известкование кислых почв (CaCO_3) и др.;
- гипсование щелочных засоленных почв (гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и др.
- Химические средства защиты растений.

Это:

- пестициды (от вредителей и болезней);
- гербициды (для борьбы с сорняками) и др.
- Регуляторы роста растений.
- Средства биотехнологии: микробиологические удобрения, ферменты, витамины и др.

Эффективность химизации сельского хозяйства зависит от культуры земледелия. Д.Н. Прянишников говорил: «Отсутствие нужных знаний нельзя заменить даже избытком удобрений». Так, при нарушении доз и сроков внесения удобрений возникают экологические проблемы, нарушается обмен веществ растений. Неправильное проведение химической мелиорации ухудшает плодородие почв.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие веществу и его видам.
2. Охарактеризуйте простое и сложное вещество, приведите свои примеры.
3. Приведите примеры физических и химических свойств.
4. Дайте понятие химическому элементу.
5. Назовите основные этапы становления химии. Опишите их.
6. Назовите ученых, внесших значительный вклад в развитие химии.
7. Каково значение химии для сельского хозяйства.

Тема: Основные понятия химии

Вопросы:

1. Предмет, цели и задачи химии
2. Основные понятия химии

Вопрос 1. Предмет, цели и задачи химии

Современная химия представляет собой систему научных дисциплин: общей, неорганической, аналитической, органической физической, коллоидной химии, ... Основой химической науки являются атомно-молекулярное учение, закон сохранения материи, периодический закон, теория химической связи и учение о химическом процессе.

Как всякая наука, химия изучает некоторую часть явлений окружающего мира. Химия играет значительную роль в научно-техническом прогрессе. Нет ни одной отрасли которой бы не касалась химия.

Химия – наука о свойствах вещества и его превращениях, она включает в себя законы и принципы, описывающие эти превращения, а также представления и теории, позволяющие дать им объяснение.

Химия относится к числу естественных наук, то есть наук о природе, об окружающем нас мире.

Химия является общеобразовательной, а не специальной дисциплиной, но она имеет большое значение для работников сельского хозяйства. Она составляет важную часть мировоззренческого и профессионального багажа любого специалиста сельского хозяйства.

Это определяет цели изучения химии:

- Получить химические знания, являющиеся важной составной частью общечеловеческой науки и культуры;
- Овладеть методами изучения химии.
- На примере химических явлений развить интеллектуальные способности, умение логически мыслить;
- Разобраться в значении химии для сельского хозяйства, для экологии, получить профессиональную ориентацию.

Предметом химии являются химические элементы и их соединения, а также закономерности, которым подчиняются различные химические реакции.

Современная химия настолько обширная область естествознания, что многие её разделы по существу являются самостоятельными науками, хотя и тесно взаимосвязанными: неорганическая химия, органическая химия, биохимия, физическая химия, аналитическая химия, фармацевтическая химия и др.

В современной жизни, особенно в производстве, химия играет очень важную роль, решая при этом следующие задачи:

- изучение строения веществ;
- описание веществ (выявление их свойств);

— определение для веществ области применения;

— разработка способов получения веществ.

Отсюда важнейшая задача химии – *всемерное развитие химической промышленности, полное использование во всех областях достижений современной химии.*

Химические методы исследования и химические теории находят применение в физике, биологии, медицине, – в разрешении их проблем.

Вопрос 2. Основные понятия химии

Атомно-молекулярное учение

Основы этого учения заложил и впервые применил в химической практике русский учёный-энциклопедист **М.В.Ломоносов**. Главные положения учения изложены в его работе «Элементы математической химии», вышедшей в 1741 году. Сущность учения можно свести к следующему:

- *все вещества состоят из молекул (по Ломоносову «корпускул»);*
- *молекулы состоят из атомов (по Ломоносову – из «элементов»);*
частицы вещества, то есть молекулы и атомы, находятся в непрерывном хаотическом движении; тепловое состояние тел есть результат движения этих частиц, между ними существуют силы притяжения и отталкивания;
- *молекулы простых веществ состоят из одинаковых атомов, а молекулы сложных веществ – из разных атомов.*

Вещество – вид материи, которая обладает массой покоя.

Состоит из элементарных частиц: электронов, протонов, нейтронов, мезонов и др. Химия изучает главным образом вещество, организованное в атомы, молекулы, ионы и радикалы. Такие вещества принято подразделять на простые и сложные (хим. соединения).

Простые вещества образованы атомами одного хим. элемента и потому являются формой его существования в свободном состоянии, напр. Сера, железо, озон, алмаз.

Сложные вещества образованы разными элементами и могут иметь состав постоянный (стехиометрические соединения или *дальтониды*) или меняющийся в некоторых пределах (нестехиометрические соединения или *бертоллиды*).

Молекула – *наименьшая частица данного вещества, обладающая его химическими свойствами. Химические свойства молекулы определяются её составом и строением.*

Атом – это наименьшая электронейтральная частица химического элемента, состоящая из положительного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Молекулы в химических реакциях разрушаются и образуются вновь, а атомы остаются неизменными.

Согласно современным представлениям, из молекул состоят лишь газообразные и жидкие (в парах) вещества, а твёрдые – только имеющие молекулярную кристаллическую решётку. Большинство же твёрдых неорганических веществ имеют немолекулярное строение и состоят из ионов или атомов, образуя макротела (обычно – кристаллы).

Различным элементам соответствуют различные атомы, обозначаемые символом данного элемента (Ag, Fe, Mg).

Химический элемент — это вид атомов, характеризующийся определенными зарядами ядер и строением электронных оболочек.

В настоящее время известно 118 элементов. В природе люди обнаружили 94 элемента. Они ничего с ними не делали. Только изучали их свойства и особенности. Большая часть из них была в первоначальной периодической таблице. Другие 24 элемента были созданы в лабораториях. Всего получается 118 штук. Еще 8 элементов являются лишь гипотетическими вариантами. Их пытаются изобрести или получить.

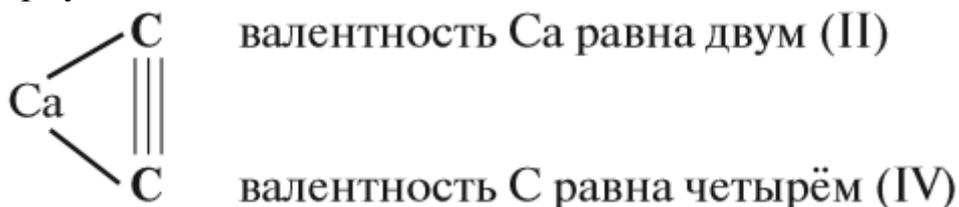
Атомы существуют в свободном состоянии, в соединениях с атомами того же или других элементов, образуя молекулы. Способность атомов вступать во взаимодействие с другими атомами и образовывать химические соединения определяется его строением. Атомы состоят из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, движущихся вокруг него, образуя электронейтральную систему, которая подчиняется законам, характерным для микросистем.

Ионы (от греч. *ion* – идущий), одноатомные или многоатомные частицы, несущие электрический заряд.

Положительные ионы называют *катионами* (от греч. *kation*, буквально – идущий вниз), отрицательные – анионами (от греч. *anion*, буквально идущий вверх). В свободном состоянии существуют в газовой фазе (в плазме).

Валентность (от лат. *valentia* – сила), способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи.

Правильнее всего определять валентность по графическим или структурным формулам:



В таких формулах одна чёрточка обозначает одну ковалентную связь, т. е. «одну валентность». На практике чаще всего валентность определяют по молекулярной формуле, хотя здесь правильнее говорить о степени окисления элемента (см. урок 7). Иногда результат определения степени окисления соответствует реальному значению валентности, но бывают и неодинаковые результаты.

В устойчивой молекуле не может быть «свободных», «лишних» валентностей! Поэтому для двухэлементной молекулы число химических связей (валентностей) атомов одного элемента равно общему числу химических связей атомов другого элемента.

Валентность атомов некоторых химических элементов постоянна.

Значение постоянных валентностей некоторых элементов

Валентность	Символы элементов
I	H, F, Ag, Na, K
II	O, Ca, Mg, Ba, Zn
III	Al

Для других атомов валентность можно определить (вычислить) из химической формулы вещества.

Строго говоря, по нижеизложенным правилам определяют не валентность, а степень окисления. Но поскольку в некоторых соединениях числовые значения этих понятий совпадают, то иногда по формуле можно определять и валентность.

При этом следует учитывать изложенное выше правило о химической связи.

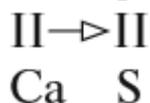
$x \quad \text{II}$
 Mn O_2
 $x \cdot 1 = 4; \text{II} \cdot 2 = 4$, где x — валентность Mn;
 $x = 4$, то есть в этой химической формуле марганец *четырёхвалентен*.

Сделаем практические выводы.

1. Если один из атомов в молекуле одновалентен, то валентность второго атома равна числу атомов первого элемента (см. на индекс!):



3. Если число атомов в молекуле одинаково, то валентность первого атома равна валентности второго атома:



4. Если у одного из атомов индекс отсутствует, то его валентность равна произведению валентности второго атома на его индекс:



5. В остальных случаях ставьте валентности «крест-накрест», т. е. валентность первого атома равна числу атомов второго элемента и

наоборот:



Реакции химические (от лат. re- – приставка, означающая обратное действие, и actio – действие), превращения одних веществ (исходных соединений) в другие (продукты реакции) при неизменяемости ядер атомов.

Исходные вещества иногда называют реагентами, однако чаще (особенно в органической химии) термин "реагент" используют по отношению к одному, наиболее активному исходному соединению, определяющему направление химической реакции.

Химическая формула — это условная запись состава вещества с помощью химических знаков (предложены в 1814 г. Й. Берцелиусом) и индексов (индекс – цифра, стоящая справа внизу от символа. Обозначает число атомов в молекуле). H_2O , $NaOH$...

Химическая формула показывает, атомы каких элементов и в каком отношении соединены между собой в молекуле.

Она обозначает:

- 1) Химический состав вещества;
- 2) 1 молекулу вещества;
- 3) 1 моль вещества.

По химической формуле можно определить *массовую долю ω (или w)* каждого элемента в веществе.

В природе распространены не *чистые вещества*, а в основном *смеси*: воздух, вода, горные породы и т. д.

Смеси могут быть гомогенными (однородными) – воздух, сплавы металлов или гетерогенными (неоднородными) – дым, туман, суспензии и т.д.

Смеси не имеют химической формулы, их обозначают соответствующей рецептурой, где указывается массовая доля того или иного ингредиента смеси. Как чистые вещества, так и смеси находят разнообразное применение в хозяйстве.

Аллотропия - явление образования химическим элементом нескольких простых веществ, различающихся по строению и свойствам.

Простые вещества, образованные одним и тем же элементом, называются **аллотропными модификациями**. Они могут отличаться составом: O

O_2 – кислород и O_3 – озон
или структурой: C графит и алмаз

Международная единица атомных масс равна $1/12$ массы изотопа ^{12}C - основного изотопа природного углерода.

$$1 \text{ а.е.м} = 1/12 \cdot m(12\text{C}) = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Относительная атомная масса (A_r) - безразмерная величина, равная отношению средней массы атома элемента (с учетом процентного содержания изотопов в природе) к $1/12$ массы атома 12C .

Средняя абсолютная масса атома (m) равна относительной атомной массе, умноженной на а.е.м. $A_r(\text{Mg}) = 24,312$

$$m(\text{Mg}) = 24,312 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-24} = 4,037 \cdot 10^{-23} \text{ г}$$

Относительная молекулярная масса (M_r) - безразмерная величина, показывающая, во сколько раз масса молекулы данного вещества больше $1/12$ массы атома углерода 12C .

$$M_r = m_r / (1/12 m_a(12\text{C}))$$

m_r - масса молекулы данного вещества;

$m_a(12\text{C})$ - масса атома углерода 12C .

$M_r = \sum A_r(\text{э})$. Относительная молекулярная масса вещества равна сумме относительных

атомных масс всех элементов с учетом индексов.

Абсолютная масса молекулы равна относительной молекулярной массе, умноженной на а.е.м.

Число атомов и молекул в обычных образцах веществ очень велико, поэтому при характеристике количества вещества используют специальную единицу измерения - моль.

Количество вещества, моль. Означает определенное число структурных элементов (молекул, атомов, ионов).

Обозначается n , измеряется в моль. Моль - количество вещества, содержащее столько же частиц, сколько содержится атомов в 12 г углерода.

Число Авогадро ди Кваренья (N_A). Количество частиц в 1 моль любого вещества одно и то же и равно $6,02 \cdot 10^{23}$. (Постоянная Авогадро имеет размерность - моль $^{-1}$).

Молярная масса показывает массу 1 моля вещества (обозначается M).

$$M = m / \nu$$

Молярная масса вещества равна отношению массы вещества к соответствующему количеству вещества и численно равна его относительной молекулярной массе, однако первая величина имеет размерность г/моль, а вторая - безразмерная.

$$M = N_A \cdot m(1 \text{ молекула}) = N_A \cdot M_r \cdot 1 \text{ а.е.м.} = (N_A \cdot 1 \text{ а.е.м.}) \cdot M_r = M_r$$

Это означает, что если масса некоторой молекулы равна, например, 80 а.е.м. (SO_3), то масса одного моля молекул равна 80 г . Постоянная Авогадро является

коэффициентом пропорциональности, обеспечивающим переход от молекулярных соотношений к молярным. Все утверждения относительно молекул остаются справедливыми для молей (при замене, в случае необходимости, а.е.м. на г)

Например, уравнение реакции: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$, означает, что два атома натрия реагируют с одной молекулой хлора или, что одно и то же, два моля натрия реагируют с одним молем хлора.

Вопросы для повторения:

1. Охарактеризуйте химию как науку.
2. Основные положения атомно-молекулярного учения.
3. Что такое атом?
4. Что такое молекула?
5. Что такое атомная масса?
6. Что такое относительная молекулярная масса? Как ее найти?
7. Что такое молярная масса вещества? В каких единицах она выражается?
8. Как вычислить количество вещества, зная массу, объём или число структурных единиц?
9. Что такое индекс?
10. Назовите количество атомов элементов в сложном веществе: H_2O , H_2SO_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$.
11. Назовите валентности химических элементов по таблице Д.И. Менделеева по группам.
12. Назовите химические элементы с переменной валентностью.

Тема: Основные законы химии

Вопросы:

1. **Стехиометрия**
2. **Закон сохранения массы веществ**
3. **Закон постоянства состава веществ**
4. **Закон Авогадро и следствия из него**
5. **Закон эквивалентов**

Вопрос 1. Стехиометрия

Химия базируется на экспериментальных данных, полученных многими поколениями ученых разных стран. Основу общей (теоретической) химии составляют атомно-молекулярное учение, учение о периодичности, теория строения атомов и молекул, теория химической связи, теория растворов, теория окислительно-восстановительных реакций, теория комплексных соединений, химическая кинетика, термодинамика химических процессов.

Атомно-молекулярная теория, являющаяся общей основой не только химии, но и всех естественных наук, создавалась с XVIII века и продолжает развиваться и в настоящее время. Она базируется на основных законах химии, законах стехиометрии (от греч. *stoicheion* – элемент).

Стехиометрия – это раздел химии, в котором изучаются соотношения между количеством реагентов, вступающих в реакцию и количеством реагентов, образующихся в результате реакции.

Коэффициенты перед формулами веществ в уравнениях химических реакций называются стехиометрическими коэффициентами.

Знания людей не есть нечто застывшее. Они соответствуют состоянию науки на данном этапе развития и могут изменяться, так как наука является открытой системой, стремящейся ко всё более верному, глубокому и полному отражению явлений природы. Примером этого является изменение представлений об основных законах химии на разных этапах развития науки.

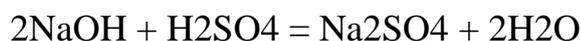
Вопрос 2. Закон сохранения массы веществ

Закон сохранения массы открыл великий русский ученый М.В. Ломоносов (1748-1756 гг.):

Масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

Независимо от него этот закон подтвердил в 1789 г. французский химик А.-Л.Лавуазье.

Закон сохранения массы дает возможность составлять уравнения реакций и ставить знак равенства между формулами исходных веществ и продуктов реакции:



Это имеет громадное значение для решения практических вопросов, так как позволяет рассчитывать необходимое количество исходных веществ для получения нужных продуктов в промышленных масштабах.

В XX веке произошло уточнение этого закона.

Общим законом природы является закон сохранения энергии:

Энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно, а только переходит из одной формы в другую в строго определенных количествах.

Создателем теории относительности А.Эйнштейном (1905 г.) была доказана взаимосвязь массы и энергии:

$$E = mc^2$$

Следовательно, в ходе экзотермических реакций при выделении теплоты или эндотермических реакций при поглощении теплоты масса продуктов реакции будет несколько меньше или больше массы исходных веществ согласно уравнению:

$$E = \Delta mc^2$$

На основании этого более точной является следующая формулировка Закона сохранения массы:

Для экзотермических реакций масса веществ, вступивших в реакцию, равна сумме массы продуктов реакции и массы, эквивалентной выделившейся энергии. Для эндотермической реакции масса веществ, вступивших в реакцию, равна разности массы продуктов реакции и массы, эквивалентной поглощенной энергии.

Так как в химических реакциях изменение массы, вызванное выделением или поглощением тепла, очень мало, можно утверждать, что закон сохранения массы выполняется с высокой точностью.

Атомно-молекулярное учение этот закон объясняет следующим образом: в результате химических реакций атомы не исчезают и не возникают, а происходит их перегруппировка (т.е. химическое превращение — это процесс разрыва одних связей между атомами и образование других, в результате чего из молекул исходных веществ получают молекулы продуктов реакции). Поскольку число атомов до и после реакции остается неизменным, то их общая масса также изменяться не должна. Под массой понимали величину, характеризующую количество материи. Исходя из закона сохранения массы, можно составлять уравнения химических реакций и по ним производить расчеты. Он является основой количественного химического анализа.

Вопрос 3. Закон постоянства состава

Закон постоянства состава впервые сформулировал Ж.Пруст (1808 г.)

Все индивидуальные химические вещества имеют постоянный качественный и количественный состав и определенное химическое строение, независимо от способа получения.

Из закона постоянства состава следует, что при образовании сложного вещества элементы соединяются друг с другом в определенных массовых соотношениях.

Пример.

CuS - сульфид меди. $m(\text{Cu}) : m(\text{S}) = A_r(\text{Cu}) : A_r(\text{S}) = 64 : 32 = 2 : 1$

Чтобы получить сульфид меди (CuS) необходимо смешать порошки меди и серы в массовых отношениях 2 : 1.

Если взятые количества исходных веществ не соответствуют их соотношению в химической формуле соединения, одно из них останется в избытке.

Например, если взять 3 г меди и 1 г серы, то после реакции останется 1 г меди, который не вступил в химическую реакцию. Вещества немолекулярного строения не обладают строго постоянным составом.

Их состав зависит от условий получения.

Понятно, что этот закон неприменим к веществам в ионном, металлическом и атомном состоянии. Например, оксид урана (+6) обычно записывают UO_3 , на деле же его простейшая формула лежит в пределах от $\text{UO}_{2,5}$ до UO_3 . На основании этого закона, учитывая валентность элементов, составляют и записывают химические формулы веществ: H_2O , CO_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и др.

Вопрос 4. Закон Авогадро и следствия из него

Закон Авогадро (1811 г.)

Закон Авогадро: В равных объемах различных газов при одинаковых условиях (температура, давление и т.д.) содержится одинаковое число молекул. (1811 г, итальянский учёный Амедео Авогадро)

Закон справедлив только для газообразных веществ.

Следствия из закона Авогадро:

1 следствие:

Одинаковое число молекул различных газов при одинаковых условиях занимает одинаковый объём.

Так, $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул (1 моль) любого газа и любой смеси газов при (н.у.) занимает объём равный 22,4 л.

Такой объём называется молярным объёмом и обозначается V_m

Молярный объём – это постоянная величина для веществ – газов при нормальных условиях (н.у.):

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

н.у. – это

$$p = 1 \text{ атм (} 101325 \text{ Па)}$$

$$t = 0 \text{ }^\circ\text{C (} 273 \text{ К)}$$

Взаимосвязь молярной массы, молярного объёма, числа Авогадро и количества вещества:

$$\nu = V / V_m = N / N_A = m / M$$

$$M = \rho V_m$$

2 следствие:

Отношение масс одинаковых объемов двух газов есть величина постоянная для данных газов. Эта величина называется **относительной плотностью D**

$$D = m_1 / m_2 = \mu_1 / \mu_2$$

где m_1 и m_2 - молярные массы двух газообразных веществ.

Величина D определяется экспериментально как отношение масс одинаковых объемов исследуемого газа m_1 и эталонного газа с известной молекулярной массой (M_2). По величинам D и m_2 можно найти молярную массу исследуемого газа: $m_1 = D \cdot m_2$

Вопрос 5. Закон эквивалентов

Эквивалентом называют реальную или условную частицу вещества, которая в данной кислотно-основной реакции эквивалентна одному иону водорода.

Для определения эквивалентной массы элемента обязательно исходить из его соединения с водородом. Эквивалентную массу можно вычислить по составу соединения данного элемента с любым другим, эквивалент которого известен.

Закон эквивалентов: массы реагирующих веществ относятся между собой как эквивалентные массы этих веществ:

$$m_A / m_B = \mathcal{E}_A / \mathcal{E}_B \text{ или } m_A / \mathcal{E}_A = m_B / \mathcal{E}_B,$$

где $m_A / \mathcal{E}_A = N_1$; $m_B / \mathcal{E}_B = N_2$ - количество эквивалентов вещества А и В, поэтому можно записать $N_1 = N_2$. Следовательно, возможна другая формулировка закона эквивалентов: вещества реагируют друг с другом в равных количествах эквивалентов.

При соединении элементов друг с другом и при замещении одних элементов другими в качестве постоянных принято считать эквивалентную массу кислорода, равную 8 г/моль, и водорода, равную 1 г/моль.

Пример

При окислении 2,81 г кадмия получено 3,21 г оксида кадмия. Вычислить эквивалентную массу кадмия.

Решение

$m_o = 3,21 \text{ г} - 2,81 \text{ г} = 0,4 \text{ г}$ - масса кислорода. Из закона эквивалентов

$$2,81/0,4 = \text{Э}(\text{Cd})/8 \text{ И } \text{Э}(\text{Cd}) = 2,81 \times 8/0,4 = 56,2 \text{ г/моль.}$$

Эквивалентная масса элемента представляет собой частное от деления атомной массы элемента (А) на его валентность в данном химическом соединении:

$$\text{Э}(x) = A/n,$$

где А - атомная масса элемента, n - валентность элемента.

Пример

Вычислить валентность хрома в оксиде, имеющем состав Cr - 68,42 %, O - 31,58 %.

Решение

По закону эквивалентов находим эквивалентную массу хрома:

$$m_{\text{Cr}}/m_{\text{O}} = \text{Э}_{\text{Cr}}/\text{Э}_{\text{O}} \text{ И } \text{Э}_{\text{Cr}} = 68,42 \times 8/52 = 17,3 \text{ г/моль.}$$

Затем производим вычисления валентности:

$$\text{Э} = A/n \text{ И } n(\text{Cr}) = 52/17,3 = 3.$$

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие стехиометрии.
2. Кто сформулировал закон сохранения массы веществ.
3. Назовите закон сохранения массы веществ.
4. Назовите закон постоянства состава веществ.
5. Назовите закон Авогадро и следствия из него.
6. Назовите закон эквивалентов.

Тема: Периодический закон Д.И.Менделеева

Вопросы:

1. Периодический закон Д.И. Менделеева
2. Периодическая система химических элементов
3. Значение периодического закона

Вопрос 1. Периодический закон Д.И. Менделеева

К середине XIX века были открыты 63 химических элемента, и попытки найти закономерности в этом наборе предпринимались неоднократно. Первую попытку расположить элементы в порядке возрастания атомных весов предпринял *Александр Эмиль Шанкуртуа* (1862), который разместил элементы вдоль винтовой линии и отметил частое циклическое повторение химических свойств по вертикали.

В 1866 году свой вариант периодической системы предложил химик и музыкант *Джон Александр Ньюлендс*, модель которого («закон октав») внешне немного напоминала менделеевскую, но была скомпрометирована настойчивыми попытками автора найти в таблице мистическую музыкальную гармонию.

В этом же десятилетии появились ещё несколько попыток систематизации химических элементов; ближе всего к окончательному варианту подошёл *Юлиус Лотар Мейер* (1864), однако главное отличие было в том, что за основу периодичности была взята валентность, которая не является единственной и постоянной для отдельно взятого элемента. В результате чего такая таблица не может претендовать на полноценное описание физики периодического закона.

Д. И. Менделеев опубликовал свою первую схему периодической таблицы в 1869 году в статье «Соотношение свойств с атомным весом элементов» (в журнале Русского химического общества); ещё ранее (февраль 1869 г.) научное извещение об открытии было им разослано ведущим химикам мира. Днём открытия периодического закона считается 1 марта (17 февраля по старому стилю) 1869 года, в который Д. И. Менделеев закончил работу над «Опытом системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». И только в декабре выходит работа немецкого химика Мейера, который изменил своё решение в пользу мысли Д. И. Менделеева и в зарубежной литературе считается либо «одним из первооткрывателей», либо «независимо от Менделеева опубликовавшим этот периодический закон».

По легенде, мысль о системе химических элементов пришла к Менделееву во сне, однако известно, что однажды на вопрос, как он открыл периодическую систему, учёный ответил: «Я над ней, может быть, двадцать лет думал, а вы думаете: сидел и вдруг... готово».

Преимущества таблицы Д.И. Менделеева

1. Таблица имела большее количество открытых элементов, чем у других.

2. Если какой-то элемент не подходил по атомному весу, ученый помещал его на основе других свойств. И это было правильным решением.

3. В таблице было много пустых мест. Менделеев сделал пропуски осознано, забрав тем самым частичку славы тех, кто в будущем найдет эти элементы. Он даже дал описание некоторых еще неизвестных веществ.

Самое главное достижение в том, что эта таблица неразрушима. Она создано так гениально, что любые открытия в будущем будут ее только дополнять.

Сущность открытия Менделеева заключалась в том, что *с ростом атомной массы химических элементов их свойства меняются не монотонно, а периодически*. После определённого количества разных по свойствам элементов, расположенных по возрастанию атомного веса, свойства начинают повторяться. Разумеется, свойства не повторяются в точности, к ним добавляются и изменения. Отличием работы Менделеева от работ его предшественников было то, что основой для классификации элементов у Менделеева была не одна, а две — *атомная масса и химическое сходство*. Для того, чтобы периодичность полностью соблюдалась, Менделеевым были предприняты очень смелые шаги: он исправил атомные массы некоторых элементов, несколько элементов разместил в своей системе вопреки принятым в то время представлениям об их сходстве с другими, оставил в таблице пустые клетки, где должны были разместиться пока не открытые элементы. В 1871 году на основе этих работ Менделеев сформулировал Периодический закон, форма которого со временем была несколько усовершенствована: *свойства элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от величины атомной массы элемента*.

Научная достоверность Периодического закона получила подтверждение очень скоро: в 1875—1886 годах были открыты галлий (экаалюминий), скандий (экабор) и германий (экасилиций), для которых Менделеев, пользуясь периодической системой, предсказал не только возможность их существования, но и с поразительной точностью описал целый ряд физических и химических свойств.

В системе химических элементов, предложенной Менделеевым, был ряд противоречий, которые сам автор периодического закона устранить не смог (аргон–калий, теллур–йод, кобальт–никель).

В начале XX века с открытием строения атома было установлено, что периодичность изменения свойств элементов определяется не атомным весом, а зарядом ядра, равным атомному номеру и числу электронов, распределение которых по электронным оболочкам атома элемента определяет его химические свойства, был объяснен и физический смысл периодического закона и появилась его современная формулировка: *свойства элементов, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда ядер их атомов*.

Такую формулировку подтверждает и наличие изотопов, химические свойства которых одинаковы, хотя атомные массы различны.

Вопрос 2. Периодическая таблица химических элементов

Графическим отражением периодического закона является периодическая система химических элементов Менделеева.

Каждый человек хотя бы раз в жизни видел эту таблицу. Но вот назвать точное количество веществ сложно. Правильных ответов может быть два: 118 и 126. Сейчас мы разберемся, почему так.

В природе люди обнаружили 94 элемента. Они ничего с ними не делали. Только изучали их свойства и особенности. Большая часть из них была в первоначальной периодической таблице.

Другие 24 элемента были созданы в лабораториях. Всего получается 118 штук. Еще 8 элементов являются лишь гипотетическими вариантами. Их пытаются изобрести или получить. Так что на сегодняшний день и вариант с 118 элементами, и с 126 элементами можно смело называть.

Каждый из химических элементов занимает определенное место, имеет свой порядковый номер и название. В таблице выделяют горизонтальные ряды – периоды (1–3 – малые, состоят из одного ряда; 4–6 – большие, состоят из двух рядов; 7-й период – незавершенный).

Строка, называемая периодом — это последовательность элементов, расположенных в порядке увеличения зарядов их ядер, которая начинается с щелочного металла (или водорода) и заканчивается благородным газом.

Номер периода равен количеству электронных уровней в атоме.

Всего в таблице семь периодов. Их номера указаны цифрами, стоящими слева. Каждый период содержит определенное число химических элементов. Первые три периода называются малыми периодами. Самый первый период состоит только из двух химических элементов — водорода H и гелия He, причем водород не относится к щелочным металлам. Остальные четыре периода называются большими.

Кроме периодов выделяют вертикальные ряды – группы.

Каждая группа подразделяется на две подгруппы (главную – а и побочную – б).

Главная подгруппа – это вертикальный ряд элементов, атомы которых имеют одинаковое число электронов на внешнем энергетическом уровне. Это число равно номеру группы (кроме водорода и гелия).

Все элементы в периодической системе разделяются на 4 электронных семейства (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-элементы) в зависимости от того, какой подуровень в атоме элемента заполняется последним.

Группа – столбец периодической системы, в котором объединены химические элементы, обладающие химическим сходством вследствие сходных электронных конфигураций валентного слоя. Это основополагающий принцип построения периодической системы. Рассмотрим это на примере элементов первых двух групп.

Элемент	Конфигурация валентных электронов	Элемент	Конфигурация валентных электронов
H	1s ¹		
Li	2s ¹	Be	2s ²
Na	3s ¹	Mg	3s ²
K	4s ¹	Ca	4s ²
Rb	5s ¹	Sr	5s ²
Cs	6s ¹	Ba	6s ²

Побочная подгруппа – это вертикальный ряд *d*-элементов, имеющих одинаковое суммарное число электронов на *d*-подуровне предвнешнего слоя и *s*-подуровне внешнего слоя. Это число обычно равно номеру группы.

Побочные подгруппы содержат элементы только больших периодов, все они проявляют металлические свойства. Элементы одной подгруппы имеют одинаковое строение внешних электронных оболочек, что обуславливает их схожие химические свойства.

Всего в таблице восемнадцать групп, пронумерованных арабскими цифрами. Кроме того, группы имеют традиционную нумерацию римскими цифрами, сохранившуюся со времен Д. И. Менделеева, — от I до VIII с добавлением латинских букв А или В. Группы А часто называют главными. Они включают все элементы первых трех (малых) периодов, а также нижестоящие элементы больших периодов. В этих группах находятся как металлы, так и неметаллы. Граница между этими двумя типами элементов обычно выделяется жирной линией. Эта граница достаточно условна, так как некоторые элементы, находящиеся возле нее, могут проявлять как металлические, так и неметаллические свойства.

Некоторые главные группы имеют свои собственные названия.

Щелочные металлы (1 группа «А») – Li, Na, K, Rb, Cs, Fr

Галогены (7 группа «А») – F, Cl, Br, I

Инертные газы (8 группа «А») – He, Ne, Ar, Xe, Rn

Халькогены (6 группа «А») – O, S, Se, Te, Po

Щелочноземельные металлы (2 группа «А») – Ca, Sr, Ba, Ra

В каждой группе находятся элементы со сходными химическими свойствами их атомов. Номер группы (римскими цифрами) указывает, как правило, высшую, т. е. максимальную, валентность элементов в соединениях с кислородом.

Причину периодичности в изменении свойств химических элементов можно объяснить только на основе знаний о строении атомов. Это хорошо понимал и сам Д. И. Менделеев, предполагая, что атомы являются сложными образованиями, а познание их структуры позволит обосновать открытую им периодическую систему химических элементов.

Химические символы – это не просто сокращенные имена химических элементов, а и выражение их конкретного количества, т.е. каждый символ означает или один атом химического элемента, или один моль его атомов, или массу элемента, равную молярной массе этого элемента.



Важнейшими свойствами химических элементов являются металличность и неметалличность.

Металличность – это способность атомов химического элемента отдавать электроны. Количественной характеристикой металличности является энергия ионизации.

Энергия ионизации атома – это количество энергии, которое необходимо для отрыва электрона от атома элемента, т. е. для превращения атома в катион. Чем меньше энергия ионизации, тем легче атом отдает электрон, тем сильнее металлические свойства элемента.

Неметалличность – это способность атомов химического элемента присоединять электроны. Количественной характеристикой неметалличности является сродство к электрону.

Сродство к электрону – это энергия, которая выделяется при присоединении электрона к нейтральному атому, т. е. при превращении атома в анион.

Чем больше сродство к электрону, тем легче атом присоединяет электрон, тем сильнее неметаллические свойства элемента.

Универсальной характеристикой металличности и неметалличности является электроотрицательность (ЭО) элемента.

ЭО элемента характеризует способность его атомов притягивать к себе электроны, которые участвуют в образовании химических связей с другими атомами в молекуле.

Чем больше металличность, тем меньше ЭО.

Чем больше неметалличность, тем больше ЭО.

Радиус атома – расстояние от ядра атома до внешнего уровня.

Закономерности изменения свойств химических элементов по периоду и по группе.

В малых периодах от щелочного металла к инертному газу:

- заряд ядер атомов увеличивается;
- число энергетических уровней не изменяется;
- число электронов на внешнем уровне увеличивается от 1 до 8;
- радиус атомов уменьшается;

- прочность связи электронов внешнего слоя с ядром увеличивается;
- энергия ионизации увеличивается;
- сродство к электрону увеличивается;
- ЭО увеличивается;
- металличность элементов уменьшается;
- неметалличность элементов увеличивается.

Все *d*-элементы данного периода похожи по своим свойствам – все они являются металлами, имеют мало различающиеся радиусы атомов и значения ЭО, поскольку содержат одинаковое число электронов на внешнем уровне (например, в 4-м периоде – кроме Cr и Cu).

В главных подгруппах сверху вниз:

- число энергетических уровней в атоме увеличивается;
- число электронов на внешнем уровне одинаково;
- радиус атомов увеличивается;
- прочность связи электронов внешнего уровня с ядром уменьшается;
- энергия ионизации уменьшается;
- сродство к электрону уменьшается;
- ЭО уменьшается;
- металличность (восстановительные свойства) элементов увеличивается;
- неметалличность (окислительные свойства) элементов уменьшается.

Изменение свойств летучих водородных соединений:

1) в группах главных подгруппах с ростом заряда ядра прочность летучих водородных соединений уменьшается, а кислотные свойства их водных растворов усиливаются (основные свойства уменьшаются);

2) в периодах слева направо кислотные свойства летучих водородных соединений в водных растворах усиливаются (основные уменьшаются), а прочность уменьшается;

3) в группах с ростом заряда ядра в главных подгруппах валентность элемента в летучих водородных соединениях не изменяется, в периодах слева направо уменьшается от IV до I.

У каждой группы есть **формула высшего оксида**, т. е. оксида с максимальной степенью окисления элементов. Эта информация написана внизу таблицы. Например, для элементов V группы формула высшего оксида – R_2O_5 . Это N_2O_5 , P_2O_5 , As_2O_5 , V_2O_5 По составу высшего оксида элемента можно определить его свойства. Оксиды состава R_2O , RO основные. R_2O_3 - чаще всего амфотерные. Остальные оксиды – кислотные. Чем выше степень окисления элемента R, тем ярче выраженными кислотными свойствами обладает его оксид.

Изменение свойств высших оксидов и соответствующих им гидроксидов (кислородсодержащие кислоты неметаллов и основания металлов):

1) в периодах слева направо свойства высших оксидов и соответствующих им гидроксидов изменяются от основных через амфотерные к кислотным;

2) кислотные свойства высших оксидов и соответствующих им гидроксидов с ростом заряда ядра в периоде усиливаются, основные уменьшаются, прочность уменьшается;

3) в группах главных подгруппах у высших оксидов и соответствующих им гидроксидов с ростом заряда ядра прочность растёт, кислотные свойства уменьшаются, основные усиливаются;

4) в группах с ростом заряда ядра в главных подгруппах валентность элемента в высших оксидах не изменяется, в периодах слева направо увеличивается от I до VIII.

Вопрос 3. Значение периодического закона

Периодический закон – один из основных законов природы и важнейший закон химии. С открытия этого закона начинается современный этап развития химической науки. Хотя физический смысл периодического закона стал понятен только после создания теории строения атома, сама эта теория развивалась на основе периодического закона и системы химических элементов. Закон помогает ученым создавать новые химические элементы и новые соединения элементов, получать вещества с нужными свойствами.

Дальнейшее развитие периодической системы связано с заполнением пустых клеток таблицы, в которые помещались всё новые и новые элементы: благородные газы, природные и искусственно полученные радиоактивные элементы. В 2010 году, с синтезом 117 элемента, седьмой период периодической системы был завершён, проблема нижней границы таблицы Менделеева остаётся одной из важнейших в современной теоретической химии.

Вопросы для повторения:

1. Какие ученые пытались упорядочить известные элементы?
2. Принцип построения периодической системы Д.И. Менделеева.
3. Сформулируйте определение периодического закона, данного Д.И. Менделеевым.
4. Какова современная формулировка этого закона.
5. Дайте понятие периоду, группе.
6. Как изменяются свойства химических элементов по периоду и по группе.
7. Значение периодического закона и периодической таблицы Д.И. Менделеева?

Тема: Строение электронных оболочек атомов

Вопросы:

1. Предпосылки к теории строения атома
2. Строение атома
3. Электронные оболочки атомов
4. Изотопы и изобары

Вопрос 1. Предпосылки к теории строения атома

До конца XIX в. атом считали неделимой частицей, но последовавшие позже открытия (радиоактивность, фотоэффект) поколебали это убеждение. Сейчас известно, что атом состоит из элементарных частиц.

После открытия основных элементарных частиц, входящих в состав атома, встал вопрос об их местонахождении, т.е. о строении атома. В 1911 г. Томсон предложил свою модель строения атома, которая получила условное название «пудинг с изюмом». Согласно этой модели, атом представляет собой некую субстанцию, в которой равномерно распределены протоны, нейтроны и электроны. Число протонов равно числу электронов, поэтому атом в целом электронейтрален.

В 1913 г. Резерфорд ставит опыт, результаты которого модель Томсона объяснить не может. Это заставляет Резерфорда предложить свою модель строения атома, получившую название планетарной. Согласно этой модели, атом состоит из ядра, в котором сконцентрирована основная масса атома, поскольку ядро содержит протоны и нейтроны; вокруг ядра на огромной скорости вращаются электроны.

Поскольку модель Резерфорда содержала ряд противоречий, Н.Бором были введены постулаты, устраняющие эти противоречия.

1-й постулат. Электроны вращаются вокруг ядра не по произвольным, а по строго определенным, стационарным орбитам.

2-й постулат. При движении по стационарной орбите электрон не излучает и не поглощает энергию. Изменение энергии происходит при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую.

Вопрос 2. Строение атома

Атом состоит из **атомного ядра** и **электронной оболочки**.

Ядро атома состоит из протонов (p^+) и нейтронов (n^0). У большинства атомов водорода ядро состоит из одного протона.

Частица	Обозначение	Заряд	Относительная атомная масса
Протон	p	+	1
Нейтрон	n	0	1
Электрон	e	-	1/1840

Теория Резерфорда–Бора дает удовлетворительные результаты только для атома водорода. Современные представления о строении атома подчиняются *квантовой модели строения атома*, которая учитывает волновые свойства элементарных частиц. Приведем ее основные положения.

- Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу, т.е. ведет себя и как частица, и как волна. Как частица, электрон обладает массой и зарядом; как волна, он обладает способностью к дифракции.

- Для электрона невозможно одновременно точно измерить координату и скорость.

- Электрон в атоме не движется по определенным траекториям, а может находиться в любой части околоядерного пространства, однако вероятность его нахождения в разных частях этого пространства неодинакова. Область пространства, где вероятнее всего находится электрон, называется *орбиталью*.

В состав ядра входят элементарные частицы-нуклоны

протоны ($1p$) и нейтроны ($1n$).

- Т.к. практически вся масса атома сосредоточена в ядре и $m_p \approx m_n \approx 1$ а.е.м, то округлённое значение A_r химического элемента равно общему числу нуклонов в ядре.

$$A = N + Z$$

(A – массовое число, округлённое значение A_r ; N – число нейтронов в ядре; Z – заряд ядра, равный числу протонов)

Общее число электронов в электронной оболочке атома $N_{\bar{e}}$ равно числу протонов в ядре и порядковому номеру химического элемента

$$N_{\bar{e} \text{ (х.э.)}} = N_{\bar{e}} = Z$$

Вопрос 3. Электронные оболочки атомов

Атом состоит из ядра и электронной оболочки. *Электронная оболочка атома* – это совокупность всех электронов в данном атоме. От строения электронной оболочки атома напрямую зависят химические свойства данного химического элемента. Согласно квантовой теории, каждый электрон в атоме занимает определенную орбиталь и образует *электронное облако*, которое является совокупностью различных положений быстро движущегося электрона.

Для характеристики орбиталей и электронов используют *квантовые числа*.

Главное квантовое число n характеризует энергию и размеры орбитали и электронного облака, принимает значения целых чисел – от 1 до бесконечности ($n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$). Орбитали, имеющие одинаковые значения n , близки между собой по энергии и по размерам, они образуют один энергетический уровень.

Энергетический уровень – это совокупность орбиталей, имеющих одинаковое значение главного квантового числа. Энергетические уровни обозначают либо цифрами, либо большими буквами латинского алфавита (1 – K , 2 – L , 3 – M , 4 – N , 5 – O , 6 – P , 7 – Q). С увеличением порядкового номера энергия орбиталей увеличивается.

Электронный слой – это совокупность электронов, находящихся на одном энергетическом уровне.

На одном энергетическом уровне могут находиться электронные облака, имеющие различные геометрические формы.

Побочное (орбитальное) квантовое число l характеризует формы орбиталей и облаков, принимает значения целых чисел от 0 до $n - 1$.

Энергетический уровень	Значения главного квантового числа n	Значения побочного квантового числа l
K	1	0 (s)
L	2	0, 1 (s, p)
M	3	0, 1, 2 (s, p, d)
N	4	0, 1, 2, 3 (s, p, d, f)

Орбитали, для которых $l = 0$, имеют форму сферы и называются *s-орбиталями*. Они содержатся на всех энергетических уровнях, причем на *K*-уровне есть только *s*-орбиталь.

Орбитали, для которых $l = 1$, имеют форму вытянутой восьмерки и называются *p-орбиталями*. Они содержатся на всех энергетических уровнях, кроме первого (*K*).

Орбитали, для которых $l = 2$, называются *d-орбиталями*. Их заполнение электронами начинается с третьего энергетического уровня.

Заполнение *f-орбиталей*, для которых $l = 3$, начинается с четвертого энергетического уровня.

Энергия орбиталей, находящихся на одном энергетическом уровне, но имеющих разную форму, неодинакова: $E_s < E_p < E_d < E_f$, поэтому на одном уровне выделяют разные энергетические подуровни.

Энергетический подуровень – это совокупность орбиталей, которые находятся на одном энергетическом уровне и имеют одинаковую форму. Орбитали одного подуровня имеют одинаковые значения главного и побочного квантовых чисел, но отличаются направлением (ориентацией) в пространстве.

Магнитное квантовое число m_l характеризует ориентацию орбиталей (электронных облаков) в пространстве и принимает значения целых чисел от $-l$ через 0 до $+l$. Число значений m_l определяет число орбиталей на подуровне, например:

s-подуровень: $l = 0, m_l = 0$ – одна орбиталь;

p-подуровень: $l = 1, m_l = -1, 0, +1$ – три орбитали;

d-подуровень: $l = 2, m_l = -2, -1, 0, +1, +2$ – пять орбиталей.

Таким образом, число орбиталей на подуровне равно $2l + 1$. Общее число орбиталей на одном энергетическом уровне – n^2 . Общее число электронов на одном энергетическом уровне – $2n^2$. Графически любая орбиталь изображается в виде клетки (*квантовой ячейки*).

Итак, каждая орбиталь и электрон, находящийся на этой орбитали, характеризуются тремя квантовыми числами: главным, побочным и магнитным. Электрон характеризуется еще одним квантовым числом – *спином*.

Спиновое квантовое число m_s , спин (от англ. *spin* – кружение, вращение) – характеризует вращение электрона вокруг своей оси и принимает только два значения: $+1/2$ и $-1/2$. Электрон со спином $+1/2$ условно изображают так: \uparrow ; со спином $-1/2$: \downarrow .

Заполнение электронной оболочки атома подчиняется следующим законам.

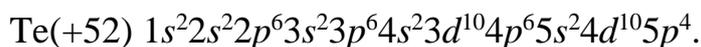
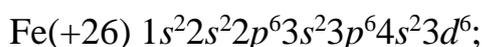
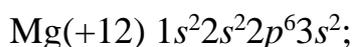
П р и н ц и п П а у л и. В атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел.

П р и н ц и п н а и м е н ь ш е й э н е р г и и. Основное (устойчивое) состояние атома характеризуется минимальной энергией. Поэтому электроны заполняют орбитали в порядке увеличения их энергии.

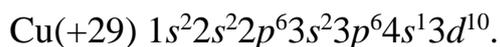
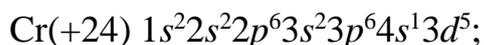
П р а в и л о К л е ч к о в с к о г о. Электроны заполняют энергетические подуровни в порядке увеличения их энергии. Этот порядок определяется значением суммы главного и побочного квантовых чисел ($n + l$): $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d$.

П р а в и л о Г у н д а. На одном подуровне электроны располагаются так, чтобы абсолютное значение суммы спиновых квантовых чисел (суммарного спина) было максимальным. Это соответствует устойчивому состоянию атома.

Например, электронные формулы магния, железа и теллура имеют вид:



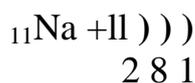
Исключения в четвертом периоде составляют атомы хрома и меди, в которых происходит проскок (переход) одного электрона с $4s$ -подуровня на $3d$ -подуровень, что объясняется большей устойчивостью образующихся при этом электронных конфигураций $3d^5$ и $3d^{10}$. Таким образом, электронные формулы атомов хрома и меди имеют вид:



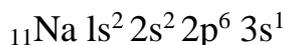
Для характеристики электронного строения атома можно использовать схемы электронного строения, электронные и электронно-графические формулы, например:

Схемы электронного строения атомов показывают распределение электронов по энергетическим уровням.

Например, натрий

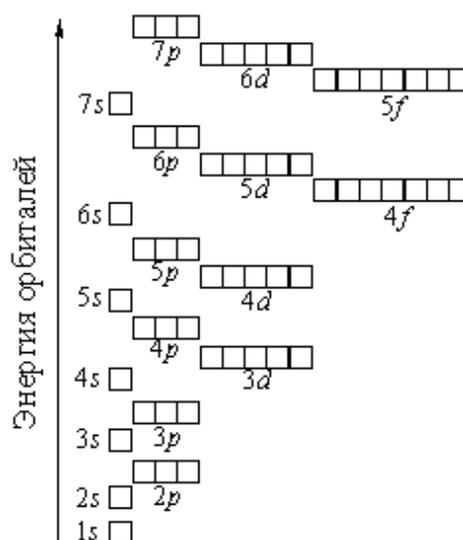
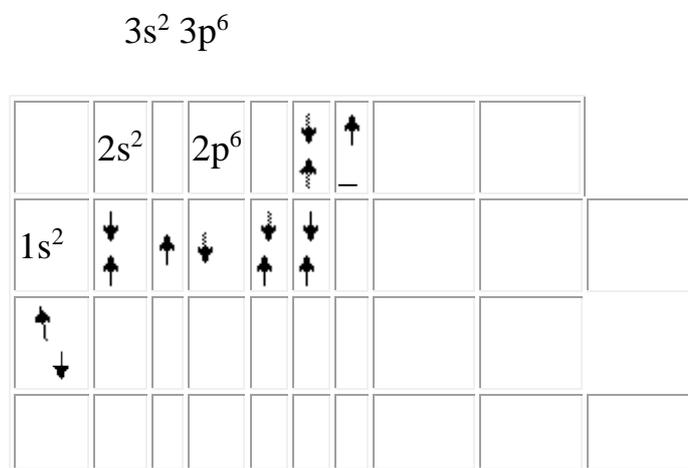


формулы (конфигурации).



Структуру электронных оболочек атомов изображают графически при помощи энергетических ячеек (электронных структур). Понятие об энергетической ячейке соответствует понятию об энергетическом состоянии электрона, характеризуемом квантовыми числами n, l, m . Ячейка обозначается квадратиком, электрон внутри ячейки - стрелкой. Каждая ячейка может вместить одну электронную пару.

Например, структура электронной оболочки для атома алюминия будет иметь следующий вид:



Вопрос 4. Изотопы и изобары

Хотя все атомы одного элемента имеют одинаковое число протонов, эти атомы могут отличаться числом имеющихся у них нейтронов. Такие различные атомы одного и того же элемента называются **изотопами**. Количество протонов, а также количество электронов у изотопа и исходного элемента совпадает. По этой причине в природе существует гораздо больше химических элементов, чем указано в таблице Менделеева, которая систематизирует элементы по числу протонов (порядковый номер).

Изотопы – разновидность атомов одного и того же химического элемента, отличающиеся друг от друга только своей массой.

Например, все атомы Li имеют 3 протона, но в природе существуют изотопы, содержащие от 3 до 5 нейтронов. Элемент водород имеет три изотопа: протий, дейтерий и тритий. Первые два существуют в природе, тритий получен искусственным путем. Подавляющее большинство химических элементов имеет разное число природных изотопов с разным процентным содержанием каждого из них. Относительная атомная масса элемента, которая приводится в периодической системе, – это средняя величина массовых чисел природных изотопов данного элемента с учетом

процентного содержания каждого из этих изотопов. Химические свойства всех изотопов одного химического элемента одинаковы. Следовательно, химические свойства элемента зависят не от атомной массы, а от заряда ядра.

Обозначение изотопов: слева от символа элемента указывают массовое число (вверху) и порядковый номер элемента (внизу)



Почему у изотопов разная масса?

Задание: Определите атомный состав изотопов хлора: $^{35}_{17}\text{Cl}$ и $^{37}_{17}\text{Cl}$?

Изотопы имеют разную массу из-за различного числа нейтронов в их ядрах.

В природе химические элементы существуют в виде смесей изотопов.

Изотопный состав одного и того же химического элемента выражают в атомных долях ($\omega_{\text{ат}}$), которые указывают какую часть составляет число атомов данного изотопа от общего числа атомов всех изотопов данного элемента, принятого за единицу или 100%.

$$\omega_{\text{ат}} = \frac{N_1}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}$$

Например:

$$\omega_{\text{ат}}(^{35}_{17}\text{Cl}) = 0,754$$

$$\omega_{\text{ат}}(^{37}_{17}\text{Cl}) = 0,246$$

В таблице Менделеева приведены средние значения относительных атомных масс химических элементов с учётом их изотопного состава. Поэтому $A_{\text{р}}$, указанные в таблице являются дробными.

$$A_{\text{р}} = \omega_{\text{ат}}(1) \cdot A_{\text{р}}(1) + \dots + \omega_{\text{ат}}(n) \cdot A_{\text{р}}(n)$$

Например:

$$A_{\text{р}}(\text{Cl}) = 0,754 \cdot 35 + 0,246 \cdot 37 = 35,453$$

Пример. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в атоме урана-238? Запишите символ этого изотопа.

Решение: Порядковый номер урана (см. таблицу Менделеева) равен 92, а массовое число изотопа равно 238 (по условию). Следовательно, он содержит 92 протона, 92 электрона и $238 - 92 = 146$ нейтронов. Его символ $^{238}_{92}\text{U}$.

Радиоактивность

Радиоактивность - самопроизвольное превращение неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер (например, α - частиц).

Радиоактивность, проявляемая природными изотопами элементов, называется естественной радиоактивностью.

Самопроизвольный распад ядер описывается уравнением:

$$m_t = m_0$$

• $(1/2)^{t/T_{1/2}}$ где m_t и m_0 - массы изотопа в момент времени t и в начальный момент времени; $T_{1/2}$ - период полураспада, который является постоянным для данного изотопа. За время $T_{1/2}$ распадается половина всех ядер данного изотопа.

Основные виды радиоактивного распада.

α - распад. Сопровождается потоком положительно заряженных ядер атома гелия ${}^4_2\text{He}$ (α - частиц) со скоростью 20000 км/с. При этом заряд Z исходного ядра уменьшается на 2 единицы (в единицах элементарного заряда), а массовое число A - на 4 единицы (в атомных единицах массы).

$$Z' = Z - 2$$

$$A' = A - 4$$

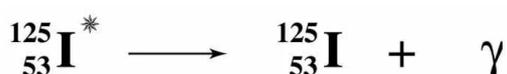
т.е. образуется атом элемента, смещенного по периодической системе на две клетки влево, от исходного радиоактивного элемента, а его массовое число на 4 единицы меньше исходного.



β - распад. Излучение ядром атома потока электронов со скоростью 100'000 - 300'000 км/с. (Электрон образуется при распаде нейтрона ядра. Нейтрон может распадаться на протон и электрон.) При β - распаде массовое число изотопа не изменяется, поскольку общее число протонов и нейтронов сохраняется, а заряд ядра увеличивается на 1. (Химический элемент смещается в периодической системе на одну клетку вправо, а его массовое число не изменяется.)

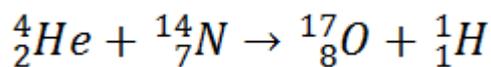


γ - распад. Возбужденное ядро испускает электромагнитное излучение с очень малой длиной волны и высокой частотой, обладающее большой проникающей способностью, при этом энергия ядра уменьшается, массовое число и заряд остаются неизменными. (Химический элемент не смещается в периодической системе, его массовое число не изменяется и лишь ядро его атома переходит из возбужденного состояния в менее возбужденное).



Ядерные реакции - превращения ядер, происходящие при их столкновении друг с другом или с элементарными частицами. Первая искусственная ядерная

реакция была осуществлена Э.Резерфордом (1919 г.) при бомбардировке ядер азота α - частицами:



С помощью ядерных реакций были получены изотопы многих химических элементов и ядра всех химических элементов с порядковыми номерами от 93 до 110.

Изобары, атомы различных химических элементов с одинаковым массовым числом A . Ядра изобаров содержат равное число нуклонов, но различные числа протонов Z и нейтронов N . Например, атомы ${}^{10}_4\text{Be}$, ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^{10}_6\text{C}$ представляют собой три изобара с $A = 10$. Массы изобаров с одним и тем же A несколько отличаются друг от друга, что связано с различием в энергиях связи их ядер. Изобары с наименьшими массами устойчивы относительно бета-распада, более тяжёлые — неустойчивы. Тяжёлый изобар с избытком протонов испытывает позитронный β -распад или K -захват, а с избытком нейтронов — электронный β -распад. Частный случай изобаров — зеркальные ядра (встречающиеся среди лёгких ядер), которые получают заменой протонов на нейтроны и нейтронов на протоны, например ${}^{10}_6\text{C}_4$ и ${}^{10}_4\text{Be}_6$ или ${}^7_3\text{Li}_4$ и ${}^7_4\text{Be}_3$.

План характеристики химического элемента на основе его положения в периодической системе химических элементов и строения атома

1. Символ и название химического элемента
2. Положение элемента в Периодической системе химических элементов:
 - а) атомный номер
 - б) номер периода и группы
 - в) главная или побочная подгруппа
3. Строение атома химического элемента:
 - а) заряд ядра атома, число протонов и нейтронов;
 - б) общее число электронов
 - в) число занятых электронами энергетических уровней
 - г) число электронов на внешнем уровне
 - д) схема строения электронной оболочки атома
4. Свойства атомов и соединений элемента.

Вопросы для повторения:

1. Строение атома.
2. Строение ядра атома.
3. Определите энергетические уровни по периодической таблице Д.И. Менделеева.
4. Как обозначаются энергетические уровни и подуровни.
5. Рассмотрите электронные конфигурации атомов первых 11 элементов.
6. Дайте понятие изотопам и изобарам, приведите примеры.

Тема: Строение вещества

Вопросы:

1. **Строение вещества**
2. **Металлическая связь**
3. **Водородная связь**
4. **Ионная химическая связь**
5. **Ковалентная химическая связь**

Вопрос 1. Строение вещества

Разные вещества имеют различное строение. Из всех известных на сегодняшний день веществ только инертные газы существуют в виде свободных (изолированных) атомов, что обусловлено высокой устойчивостью их электронных структур. Все другие вещества (а их в настоящее время известно более 10 млн) состоят из связанных атомов.

По типу строения все вещества делятся на **молекулярные** и **немолекулярные**.

Среди органических веществ преобладают молекулярные вещества, среди неорганических – немолекулярные.

По типу химической связи вещества делятся на вещества с ковалентными связями, вещества с ионными связями (ионные вещества) и вещества с металлическими связями (металлы).

Вещества с ковалентными связями могут быть молекулярными и немолекулярными. Это существенно сказывается на их физических свойствах.

Молекулярные вещества состоят из молекул, связанных между собой слабыми межмолекулярными связями, к ним относятся: H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , Br_2 , S_8 , P_4 и другие простые вещества; CO_2 , SO_2 , N_2O_5 , H_2O , HCl , HF , NH_3 , CH_4 , C_2H_5OH , органические полимеры и многие другие вещества. Эти вещества не обладают высокой прочностью, имеют низкие температуры плавления и кипения, не проводят электрический ток, некоторые из них растворимы в воде или других растворителях.

Немолекулярные вещества с ковалентными связями или атомные вещества (алмаз, графит, Si , SiO_2 , SiC и другие) образуют очень прочные кристаллы (исключение - слоистый графит), они нерастворимы в воде и других растворителях, имеют высокие температуры плавления и кипения, большинство из них не проводит электрический ток (кроме графита, обладающего электропроводностью, и полупроводников - кремния, германия и пр.)

Все ионные вещества, естественно, являются немолекулярными. Это твердые тугоплавкие вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток. Многие из них растворимы в воде. Следует отметить, что в ионных веществах, кристаллы которых состоят из сложных ионов, есть и ковалентные связи, например: $(Na^+)_2(SO_4^{2-})$, $(K^+)_3(PO_4^{3-})$, $(NH_4^+)(NO_3^-)$ и т. д. Ковалентными связями связаны атомы, из которых состоят сложные ионы.

Химическая связь – это силы взаимодействия между атомами или группами атомов, приводящие к образованию молекул, ионов, свободных радикалов, а также ионных, атомных и металлических кристаллических решеток.

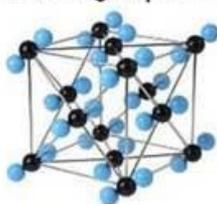
Различные виды химической связи обуславливают существование различных типов кристаллических решеток (табл.).

Таблица

Особенность кристаллической решетки	Тип кристаллической решетки			
	Молекулярная	Ионная	Атомная	Металлическая
Частицы в узлах решетки	Молекулы	Катионы и анионы	Атомы	Катионы и атомы металлов
Характер связи между частицами	Силы межмолекулярного взаимодействия (в том числе водородные связи)	Ионные связи	Ковалентные связи	Металлическая связь
Прочность связи	Слабая	Прочная	Очень прочная	Разной прочности
Отличительные физические свойства веществ	Легкоплавкие или возгоняющиеся, небольшой твердости, многие растворимы в воде	Тугоплавкие, твердые, многие растворимы в воде. Растворы и расплавы проводят электрический ток	Очень тугоплавкие, очень твердые, практически нерастворимы в воде	Высокая электро- и теплопроводность, металлический блеск
Примеры веществ	Йод, вода, сухой лед	Хлорид натрия, гидроксид калия, нитрат бария	Алмаз, кремний, бор, германий	Медь, калий, цинк, железо

Кристаллические решетки

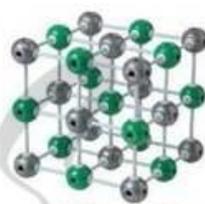
Молекулярные Атомные Ионные Металлические



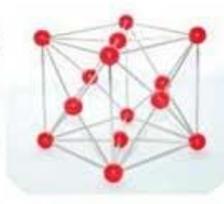
CO_2 (тв.)



C - алмаз

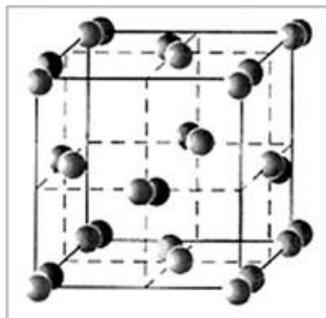


NaCl - галит



Медь

Вещества, состоящие из молекул, имеют *молекулярное строение*. К таким веществам относятся все газы, жидкости, а также твердые вещества с молекулярной кристаллической решеткой, например йод. Твердые вещества с атомной, ионной или металлической решеткой имеют *немолекулярное строение*, в них нет молекул.



Молекулярная кристаллическая решетка йода I₂

По своей природе химическая связь – это электростатические силы. Главную роль при образовании химической связи между атомами играют их *валентные электроны*, т. е. электроны внешнего уровня, наименее прочно связанные с ядром. При переходе от атомного состояния к молекулярному происходит выделение энергии, связанное с заполнением электронами свободных орбиталей внешнего электронного уровня до определенного устойчивого состояния.

Для понимания процессов возникновения химической связи между атомами надо вспомнить свойства химических элементов.

Металлы — элементы, атомы которых способны отдавать электроны. У них низкая электроотрицательность (ЭО).

Неметаллы — элементы, атомы которых могут принимать электроны. У них высокая ЭО.

Различают три случая образования химической связи.

1. Между атомами металлов.

ЭО металлов низкая, они слабо удерживают свои валентные электроны и стремятся от них избавиться. В результате атомы теряют электроны и превращаются в положительные ионы. Электроны становятся свободными. Образуется металлическая связь.

Такая связь образуется в простых веществах металлах и их сплавах:

Fe, Al, Cu, Zn.

2. Между атомами неметаллов и металлов.

ЭО неметаллов высокая. Их атомы стремятся присоединить недостающие до завершения внешнего слоя электроны и забирают их от атомов металлов. Атомы металлов превращаются в положительные ионы, а атомы неметаллов — в отрицательные. Возникает ионная связь.

Ионная связь образуется в сложных веществах, состоящих из атомов металлов и неметаллов:

NaCl, KI, CaO, BaBr₂.

3. Между атомами неметаллов.

Взаимодействуют атомы, каждый из которых с одинаковой силой стремится присоединить к себе электроны от другого атома. В результате электроны объединяются в общие электронные пары, то есть образуется ковалентная связь.

Такой вид связи существует в простых веществах неметаллах и их соединениях:

Кроме перечисленных основных видов химической связи существуют также универсальные силы взаимодействия между любыми молекулами, которые не приводят к разрыву или образованию новых химических связей. Эти взаимодействия называются вандерваальсовыми силами. Они обуславливают притяжение молекул данного вещества (или различных веществ) друг к другу в жидком и твердом агрегатном состояниях.

Вопрос 2. Металлическая связь

Металлическая связь - химическая связь, образованная за счет обобществления валентных электронов всех связываемых атомов металлического кристалла. В результате образуется единое электронное облако кристалла, которое легко смещается под действием электрического напряжения - отсюда высокая электропроводность металлов.

Металлическая связь образуется в том случае, когда связываемые атомы большие и потому склонны отдавать электроны. Простые вещества с металлической связью - металлы (Na, Ba, Al, Cu, Au и др.), сложные вещества - интерметаллические соединения ($AlCr_2$, Ca_2Cu , Cu_5Zn_8 и др.).

Металлическая связь не обладает направленностью насыщенностью. Она сохраняется и в расплавах металлов.

При образовании простых веществ – металлов – атомы достаточно легко отдают электроны внешнего электронного уровня. Таким образом, в кристаллах металлов часть их атомов находится в ионизированном состоянии. В узлах кристаллической решетки находятся положительно заряженные ионы и атомы металлов, а между ними – электроны, которые могут свободно перемещаться по всей кристаллической решетке. Эти электроны становятся общими для всех атомов и ионов металла и называются «электронным газом». Связь между всеми положительно заряженными ионами металлов и свободными электронами в кристаллической решетке металлов называется *металлической связью*.

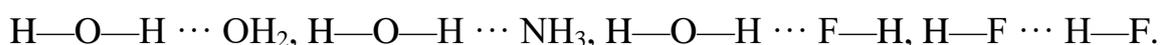
Наличием металлической связи обусловлены физические свойства металлов и сплавов: твердость, электропроводность, теплопроводность, ковкость, пластичность, металлический блеск. Свободные электроны могут переносить теплоту и электричество, поэтому они являются причиной главных физических свойств, отличающих металлы от неметаллов, – высокой электро- и теплопроводности.

Вопрос 3. Водородная связь

Водородная связь возникает между молекулами, в состав которых входит водород и атомы с высокой ЭО (кислород, фтор, азот). Ковалентные связи Н–О,

H—F, H—N являются сильно полярными, за счет чего на атоме водорода скапливается избыточный положительный заряд, а на противоположных полюсах – избыточный отрицательный заряд. Между разноименно заряженными полюсами возникают силы электростатического притяжения – водородные связи. Водородные связи могут быть как межмолекулярными, так и внутримолекулярными. Энергия водородной связи примерно в десять раз меньше энергии обычной ковалентной связи, но тем не менее водородные связи играют большую роль во многих физико-химических и биологических процессах. В частности, молекулы ДНК представляют собой двойные спирали, в которых две цепи нуклеотидов связаны между собой водородными связями.

Примеры межмолекулярных водородных связей:



Внутримолекулярные водородные связи существуют в молекулах полипептидов, нуклеиновых кислот, белков и др.

Мерой прочности любой связи является энергия связи.

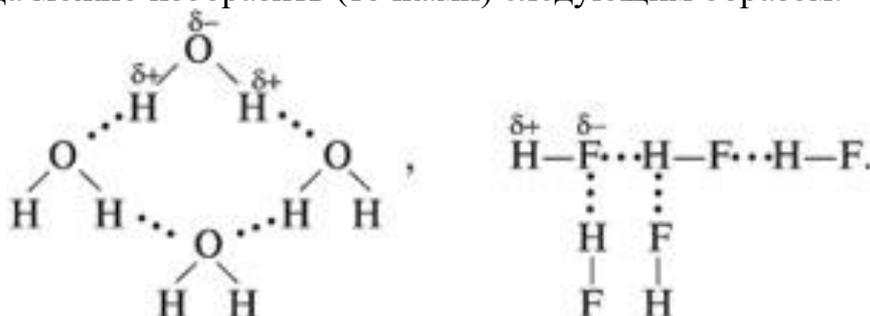
Энергия связи - энергия необходимая для разрыва данной химической связи в 1 моле вещества. Единица измерений - 1 кДж/моль.

Энергии ионной и ковалентной связи - одного порядка, энергия водородной связи - на порядок меньше.

Энергия ковалентной связи зависит от размеров связываемых атомов (длины связи) и от кратности связи. Чем меньше атомы и больше кратность связи, тем больше ее энергия.

Энергия ионной связи зависит от размеров ионов и от их зарядов. Чем меньше ионы и больше их заряд, тем больше энергия связи.

Межмолекулярные водородные связи между молекулами воды и фтороводорода можно изобразить (точками) следующим образом:

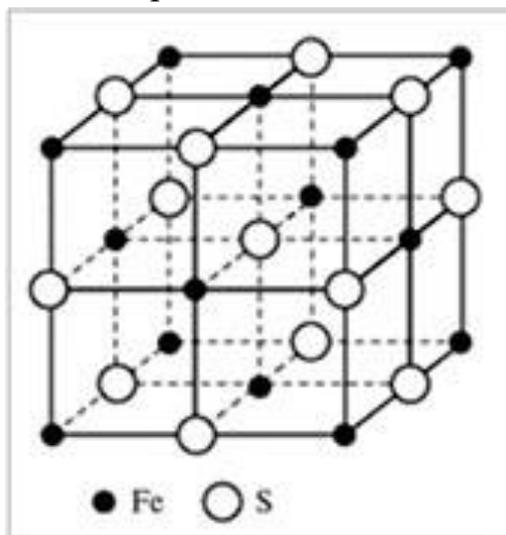


Вещества с водородной связью имеют молекулярные кристаллические решетки. Наличие водородной связи приводит к образованию ассоциатов молекул и, как следствие, к повышению температур плавления и кипения.

Вопрос 4. Ионная химическая связь

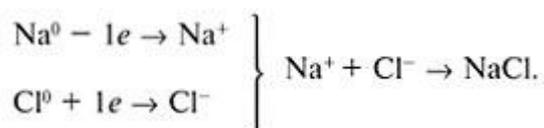
Ионная связь – химическая связь между ионами, осуществляемая за счет сил электростатического притяжения. Ионная связь образуется между атомами, имеющими большую разность ЭО (> 1,7); другими словами, это связь

между типичными металлами и типичными неметаллами. Теория ионной связи была предложена в 1916 г. немецким ученым Вальтером Косселем. Отдавая свои электроны, атомы металлов превращаются в положительно заряженные ионы – *катионы*; атомы неметаллов, принимая электроны, превращаются в отрицательно заряженные ионы – *анионы*. Между образовавшимися ионами возникает электростатическое притяжение, которое называется ионной связью. Ионная связь характеризуется ненаправленностью и ненасыщаемостью; для ионных соединений понятие «молекула» не имеет смысла. В кристаллической решетке ионных соединений вокруг каждого иона располагается определенное число ионов с противоположным зарядом. Для соединений NaCl и FeS характерна кубическая кристаллическая решетка.



Ионная кристаллическая решетка сульфида железа FeS

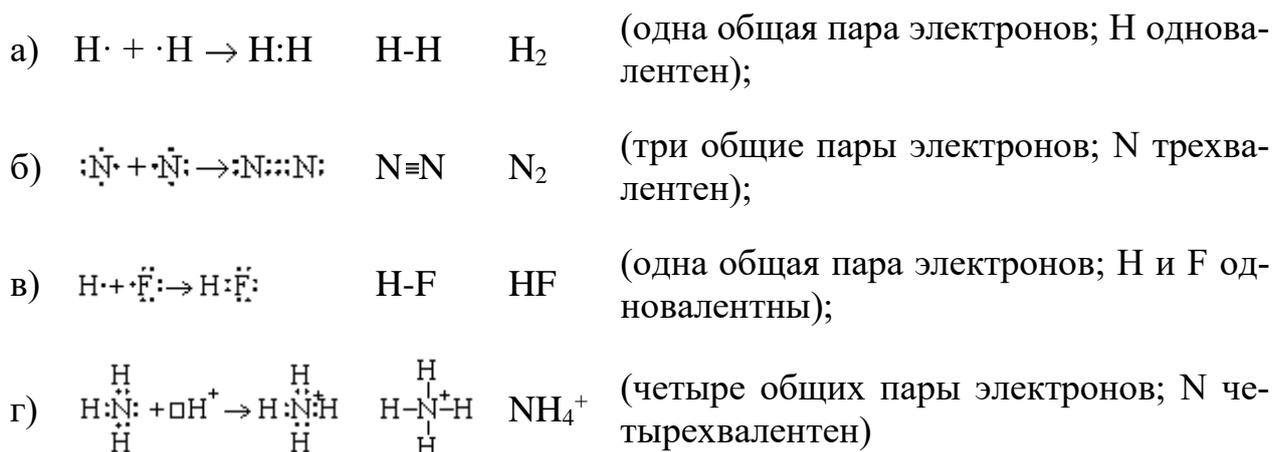
Ниже показано образование ионной связи на примере хлорида натрия:



Ионная связь является крайним случаем полярной ковалентной связи. Резкой границы между ними не существует, тип связи между атомами определяется по разнице электроотрицательности элементов.

Вопрос 5. Ковалентная химическая связь

Ковалентная связь - химическая связь, возникающая за счет образования общей пары электронов. Ковалентная связь образуется между маленькими атомами с одинаковыми или близкими радиусами. Необходимое условие - наличие неспаренных электронов у обоих связываемых атомов (обменный механизм) или неподеленной пары у одного атома и свободной орбитали у другого (донорно-акцепторный механизм):



Теорию ковалентной связи предложил в 1916 г. американский ученый Гилберт Льюис. За счет ковалентной связи образуется большинство молекул, молекулярных ионов, свободных радикалов и атомных кристаллических решеток. Ковалентная связь характеризуется длиной (расстояние между атомами), направленностью (определенная пространственная ориентация электронных облаков при образовании химической связи), насыщенностью (способность атомов образовывать определенное число ковалентных связей), энергией (количество энергии, которое необходимо затратить для разрыва химической связи).

Ковалентная связь может быть *неполярной* и *полярной*. *Неполярная ковалентная связь* возникает между атомами с одинаковой электроотрицательностью (ЭО) (H_2 , O_2 , N_2 и т. д.). В этом случае центр общей электронной плотности находится на одинаковом расстоянии от ядер обоих атомов.

По числу общих электронных пар ковалентные связи делятся на

- **простые (одинарные)** - одна пара электронов,
- **двойные** - две пары электронов,
- **тройные** - три пары электронов.

Двойные и тройные связи называются кратными связями.

Электроотрицательность - мера способности атома в веществе притягивать к себе общие электронные пары.

Электронные пары полярных связей смещены в сторону более электроотрицательных элементов. Само смещение электронных пар называется поляризацией связи. Образующиеся при поляризации частичные (избыточные) заряды обозначаются δ^+ и δ^- , например: $\text{H}^{\delta+} \rightarrow \text{F}^{\delta-}$.

По характеру перекрывания электронных облаков ("орбиталей") ковалентная связь делится на σ -связь и π -связь.

σ -Связь образуется за счет прямого перекрывания электронных облаков (вдоль прямой, соединяющей ядра атомов), π -связь - за счет бокового перекрывания (по обе стороны от плоскости, в которой лежат ядра атомов).

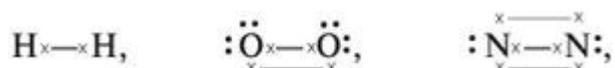
Двойная связь состоит из одной σ -связи и одной π -связи. Тройная связь состоит из одной σ -связи и двух π -связей.

Ковалентные связи, при образовании которых область перекрывания электронных облаков находится на линии, соединяющей ядра атомов, называются σ

-связями. Ковалентные связи, при образовании которых область перекрывания электронных облаков находится по обе стороны от линии, соединяющей ядра атомов, называются π -связями.

В образовании σ -связей могут участвовать s - и s -электроны (H_2), s - и p -электроны (HCl), p - и p -электроны (Cl_2). Кроме того, σ -связи могут образовываться за счет перекрывания «чистых» и гибридных орбиталей. В образовании π -связей могут участвовать только p - и d -электроны.

Ниже линиями показаны химические связи в молекулах водорода, кислорода и азота:



где пары точек (:) – спаренные электроны; «крестики» (x) – неспаренные электроны.

Если ковалентная связь образуется между атомами с различной ЭО, то центр общей электронной плотности смещен в сторону атома с большей ЭО. В этом случае имеет место **ковалентная полярная связь**. Двухатомная молекула, связанная ковалентной полярной связью, представляет собой диполь – электронейтральную систему, в которой центры положительного и отрицательного зарядов находятся на определенном расстоянии друг от друга.

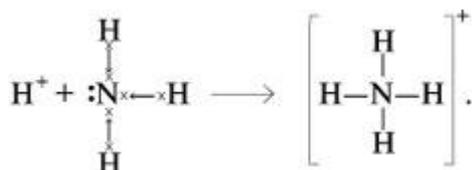
Графический вид химических связей в молекулах хлороводорода и воды следующий:



где стрелками показано смещение общей электронной плотности.

Полярная и неполярная ковалентные связи образованы по обменному механизму. Кроме того, существуют **донорно-акцепторные ковалентные связи**. Механизм образования их другой. В этом случае один атом (донор) предоставляет неподеленную пару электронов, которая становится общей электронной парой между ним и другим атомом (акцептором). Акцептор при образовании такой связи предоставляет свободную электронную орбиталь.

Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи проиллюстрирован на примере образования иона аммония:



Таким образом, в ионе аммония все четыре связи являются ковалентными. Три из них образованы по обменному механизму, одна – по донорно-акцепторному. Все четыре связи равноценны, что обусловлено sp^3 -гибридизацией орбиталей атома азота. Валентность азота в ионе аммония равна IV, т.к. он образует

четыре связи. Следовательно, если элемент образует связи и по обменному, и по донорно-акцепторному механизмам, то его валентность больше числа неспаренных электронов и определяется общим числом орбиталей на внешнем электронном слое. Для азота, в частности, высшая валентность равна четырем.

Ковалентная связь обладает направленностью и насыщенностью, а также поляризованностью.

Для объяснения и прогнозирования взаимного направления ковалентных связей используют модель гибридизации.

Гибридизация атомных орбиталей и электронных облаков - предполагаемое выравнивание атомных орбиталей по энергии, а электронных облаков по форме при образовании атомом ковалентных связей.

Чаще всего встречается три типа гибридизации: sp -, sp^2 и sp^3 -гибридизация. Например:

sp -гибридизация - в молекулах C_2H_2 , BeH_2 , CO_2 (линейное строение);

sp^2 -гибридизация - в молекулах C_2H_4 , C_6H_6 , BF_3 (плоская треугольная форма);

sp^3 -гибридизация - в молекулах CCl_4 , SiH_4 , CH_4 (тетраэдрическая форма); NH_3 (пирамидальная форма); H_2O (угловая форма).

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие, приведите примеры ионной связи.
2. Дайте понятие, приведите примеры ковалентной полярной связи.
3. Дайте понятие, приведите примеры ковалентной неполярной связи.
4. Дайте понятие, приведите примеры водородной связи.
5. Дайте понятие, приведите примеры металлической связи.

Тема: Вода. Растворы

Вопросы:

1. Вода - универсальный растворитель
2. Раствор. Концентрация растворов
3. Гидролиз
4. Электролитическая диссоциация

Вопрос 1. Вода - универсальный растворитель

Самым распространенным растворителем на нашей планете является вода. У животных и растительных организмов содержание воды составляет обычно более 50%, а в ряде случаев достигает 90-95%.

Вода хорошо растворяет многие ионные и полярные соединения. Такое свойство воды связано с ее высокой диэлектрической проницаемостью. В результате многие ионные соединения диссоциируют и отличаются высокой растворимостью в воде. Другой класс веществ, хорошо растворимых в воде, составляют полярные органические соединения (спирты, альдегиды, кетоны). Их растворимость обусловлена образованием водородных связей с молекулами воды.

Важны и другие аномальные свойства воды:

высокое поверхностное натяжение,
низкая вязкость,
высокие температуры плавления и кипения,
более высокая плотность в жидком состоянии, чем в твердом,
полярность.

Вследствие высокой полярности вода вызывает гидролиз веществ (эфиров, амидов и др.). Так как вода составляет основную часть внутренней среды организма, то она обеспечивает процессы всасывания, передвижения питательных веществ и продуктов обмена в организме.

Вопрос 2. Раствор. Концентрация растворов

Раствор – это гомогенная (однофазная: газ + газ, жидкость + жидкость) система, состоящая из двух или более компонентов.

Растворы бывают: **газообразные** (воздух – смесь газов), **жидкие**, растворы могут быть как **водными** (растворитель-вода), так и **неводными** (растворители – спирт, эфир, бензин и др.), **твердые** (сплавы металлов – бронза, мельхиор и др.).

На практике чаще применяют **водные растворы**, так как в воде растворяются многие твердые (**вода + твердое**), жидкие (**вода + жидкие**), газообразные (**вода + газообразные**) вещества.

Жидкие растворы, как правило, прозрачные и устойчивые системы, не осаждаются и не расслаиваются при длительном стоянии, растворенные частицы фильтрами не задерживаются.

При растворении веществ протекают два основных процесса.

Первый – разрушение химических и молекулярных связей между ионами, атомами или молекулами растворяющегося вещества (например, разрушение связей в кристаллической решетке хлорида натрия) и равномерное распределение (диффузия) образовавшихся частиц между молекулами воды, что связано с затратой энергии - **эндотермические процессы** ($- Q_1$).

Второй процесс – взаимодействие частиц растворяемого вещества с растворителем, что сопровождается выделением энергии - **это экзотермический процесс** ($+ Q_2$).

Общий тепловой эффект процесса растворения зависит от отношения выделяемой и поглощаемой энергии. Если $Q_1 > Q_2$, то процесс растворения сопровождается поглощением теплоты, а если $Q_1 < Q_2$, - ее выделением. *Растворение большинства твердых веществ в воде протекает с поглощением теплоты (эндотермические процессы), что связано с затратой значительного количества энергии на разрушение кристаллической решетки, а растворение газов сопровождается выделением теплоты (экзотермические процессы), что объясняется незначительной затратой энергии на разрыв межмолекулярных связей.* Отсюда следует, что **тепловой эффект растворения зависит от природы растворяемого вещества.**

*Продуктами взаимодействия растворенного вещества с растворителем являются соединения, которые называют **сольватами**, а процесс их образования – **сольватацией**.*

Если растворителем является вода, то соединения называют **гидратами**, а процесс образования – **гидратацией**. Гидраты – непрочные соединения и разлагаются при попытке выделить их в свободном виде. Но в ряде случаев образуются довольно прочные соединения с водой, которые можно выделить из раствора в кристаллическом состоянии – **кристаллогидраты: это доказывает наличие в воде гидратов, а воду, входящую в их состав, называют кристаллизационной**. Состав кристаллогидратов выражают формулами, показывающими, какое количество вещества воды содержит 1 моль кристаллогидрата:

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (железный купорос), $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (медный купорос).

Вывод: Таким образом, при растворении протекают как физические, так и химические процессы, поэтому **растворы занимают промежуточное положение между химическими соединениями постоянного состава и механическими смесями.**

Как химические соединения, растворы однородны, их образование сопровождается тепловыми явлениями.

Как и механические смеси, они не имеют постоянного состава, их можно разделить на составные части.

Растворимость – это способность вещества растворяться в воде или другом растворителе.

Количественно растворимость характеризуется коэффициентом растворимости, или просто растворимостью вещества.

Растворимость (коэффициент растворимости) – масса вещества, которое может раствориться при данной температуре в 100 г растворителя с образованием насыщенного раствора:

m (раств. в-ва)

s^t (раств. в-ва) = ----- x 100г

m (р-ля)

А). По растворимости растворы бывают.

Насыщенный раствор – это раствор, который находится в динамическом равновесии с растворяющимся веществом. Насыщенный раствор содержит максимальную массу растворенного вещества при данной температуре (*в нем нельзя растворить добавочно вещество, оно выпадает в осадок*).

Например, при температуре 20 градусов в 100 г воды растворяется 35,86г хлорида натрия. Это значит, что его растворимость при данной температуре равна 35,86г. Если сверх этой массы при той же температуре добавить еще хлорид натрия, то соль не растворяется, а осаждается в виде осадка.

Ненасыщенным называют **раствор**, в котором содержание растворенного вещества при данной температуре меньше, чем в насыщенном, *В таком растворе можно растворить дополнительную массу вещества при той же температуре.*

Насыщенные и ненасыщенные растворы устойчивы при хранении.

Можно приготовить раствор, в котором при данной температуре содержание растворенного вещества больше, чем в насыщенном. Например, если насыщенный раствор сульфата натрия, приготовленный при температуре 80 градусов, осторожно и медленно охладить, то избыток растворенного вещества не выделяется в виде осадка. В этом случае получается раствор, содержащий значительно больше растворенного вещества, чем это требуется для насыщения при данной температуре. Это явление было открыто и изучено российским химиком Т.Е. Ловицем, который назвал такие растворы **пересыщенными**.

Пересыщенные растворы при хранении, как правило, неустойчивы. Если пересыщенный раствор встряхнуть или бросить в него кристаллик растворенного вещества, то выпадает осадок и образуется насыщенный раствор. Легко образуют перенасыщенные растворы глауберова соль, бура, тиосульфат натрия.

Б). По растворимости в воде вещества подразделяются на:

- **хорошо растворимые** – в 100 г воды при температуре 20 градусов растворяется более 10 г вещества (сахар, гидроксид натрия, спирт, аммиак);

- **мало растворимые** – в 100 г воды при температуре 20 градусов растворяется менее 10 г вещества, но не более 0,01 г вещества (гипс, сульфат свинца, метан);

- **практически нерастворимые** – в 100 г воды при температуре 20 градусов растворяется менее 0,01 г вещества (хлорид серебра, стекло, керосин, благородные газы).

Это подразделение условно, так как в природе абсолютно нерастворимых веществ не существует. Например, *если опустить в воду серебряную ложку, то серебро в ничтожно малых количествах все же растворяется в воде (ионы серебра уничтожают в воде микробы).*

Факторы, от которых зависит растворимость веществ

Природа растворяемого вещества и растворителя определяются их строением. Так, *вещества, состоящие из полярных молекул или ионов, лучше растворяются в полярных растворителях* (хлороводород, этанол, хлорид натрия хорошо растворяются в воде, которая является полярным растворителем), а *неполярные соединения – в неполярных растворителях* (иод, бром хорошо растворяются в бензоле, который является неполярным растворителем). Следовательно, растворение вещества *протекает согласно правилу: подобное растворяется в подобном.*

Температура. Влияние температуры на растворимость веществ зависит от их агрегатного состояния. Растворимость твердого вещества определяется соотношением энергии, которая затрачивается на разрушение его кристаллической решетки, и энергии, которая выделяется при образовании гидратов (энергия гидратации).

Рассмотрим равновесие между твердым веществом и его насыщенным раствором:

кристалл + растворитель насыщенный раствор + Q

Согласно принципу Ле-Шателье, в тех случаях, когда *вещества растворяются с поглощением энергии (эндотермические процессы), повышение температуры увеличивает их растворимость* (нитраты калия, свинца, сульфата меди (II) и др.). Это характерно для большинства твердых веществ. *Если же вещества растворяются с выделением энергии (экзотермические процессы), то повышение температуры уменьшает их растворимость.* (некоторые соли лития, кальция, магния, алюминия, гашеная известь).

Растворение газов в воде – экзотермический процесс:

газ + растворитель ----- насыщенный раствор + Q

Поэтому, согласно принципу Ле-Шателье, *растворимость газов в воде с повышением температуры уменьшается.* Так, кипячением можно удалить из воды растворенный в ней воздух.

Некоторые жидкости неограниченно растворяются одна в другой (спирт и вода), другие – ограниченно (эфир и вода). В этом случае образуются двухслойные (гетерогенные) системы, как, например, система бензин – вода: верхний слой – насыщенный раствор воды в бензине, а нижний слой – насыщенный раствор бензина в воде. *В большинстве случаев с повышением температуры растворимость жидкостей увеличивается.*

Давление. Растворение твердых и жидких веществ в воде практически не сопровождается изменением объема, поэтому *давление влияет только на растворимость газообразных веществ.* При растворении газа в воде объем системы уменьшается, поэтому, согласно принципу Ле-Шателье, *повышение давления увеличивает растворимость газа.* На этом основано получение газированной воды.

Концентрация раствора определяется количеством вещества или массой растворенного вещества, содержащегося в определенном объеме или массе раствора (растворителя). Способы выражения состава раствора довольно разнообразны. Состав растворов выражают содержанием растворенного вещества в виде массовой доли.

Массовая доля растворенного вещества

$w(\text{раств. в-ва})$ – отношение массы растворенного вещества $m(\text{раств. в-ва})$ к общей массе раствора $m(\text{р-ра})$. Это безразмерная величина, ее выражают в долях единицы или в процентах:

$$\frac{m(\text{раств. в-ва})}{m(\text{р-ра})} = \text{-----} \quad (\text{в долях единицы})$$

$$\frac{m(\text{раств. в-ва})}{m(\text{р-ра})} = \text{-----} \times 100\% \quad (\text{в процентах})$$

Массу раствора можно выразить через его объем и плотность:

$$m(\text{р-ра}) = V(\text{р-ра}) \times \rho(\text{р-ра});$$

$$\frac{m(\text{раств. в-ва})}{V(\text{р-ра}) \times \rho(\text{р-ра})} = \text{-----}$$

$$\frac{m(\text{раств. в-ва})}{V(\text{р-ра}) \times \rho(\text{р-ра})} = \text{-----} \times 100\%$$

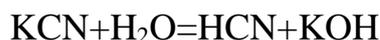
Вопрос 3. Гидролиз

В химии, как и в жизни, разрушается чаще всего нестойкое и слабое (стойкое и сильное выдерживает удар).

Любая соль состоит из остатка основания и кислоты. (NaCl - производное основания NaOH и кислоты HCl).

Сильные			
Кислоты		Основания	
H_2SO_4	HCl	$HClO_4$	$HMnO_4$
HNO_3	HBr	$HClO_3$	
	HI		
		LiOH	$Ca(OH)_2$
		NaOH	$Sr(OH)_2$
		KOH	$Ba(OH)_2$
		RbOH	
		CsOH	
Слабые			
H_2SO_3	HF	H_2CO_3	HClO
HNO_2	H_2S	H_2SiO_3	$HClO_2$
H_3PO_4		HCOOH	
		CH_3COOH	
		C_2H_5COOH	

Гидролизом солей является процесс химического взаимодействия солей с водой. Таким образом, гидролизом (греч. hydor - вода и lysis - разрушение) называют взаимодействие вещества с водой, при котором составные части вещества соединятся с составными частями воды. Например, следующие реакции являются реакциями гидролиза:



Гидролизу подвергаются следующие соли, образованные:

- а) слабой кислотой и слабым основанием;
- б) слабой кислотой и сильным основанием;
- в) сильной кислотой и слабым основанием.

Соли же, образованные сильной кислотой и сильным основанием, не гидролизуются, а процесс нейтрализации в этом случае сводится к следующему:

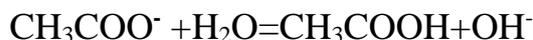
$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$. Следует учитывать, что обратная реакция диссоциации воды на ионы протекает в мизерной степени.

Слабыми кислотами являются:

HNO_2 , H_2SO_3 , H_2O_2 , CH_3COOH , H_2SiO_3 , HF , H_2CO_3 , HCN , H_2S , H_3PO_4 , NH_4OH . *Сильными кислотами* являются: HNO_3 , H_2SO_4 , HCl , HBr , HI , HClO_4 , HMnO_4 . *Сильными основаниями* являются все щелочи кроме NH_4OH (например KOH , NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Рассмотрим подробнее *основные три случая гидролиза солей*:

1. *Гидролиз соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием* (на примере ацетата натрия):



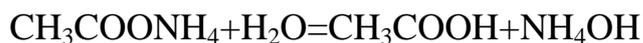
В данном случае гидролизуете анион соли, а реакция сопровождается образованием ионов OH^- . Реакция среды – щелочная.

2. *Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой*:



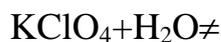
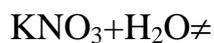
Здесь гидролизуете катион соли и реакция сопровождается образованием ионов H^+ . Реакция среды – кислая.

2. *Гидролиз соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием*:



Здесь гидролиз идёт и по катиону, и по аниону с образованием сразу двух слабых электролитов. Среда в растворах таких солей зависит от относительной силы образующихся в результате гидролиза кислоты и основания, но в целом близка к нейтральной.

3. Соль, образованная сильной кислотой и сильным основанием, не гидролизуется:



Гидролизу подвергается не вся соль, а лишь её часть, т.е. в растворе устанавливается равновесие между солью и образующими её кислотой и основанием. Поэтому часть вещества, подвергающаяся гидролизу, характеризуется *степенью гидролиза*. Степень гидролиза зависит от константы равновесия, температуры и концентрации соли, а также от её природы. Природа соли проявляется в величине константы гидролиза соли.

Константа гидролиза соли K_{Γ} характеризует способность данной соли подвергаться гидролизу. Чем больше K_{Γ} , тем в большей степени протекает гидролиз (при постоянстве T и концентрации соли).

Константа гидролиза соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием, равна:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кислоты}}},$$

где $K_{\text{кислоты}}$ – константа диссоциации кислоты. Анализ уравнения показывает, что чем слабее кислота, тем в большей степени подвергаются гидролизу её соли.

Константа гидролиза соли, образованной сильной кислотой и слабым основанием, равна:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{основания}}},$$

где $K_{\text{основания}}$ – константа диссоциации основания. Анализ уравнения показывает, что чем слабее основание, тем в большей степени подвергаются гидролизу им образованные соли.

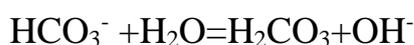
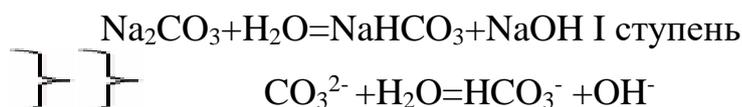
Константа гидролиза соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием, равна:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кислоты}} K_{\text{основания}}}.$$

Зависимость степени гидролиза от концентрации соли проявляется в том, что с разбавлением раствора степень гидролиза растёт. Влияние температуры на

степень гидролиза вытекает из рассмотренного ранее принципа Ле Шателье: степень гидролиза растёт с повышением температуры. Поэтому для ослабления гидролиза растворы необходимо хранить концентрированными и при низких температурах. Для солей, образованных сильной кислотой и слабым основанием, фактором подавления гидролиза является подкисление раствора, а в случае соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием, таковым фактором является подщелачивание раствора.

Процесс гидролиза может протекать ступенчато, например:



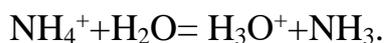
Как видно из уравнения реакции гидролиза, в первой ступени образуется гидрокарбонат ион, диссоциация которого характеризуется второй константой диссоциации угольной кислоты, а во второй ступени происходит гидролиз кислой соли с образованием угольной кислоты, диссоциацию которой характеризует первая константа её диссоциации. Поэтому можно связать константу гидролиза по первой ступени K_1 со второй константой диссоциации кислоты $K_{2 \text{кисл}}$, а константу гидролиза по второй ступени K_2 с первой константой диссоциации кислоты $K_{1 \text{кисл}}$:

$$K_1 = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{2 \text{кисл}}} > K_2 = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{1 \text{кисл}}}$$

Гидролиз по первой ступени всегда протекает в большей степени, чем по второй. Аналогично протекает гидролиз соли, образованной слабым основанием многовалентного металла.

Особенно глубоко протекает гидролиз соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием, т.к. константа гидролиза для этого случая обратно пропорциональна произведению констант диссоциации кислоты и основания, т.е. её значение крайне велико.

Согласно протонной теории кислот и оснований гидролиз можно представить как частный случай кислотно-основного равновесия: протон переходит от молекулы воды к данному иону или от данного иона к молекуле воды. Примером может служить гидролиз иона аммония:



Среда раствора

Среда раствора может быть нейтральной, кислой или щелочной. Определяется типом гидролиза.

В случае, когда гидролиз не идет или идет и по катиону, и по аниону среда раствора - нейтральная.

Если гидролиз идет по катиону (разрушается остаток основания) среда - кислая, если гидролиз идет по аниону (разрушается остаток кислоты), то среда раствора будет щелочная.

Однако в дигидрофосфатах, гидрофосфатах гидросульфитах и гидросульфатах среда всегда кислая из-за особенностей диссоциации.

Кислотность среды определяется уровнем рН, кислая среда характеризуется $\text{pH} < 7$. В нейтральной $\text{pH} = 7$. В щелочной $\text{pH} > 7$.

Например, в соли CaCl_2 среда раствора будет нейтральной ($\text{pH}=7$), а в растворе AlCl_3 - кислой ($\text{pH} < 7$).

Вопрос 4. Электролитическая диссоциация

Давно известно, что некоторые растворы проводят электрический ток (такие растворы получили название **электролитов**), а некоторые - не проводят (**неэлектролиты**).

Электролиты – это вещества, растворы или расплавы которых проводят электрический ток.

Неэлектролиты – это вещества, растворы или расплавы которых не проводят электрический ток.

Кроме электропроводности электролиты и неэлектролиты имеют много других отличий. При одинаковой молярной концентрации электролиты (по сравнению с неэлектролитами) обладают:

- более высокой температурой кипения;
- более низкой температурой замерзания;
- более высоким осмотическим давлением;
- более низким давлением пара растворителя.

Такое большое различие в свойствах растворов ученые объясняют тем фактом, что в электролитах при растворении образуется гораздо большее количество частиц, которые еще и обладают зарядом, хотя, в общем, раствор электролита нейтрален.

Распад молекул электролита на ионы под действием полярных молекул растворителя называется **электролитической диссоциацией**.

К электролитам относятся вода, кислоты, основания и соли. При растворении в воде молекулы электролитов диссоциируют на положительные ионы – **катионы** и отрицательные – **анионы**.

Процесс электролитической диссоциации обусловлен взаимодействием веществ с водой или другим растворителем, что приводит к образованию гидратированных ионов.

Так, ион водорода образует ион гидроксония:



Для упрощения ион гидроксония записывают без указания молекул воды, то есть H^+ .

или принята запись: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$.

Впервые теорию **электролитической диссоциации** (разделения) сформулировал в 1887 г. шведский ученый С. Аррениус, ее основные положения заключались в следующем:

Основные положения теории электролитической диссоциации:

- электролиты, растворяясь в воде, диссоциируют (распадаются) на положительно (катионы) и отрицательно (анионы) заряженные ионы;
- под воздействием внешнего электрического поля катионы в растворе электролита начнут двигаться к катоду (отрицательному электроду), анионы - к аноду (положительному электроду);
- электролитическая диссоциация является обратимым процессом - параллельно с распадом молекул на ионы идет обратный процесс ассоциации (ионы соединяются в молекулы), в результате чего в растворе устанавливается динамическое равновесие.

Через несколько лет, в 1891 г., русский ученый И. Каблуков внес существенные уточнения в теорию Аррениуса, введя понятие **сольватации** катионов и анионов (формирование химических связей между растворителем и растворимым веществом).

Диссоциация хлорида натрия

Хлорид натрия является веществом с ионной связью, в узлах кристаллической решетки $NaCl$ находятся ионы натрия и хлора.

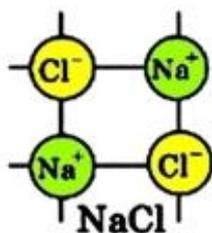


Рис. 1. Кристаллическая решетка хлорида натрия.

При погружении поваренной соли в воду на первой стадии растворения (диссоциации $NaCl$) полярные молекулы воды под действием электростатического притяжения приклеиваются своей отрицательной стороной к катионам натрия (Na^+), а положительной стороной к анионам хлора (Cl^-):

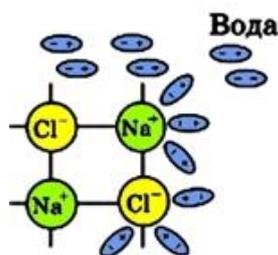


Рис. 2 Притяжение полярных молекул воды к ионам $NaCl$.

По мере склеивания молекул воды с ионами натрия и хлора происходит

ослабление ионных связей Na^+ с Cl^- :

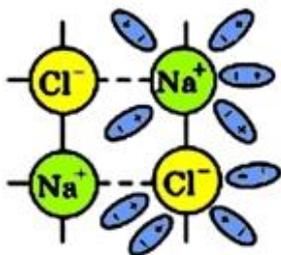


Рис. 3 Ослабление ионных связей хлорида натрия.

Ионные связи хлорида натрия разрываются и гидратированные ионы переходят в раствор:

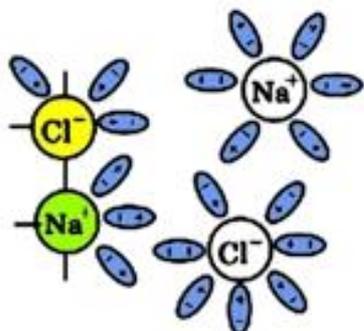


Рис. 4 Переход гидратированных ионов натрия и хлора в раствор.

Диссоциация хлороводорода

Хлороводород является веществом с ковалентной полярной связью.

Под воздействием молекул воды ковалентные связи поляризуются еще больше и становятся связями ионными, после чего происходит процесс, описанный выше:

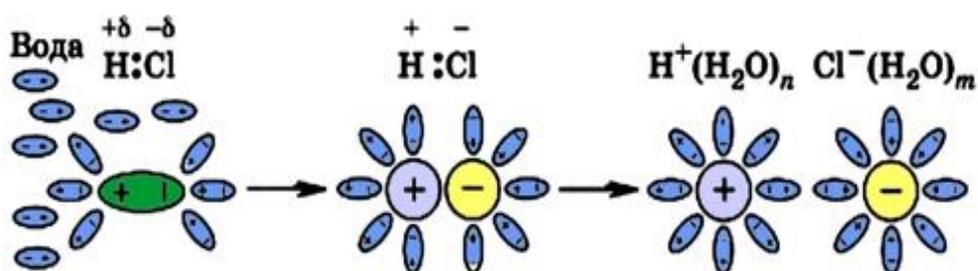


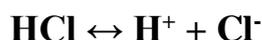
Рис. 5 Диссоциация полярной молекулы HCl .

Из вышесказанного можно сделать вывод, что электролитическая диссоциация возможна в полярных растворителях (вода, этиловый спирт). При диссоциации в первую очередь разрываются наиболее полярные связи (самая большая разность в электроотрицательности атомов, составляющих связь).

Растворитель выполняет не только роль разделения катионов и анионов

растворяемого вещества, но также замедляет обратный процесс ассоциации ионов в исходную молекулу, поскольку сольватированные (гидратированные) ионы окружены "прилипшими" молекулами растворителя, что мешает сближению (под воздействием кулоновского электростатического притяжения) и воссоединению в молекулу катионов и анионов. Кол-во молекул растворителя, находящихся в гидратной оболочке ионов, зависит от природы ионов, концентрации и температуры раствора.

Уравнения электролитических диссоциаций записываются следующим образом:



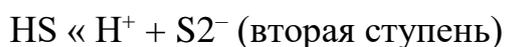
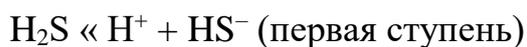
Электролитическая диссоциация протекает за счет энергии, выделяемой в процессе разрушения кристаллической решетки растворяемого вещества во время взаимодействия молекул растворителя с веществом. Следует сказать, что диссоциация может протекать и без растворителя, например, при высокой температуре, когда образуется расплав вещества (энергия для разрушения кристаллической решетки берется из внешнего источника высокой температуры).

Основания, кислоты, соли в свете теории электролитической диссоциации:

Кислотами называются электролиты, при диссоциации которых в качестве катионов образуются только катионы водорода. Например,



Многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато. Например, сероводородная кислота диссоциирует ступенчато:



Диссоциация многоосновных кислот протекает, главным образом, по первой ступени. Это объясняется тем, что энергия, которую нужно затратить для отрыва иона от нейтральной молекулы, минимальна и становится больше при диссоциации по каждой следующей ступени.

Основаниями называются электролиты, диссоциирующие в растворе, которые в качестве анионов образуют только гидроксид-ионы. Например,



Многокислотные основания диссоциируют ступенчато





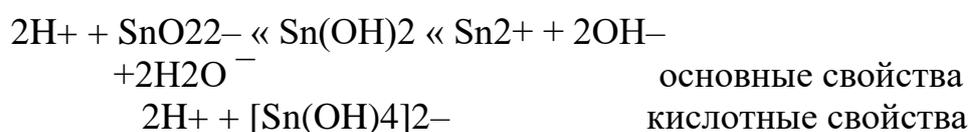
Ступенчатая диссоциация кислот и оснований объясняет образование кислых и основных солей.

Существуют электролиты, которые диссоциируют одновременно как основные и как кислотные. Они называются **амфотерными**.



Амфотерность объясняется малым различием прочности связей R–H и O–H. К амфотерным электролитам относятся вода, гидроксиды цинка, алюминия, хрома (III), олова (II, IV), свинца (II, IV) и др.

Диссоциацию амфотерного гидроксида, например Sn(OH)₂, можно выразить уравнением:



Солями называют электролиты, которые при диссоциации образуют катионы металлов, или комплексные катионы, и анионы кислотных остатков, или комплексные анионы.

Средние соли, растворимые в воде, диссоциируют практически полностью



Кислые соли диссоциируют ступенчато, например:



Анионы кислых солей в дальнейшем диссоциируют незначительно:



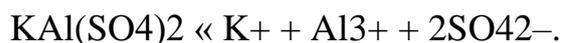
Диссоциацию основной соли можно выразить уравнением



Катионы основных солей по второй ступени диссоциируют в незначительной степени.

Двойные соли – это электролиты, которые при диссоциации образуют два

типа катионов металла. Например



Комплексные соли – это электролиты, при диссоциации которых образуются два типа ионов: простой и комплексный. Например:



Количественной характеристикой электролитической диссоциации является **степень диссоциации α** , равная отношению числа молекул, распавшихся на ионы (n), к общему числу растворенных молекул (N)

$$\alpha = \frac{n}{N}$$

Степень диссоциации выражается в долях единицы или процентах.

По степени диссоциации все электролиты делятся на сильные ($\alpha > 30\%$), слабые ($\alpha < 3\%$) и средней силы ($\alpha - 3-30\%$).

Сильные электролиты при растворении в воде полностью диссоциируют на ионы. К ним относятся:



Основания



Соли растворимые в воде (приложение, табл.2)

Слабые электролиты частично диссоциируют на ионы при растворении в воде. К ним относятся вода, почти все органические кислоты (CH_3COOH , $HCOOR$, $H_2C_2O_4$ и др.), некоторые минеральные кислоты (HNO_2 , HCN , H_2S , H_2SiO_3 , H_2CO_3 и др.), гидроксид аммония NH_4OH , а также все основания металлов, кроме оснований щелочных и щелочноземельных металлов.

ИТОГ: Электролитическая диссоциация — это процесс распада вещества (электролита) на ионы (в растворах под воздействием полярных молекул растворителя; в расплавах - под воздействием высокой температуры).

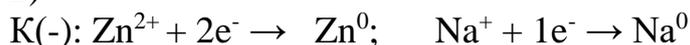
Электролиз – это совокупность процессов, проходящих на электродах при прохождении электрического тока через раствор или расплав электролита. Электролиты – проводники второго рода. При электролизе катод служит восстановителем (отдает электроны катионам), а анод – окислителем (принимает электроны от анионов). Сущность электролиза состоит в осуществлении за счет электрической энергии химических реакций – восстановления на катоде (К) и окисления

на аноде (А). Эти процессы называются процессами (реакциями) *электровосстановления и электроокисления*. Восстановительное и окислительное действие электрического тока во много раз сильнее действия химических окислителей и восстановителей. Различают электролиз расплавов и растворов электролитов.

Электролиз расплавов солей

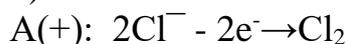
1) Все катионы металлов восстанавливаются на катоде:

2)



3) Анионы бескислородных кислот окисляются на аноде:

4)



3) Анионы кислородсодержащих кислот образуют соответствующий кислотный оксид и кислород:



Электролиз водных растворов электролитов

На ход процесса электролиза и характер конечных продуктов большое влияние оказывают природа растворителя, материал электродов, плотность тока на них и другие факторы. В водных растворах электролитов, кроме гидратированных катионов и анионов, присутствуют молекулы воды, которые также могут подвергаться электрохимическому окислению и восстановлению. Какие именно электрохимические процессы будут протекать на электродах при электролизе, зависит от значения электродных потенциалов соответствующих электрохимических систем.

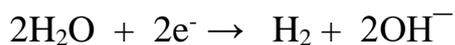
Катодные процессы.

При прочих равных условиях ионы металлов восстанавливаются на катоде тем легче, чем менее активен металл, чем дальше вправо он расположен в ряду напряжений.

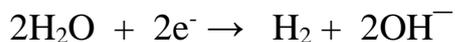
1) Катионы металлов, имеющие электродный потенциал более высокий, чем у ионов водорода H^+ (в ряду напряжений эти металлы стоят после H_2), при электролизе практически полностью восстанавливаются на катоде:



2) Катионы металлов, имеющие низкую величину электродного потенциала (от начала ряда напряжения по алюминий включительно), не восстанавливаются на катоде и остаются в растворе, на катоде идет процесс электрохимического восстановления водорода из молекул воды:



3) Катионы металлов, имеющие электродный потенциал ниже, чем у ионов водорода (H^+), но выше, чем у ионов алюминия (Al^{3+}), т.е. стоящих между $\text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{Me}^{n+} \leftarrow \text{H}_2$, при электролизе восстанавливаются на катоде одновременно с водородом.



Таким образом, характер катодного процесса при электролизе водных растворов электролитов определяется, прежде всего, положением соответствующего металла в ряду напряжения.

Анодные процессы.

При электролизе веществ используются инертные, не изменяющиеся в процессе электролиза аноды (графитовые, платиновые) и растворимые аноды, окисляющиеся в процессе электролиза легче, чем анионы (из цинка, никеля, серебра, меди и других металлов).

1) Анионы бескислородных кислот (S^{2-} , I^- , Br^- , Cl^-) при их достаточной концентрации легко окисляются до соответствующих простых веществ.

2) При электролизе водных растворов щелочей, кислородсодержащих кислот и их солей, а также плавиковой кислоты и фторидов происходит электрохимическое окисление воды с выделением кислорода:



Вопросы для повторения:

1. Свойства воды.
2. Основные виды растворов.
3. Как называется электрод, имеющий положительный заряд?
4. Как называется электрод, имеющий отрицательный заряд?
5. Чем отличается расплав соли от раствора?
6. Что произойдет с ионами соли при помещении в ее расплав электродов, подсоединенных к источнику тока?
7. Как записать этот процесс с помощью химических реакций?
8. Дайте понятие гидролиза солей.
9. Приведите примеры видов гидролиза.
10. Дайте понятие: электролиты, неэлектролиты, катионы, анионы, степень диссоциации.

Тема: Классификация неорганических соединений и их свойства

Вопросы:

1. Оксиды и их свойства
2. Кислоты и их свойства
3. Основания и их свойства
4. Соли и их свойства
5. Генетическая связь между основными классами неорганических соединений

Вопрос 1. Оксиды и их свойства

Все простые вещества на основании строения атомов, вида химической связи, типа кристаллических решеток, физических и химических свойств делятся на металлы и неметаллы.

Сложные вещества делятся на: оксиды; основания; кислоты; соли.



Оксиды

Оксиды — это соединения, состоящие из двух элементов, одним из которых является кислород в степени окисления -2.

Состав оксидов выражается общей формулой:



где x — число атомов элемента, y — число аатомов кислорода.

Числовые значения x и y определяется степенью окисления элементов.



Примеры формул оксидов: MgO , Na_2O , P_2O_5 .

В названиях оксидов вначале указывают слово **ОКСИД** в именительном падеже (от латинского названия кислорода «оксигениум»), а затем – название элемента в родительном падеже:

MgO - оксид магния, Al₂O₃ – **оксид** алюминия.

Если элемент образует несколько оксидов, то после названия элемента в скобках римской цифрой указывается численное значение его степени окисления:

FeO – оксид железа (II) (читается: «оксид железа два»)

Fe₂O₃ – оксид железа (III) (читается: «оксид железа три»)

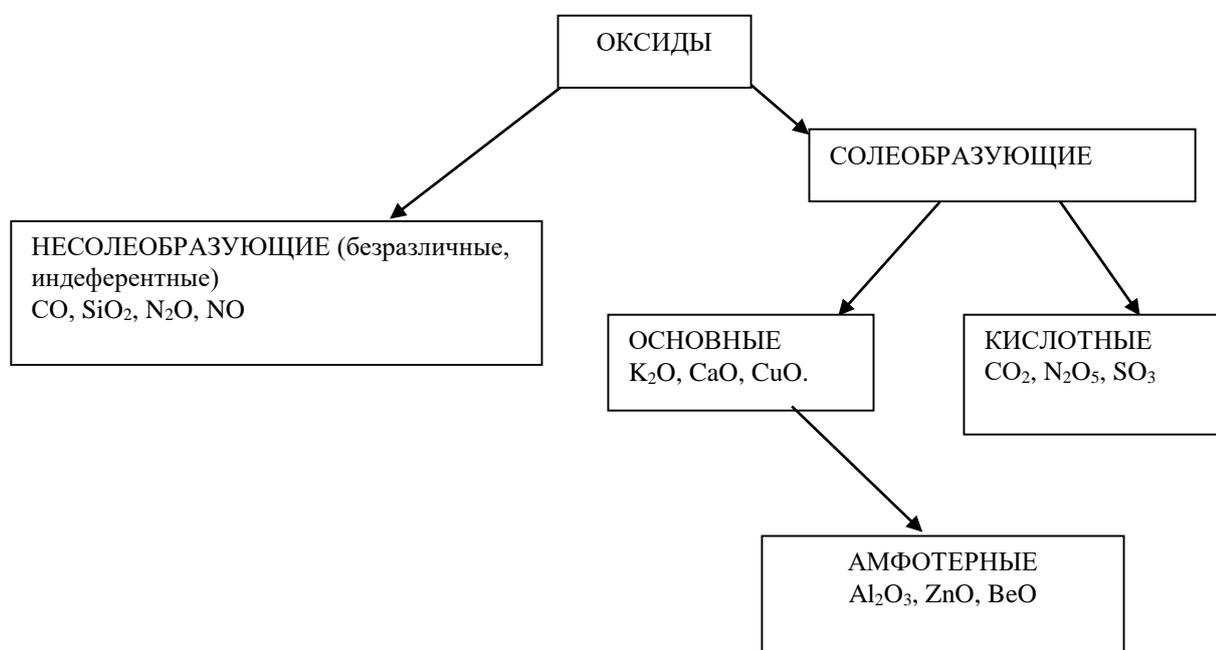
CO – оксид углерода (II) (читается: «оксид углерода два»)

CO₂ – оксид углерода (IV) (читается: «оксид углерода четыре»)

Оксиды

Классификация оксидов.

Оксиды делятся на две группы: солеобразующие и несолеобразующие, а каждую из групп, в свою очередь, подразделяют на несколько подгрупп.



Несолеобразующие оксиды — это оксиды, которые не взаимодействуют ни с кислотами, ни со щелочами и не образуют солей.

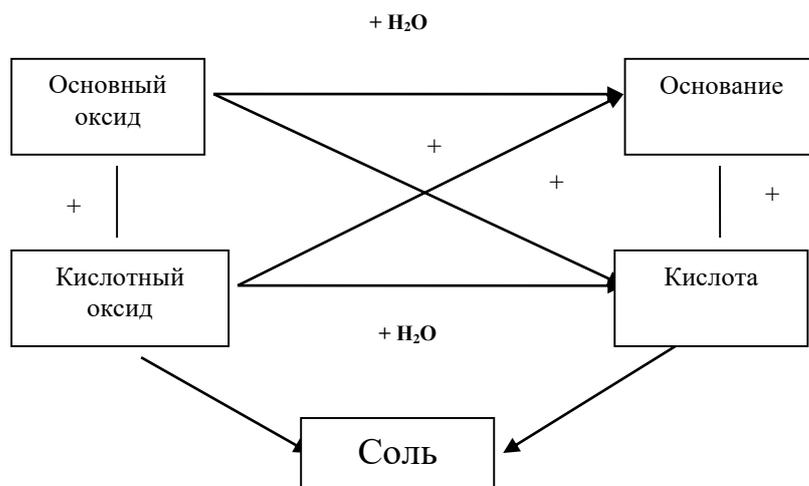
Солеобразующие оксиды — это оксиды, которые взаимодействуют с кислотами или щелочами с образованием солей и воды. Солеобразующие оксиды делятся на основные, кислотные, амфотерные.

По агрегатному состоянию оксиды делятся на твердые (CaO, MgO, SiO₂, P₂O₅), жидкие (SO₃, H₂O, Cl₂O₇) и газообразные (CO₂, N₂O, NO, SO₂).

По растворимости в воде оксиды делятся на растворимые (основные оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, практически все кислотные оксиды (кроме SiO₂)) и нерастворимые (все остальные основные оксиды, амфотерные оксиды, SiO₂).

Химические свойства оксидов

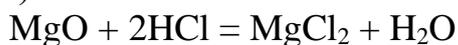
Общими свойствами основных, кислотных и амфотерных оксидов являются кислотно-основные взаимодействия, которые можно выразить следующей схемой:



Основные оксиды образуют только металлы и, как правило, в степени окисления +1 и +2 (исключение: BeO, ZnO, SnO, PbO).

Основные оксиды взаимодействуют:

1) с кислотами по схеме: *Основный оксид + Кислота = Соль + Вода*

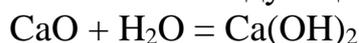


2) с кислотными оксидами по схеме:

Основный оксид + Кислотный оксид = Соль



3) с водой взаимодействуют только оксиды щелочных и щелочноземельных металлов по следующей схеме: *Основный оксид + Вода = Щелочь*



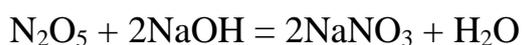
Кислотные оксиды – это оксиды, которым в качестве гидроксидов, соответствуют кислоты.

Кислотные оксиды образуют все неметаллы независимо от степени окисления (исключение – несолеобразующие оксиды) и металлы в степени окисления +5 и выше.

Кислотные оксиды взаимодействуют:

1) с основаниями, образуя соль и воду:

Кислотный оксид + Основание = Соль + Вода



2) с основными оксидами, образуя соль:

Кислотный оксид + Основной оксид = Соль



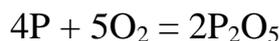
3) водой кислотные оксиды взаимодействуют с образованием кислот (исключение SiO_2):

Кислотный оксид + Вода = Кислота

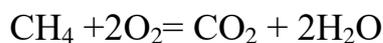


Оксиды могут быть получены различными способами.

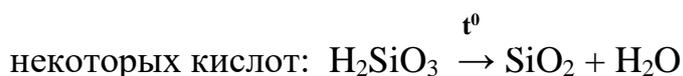
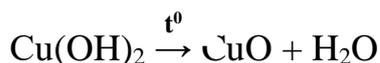
1) Взаимодействие простых веществ – металлов и неметаллов – с кислородом:



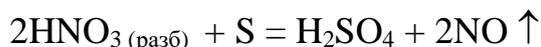
2) Горением на воздухе сложных веществ (при этом, как правило, образуются оксиды тех элементов, из которых состоит это сложное вещество).



3) Разложением сложных веществ, например нерастворимых оснований:



4) При восстановлении кислот-окислителей металлами и неметаллами:



Идеальным амфотерным оксидом является вода H_2O , которая диссоциирует с образованием одинаковых количеств ионов водорода (кислотные свойства) и гидроксид- иона (основные свойства).

Вопрос 2. Кислоты и их свойства

Кислотами называют сложные вещества, молекулы которых состоят из атомов водорода и кислотного остатка. Общая формула кислот:

$\text{H}_x\text{КО}$, где H_x – атом водорода, а КО – кислотный остаток.

Как правило, кислотные остатки образуют элементы- неметаллы.

Кислотные остатки бывают:

А) простые – Cl , S , Br

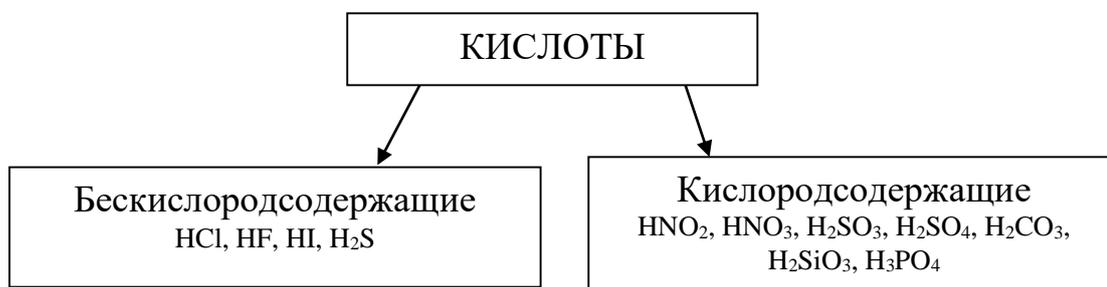
Кислоты — это электролиты, которые при электролитической диссоциации образуют в качестве катионов только ионы водорода.



Существует несколько классификаций кислот. Поскольку существует несколько различных определений кислот, то их классификация и номенклатура являются весьма условными.

Кислоты классифицируются:

- 1) по основности: одноосновные (HCl, HCN, HNO₃); многоосновные: двухосновные, трехосновные и т.д. Основность кислот определяется количеством атомов водорода.
- 2) По содержанию атомов кислорода в молекулах кислот:



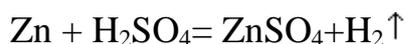
- 3) по степени диссоциации в водных растворах: сильные (HCl, HBr, HI, HNO₃, H₂SO₄, HClO₃, HClO₄) и слабые (HF, H₂S, HNO₂, H₂SO₃ и др.).

Получение кислот		
Кислородсодержащие кислоты	Кислотный оксид +	SO ₃ +H ₂ O=H ₂ SO ₄ P ₂ O ₅ +3H ₂ O=2H ₃ PO ₄
	Неметалл+сильный окислитель	P+5HNO ₃ +2H ₂ O=3H ₃ PO ₄ +5NO
	Соль+ менее летучая кислота	NaNO ₃ +H ₂ SO ₄ =HNO ₃ ↑+NaHSO ₄
Бескислородсодержащие кислоты	Водород+неметалл	H ₂ +Cl ₂ =2HCl
	Соль+менее летучая кислота	NaCl+H ₂ SO ₄ =2HCl↑+NaHSO ₄

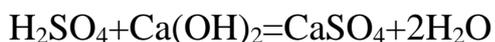
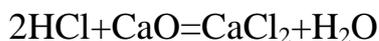
Химические свойства кислот можно разделить на две группы: общие для всех кислот реакции, связанные с наличием в их растворах иона H⁺ (иногда иона гидроксония H₃O⁺), и специфические, т.е. характерные для конкретных кислот.

Ион водорода может, с одной стороны, вступать в окислительно-восстановительные реакции, восстанавливаясь до водорода, а с другой стороны, вступать в реакции соединения с отрицательно заряженными частицами или нейтральными частицами, имеющими неподеленные пары электронов (кислотно-основное взаимодействие).

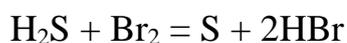
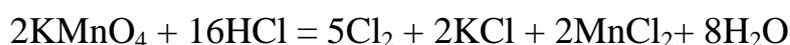
К первому типу превращений кислот относятся реакции кислот с металлами, стоящими в ряду напряжений до водорода, например:



К кислотно-основному типу относятся реакции с основными оксидами и основаниями, например:



Специфические свойства кислот связаны, в первую очередь, с окислительно-восстановительными реакциями. Бескислородные кислоты в водном растворе могут только окисляться:



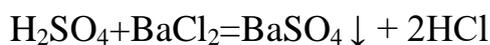
Кислородсодержащие кислоты могут окисляться, только когда центральный атом в них находится в промежуточной степени окисления, как, например, в сернистой кислоте:



Многие кислородсодержащие кислоты, в которых центральный атом имеет максимальную степень окисления (S^{6+} , N^{5+} , Cr^{6+}), проявляют свойства сильных окислителей (H_2SO_4 является сильным окислителем только при высокой концентрации):



Кислоты могут взаимодействовать с солями, если образуется малорастворимое, летучее или малодиссоциирующее вещество:



Слабые кислоты легко разлагаются: $\text{H}_2\text{SiO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$

Кислоты можно распознавать с помощью индикаторов.

Название индикатора	Окраска индикатора в нейтральной среде	Окраска индикатора в кислой среде
Лакмус	Фиолетовая	Красная
Метиловый оранжевый (метилоранж)	Оранжевая	Красно-розовая
Фенолфталеин	Бесцветная	Бесцветная

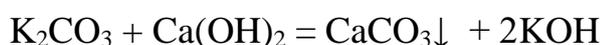
Вопрос 3. Основания и их свойства

Основания – сложные вещества, молекулы которых состоят из атомов металлов и гидроксо-групп, способных замещаться на металл $Me(OH)_n$, n- число гидроксо-групп. По современной номенклатуре их принято называть *гидроксидами* элементов с указанием степени окисления: NaOH – гидроксид натрия, KOH – гидроксид калия, $Cu(OH)_2$ – гидроксид меди (II).

Гидроксиды металлов принято делить на две группы: растворимые в воде (образованные щелочными и щелочноземельными металлами) и нерастворимые в воде. Растворимые основания (щелочи) изменяют окраску индикатора лакмус-синий, нерастворимые основания не изменяют окраску индикатора. Например, растворимые в воде сильные основания (щелочи) – LiOH - гидроксид лития, нерастворимые в воде слабые основания, например, $Fe(OH)_2$ - гидроксид железа (II). Также, основания классифицируют по кислотности: однокислотные, например, NaOH, двухкислотные, например, $Ca(OH)_2$, трехкислотные, например, $Fe(OH)_3$. По степени электролитической диссоциации (α) основания делятся на сильные (NaOH, KOH), слабые (NH_4OH , $Cu(OH)_2$).

Все основания (гидроксиды металлов) – твердые вещества. Гидроксиды s-металлов бесцветны, гидроксиды многих d-металлов окрашены.

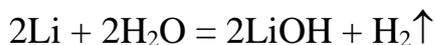
Общим методом получения оснований является реакция обмена, с помощью которой могут быть получены как растворимые, так и нерастворимые основания.



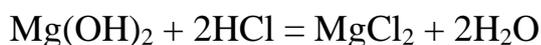
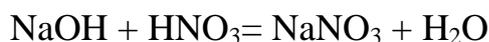
Щелочи в технике обычно получают электролизом водных растворов хлоридов:



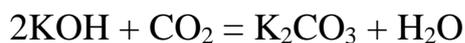
Щелочи могут быть также получены взаимодействием щелочных и щелочноземельных металлов или их оксидов с водой:



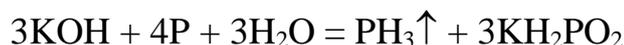
Общим химическим свойством растворимых и нерастворимых гидроксидов является их способность взаимодействовать с водой – вступать в реакцию нейтрализации.



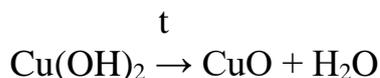
Щелочи взаимодействуют с кислотными оксидами.



Щелочи способны взаимодействовать с некоторыми неметаллами (галогенами, белым фосфором, кремнием):



В отличие от щелочей, нерастворимые основания подвергаются термической дегидратации, например:



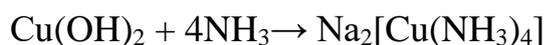
Гидроксиды некоторых металлов разлагаются при обычной температуре, т.е. являются неустойчивыми, например:



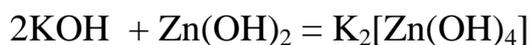
Гидроксиды, в которых d- металлы имеют низкие степени окисления, способны окисляться кислородом воздуха, например:



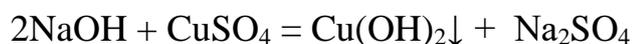
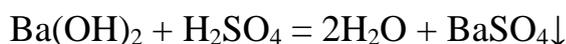
Гидроксиды d- металлы вступают в реакции комплексообразования:



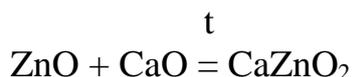
Щелочи в отличие от нерастворимых оснований взаимодействуют с амфотерными оксидами и гидроксидами:



Растворы щелочей вступают в обменные реакции с солями, если в результате химической реакции образуется слабое основание или нерастворимая соль.



2) с основными оксидами, образуя соль:



Амфотерные оксиды не взаимодействуют с водой.

Резкой границы как между амфотерными и основными, так и между амфотерными и кислотными оксидами нет. В очень жестких условиях амфотерные свойства могут проявлять как некоторые основные оксиды (например, MgO под давлением при высокой температуре и высокой концентрации щелочи), так и некоторые кислотные оксиды (например, V₂O₅).

Состав и названия анионов, образующихся при реакции со щелочью амфотерных оксидов

Амфотерный оксид	Анионы, образующиеся в растворе щелочи	
	Формула	Название
ZnO	[Zn(OH) ₄] ²⁻	тетрагидроксоцинкат-ион
BeO	[Be(OH) ₄] ²⁻	тетрагидроксобериллат-ион
CuO	[Cu(OH) ₄] ²⁻	тетрагидроксокупрат-ион
PbO	[Pb(OH) ₃] ⁻	тригидроксоплюмбат(II)-ион
Cr ₂ O ₃	[Cr(OH) ₆] ³⁻	гексагидроксохромат(III)-ион
Al ₂ O ₃	[Al(H ₂ O) ₂ (OH) ₄] ⁻ [Al(OH) ₆] ³⁻	диакватетрагидроксоалюминат-ион, гексагидроксоалюминат-ион

Вопрос 4. Соли и их свойства

Соли – это сложные вещества, состоящие из ионов металлов и кислотных остатков.

На рисунке изображена классификация солей.



Соли принято делить на три группы: средние, кислые и основные. В средних солях все атомы водорода соответствующей кислоты замещены на атомы металла, в кислых солях они замещены частично, а в основных солях группы **ОН** соответствующего основания частично замещены на кислотные остатки.

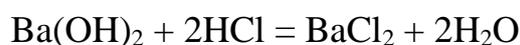
Соли представляют собой ионные соединения, и их названия строятся по названиям катионов и анионов. Для солей бескислородных кислот к названию неметалла добавляется суффикс **-ид**, например хлорид натрия NaCl, сульфид меди (II) CuS.

При наименовании солей кислородсодержащих кислот к латинскому корню названия элемента добавляется окончание – *ат* для высших степеней окисления, *-ит* для более низких (для некоторых кислот используется приставка *гипо-* для низких степеней окисления неметалла; для солей хлорной и марганцовой кислот используется приставка *пер-*): карбонат кальция CaCO_3 , сульфат железа (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, сульфит железа (II) FeSO_3 , гипохлорит натрия NaClO , хлорит калия KClO_2 , хлорат калия KClO_3 , перхлорат калия KClO_4 , перманганат калия KMnO_4 , дихромат натрия $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

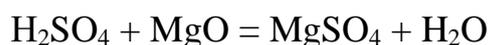
Соли тесно связаны со всеми классами неорганических соединений и могут быть получены практически из любого класса.

Рассмотрим способы получения средних солей. Средние соли образуются при взаимодействии:

- 1) Оснований с кислотами (реакция нейтрализации):



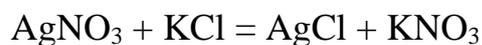
- 2) Кислот с основными оксидами:



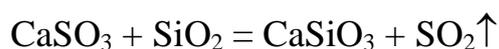
- 3) Солей с кислотами:



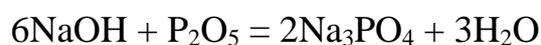
- 4) Двух различных солей:



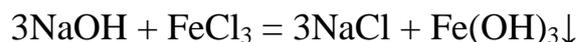
5) Солей с кислотными оксидами (кислотный оксид должен быть менее летуч, чем образующийся в ходе реакции):



- 6) Оснований с кислотными оксидами:



- 7) Оснований с солями:



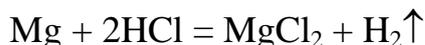
- 8) Основных оксидов с кислотными:



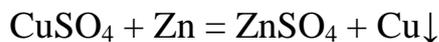
- 9) Металлов с неметаллами:



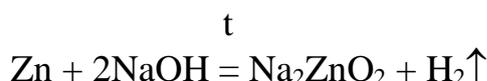
10) Металлов с кислотами:



11) Металлов с солями:



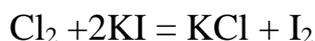
12) Амфотерных металлов с расплавами щелочей:



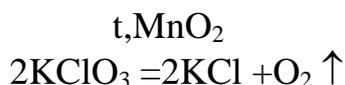
13) Неметаллов со щелочами. Галогены (кроме фтора) и сера взаимодействуют со щелочами, образуя две соли – бескислородной и кислородсодержащей кислот:



14) Неметаллов с солями:

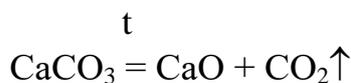


15) При нагревании некоторых солей кислородсодержащих кислот образуются соли с меньшим содержанием кислорода или вообще не содержащие его:



Химические свойства солей

Многие соли устойчивы при нагревании. Однако соли аммония, а также некоторые соли малоактивных металлов, слабых кислот и кислот, в которых элементы проявляют высшие или низшие степени окисления, при нагревании разлагаются:

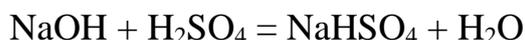


При химических реакциях солей проявляются особенности как катионов, так и анионов, входящих в их состав. Ионы металлов, находящиеся в растворах, могут вступать в реакции с другими анионами с образованием нерастворимых соединений или же в окислительно-восстановительные реакции, как за счет катиона, так и за счет аниона:



Кислые и средние соли можно рассматривать как продукт неполного превращения кислот и оснований. По международной номенклатуре атом водорода, входящий в состав кислой соли, обозначается приставкой *гидро-*, а группа OH- приставкой *гирокси*: NaHS- гидросульфид натрия, Mg(OH)Cl- гидроксихлорид магния.

Кислые соли могут быть получены либо неполной нейтрализацией кислот, либо действием избытка кислот на средние соли, щелочи, оксиды или соли:



При нагревании многие кислые соли разлагаются:



Основные соли часто получают при осторожном добавлении небольших количеств щелочей к растворам средних солей металлов, имеющих малорастворимые основания, или при действии солей слабых кислот на средние соли:



Химические свойства кислых солей в отличие от свойств средних солей обусловлены наличием не только катионов металла, но и катионов водорода. Поэтому они проявляют не только свойства солей, но и кислот.

Катионы водорода обуславливают взаимодействие кислых солей:

1) Со щелочами:



2) С солями:



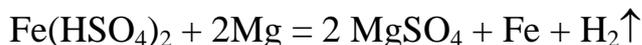
3) С металлами:

А) расположенными в электрохимическом ряду напряжений до водорода,

но правее по отношению к металлу, образующему соль:



Б) расположенными в электрохимическом ряду напряжений до водорода, но левее по отношению к металлу, образующему соль. В этом случае в реакцию вступает как катион металла, так и катион водорода:



Образование кислых и средних солей имеет большое значение при объяснении процессов гидролиза.

Вопрос 5. Генетическая связь между основными классами неорганических соединений

Генетическая связь – это связь между веществами, которые относятся к разным классам, **основанные на их взаимопревращениях.**

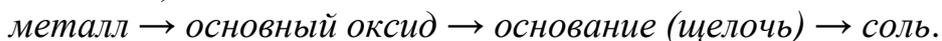
Зная классы неорганических веществ, можно составить генетические ряды металлов и неметаллов.

Основные признаки генетических рядов:

1. Все вещества одного ряда должны быть образованы одним химическим элементом.
2. Вещества, образованные одним и тем же элементом, должны принадлежать к различным классам химических веществ.
3. Вещества, образующие генетический ряд элемента, должны быть связаны между собой взаимопревращениями.

Выделяют три ряда генетически связанных веществ для металлов и один ряд - для неметаллов. В общем виде генетическую связь между простыми (металлы и неметаллы) и сложными (оксиды, гидроксиды и соли) веществами можно представить следующими схемами:

1. Генетический ряд металлов, гидроксиды которых являются основаниями (щелочами):



Например, генетический ряд кальция:



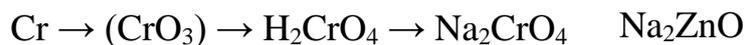
2. Генетический ряд металлов, которые образуют амфотерные гидроксиды: металл \rightarrow амфотерный оксид \rightarrow (соль) \rightarrow амфотерный гидроксид

Например:



3. Генетический ряд металлов, которые образуют кислотные гидроксиды: Металл \rightarrow кислотный оксид \rightarrow кислота \rightarrow соль

Например, генетический ряд хрома:



Оксид хрома (VI) получают косвенным путем.

4. Генетический ряд неметаллов (неметаллы образуют только кислотные оксиды):

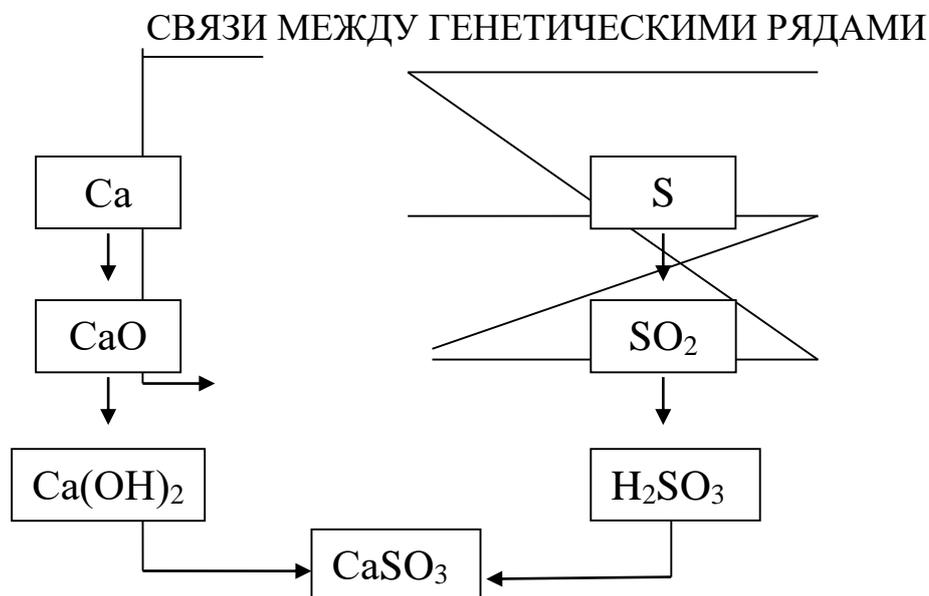
Неметалл \rightarrow кислотный оксид \rightarrow кислота \rightarrow соль

Например, генетический ряд фосфора:



Переход от одного вещества к другому осуществляется с помощью химических реакций.

Все генетические ряды связаны между собой.



Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие солеобразующим оксидам, приведите примеры.
2. Дайте понятие несолеобразующим оксидам, приведите примеры.
3. Назовите классификацию гидроксидов.
4. Составьте формулы гидроксидов, пользуясь таблицей растворимости.
5. Назовите виды кислот, приведите примеры.
6. Составьте формулы кислот, пользуясь таблицей растворимости.
7. Назовите виды солей, приведите примеры.
8. Составьте формулы солей, пользуясь таблицей растворимости.

Тема: Классификация химических реакций

Вопросы:

1. Виды реакций по количеству начальных веществ
2. Виды реакций по тепловому эффекту
3. Виды реакций по обратимости

Вопрос 1. Виды реакций по количеству начальных веществ

Химические реакции (химические явления)—это процессы, в результате которых из одних веществ образуются другие, отличающиеся от исходных по составу или строению. При протекании химических реакций не происходит изменения числа атомов того или иного элемента, взаимопревращения изотопов.

Классификация химических реакций многопланова, в ее основу могут быть положены различные признаки: число и состав реагентов и продуктов реакции, тепловой эффект, обратимость и др.

Химические реакции по количеству исходных веществ и продуктов реакции можно разделить на группы:

Тип химической реакции	Определение	Пример
Соединения $A + B = AB$ $AB + CD = ABCD$	Реакции между двумя простыми веществами, или между несколькими сложными, при этом образуется одно сложное или более сложное вещество.	$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ $PbO + SiO_2 = PbSiO_3$ $2Na + Cl_2 = 2NaCl$
Разложения $ABCD = AB + CD$ Реакция разложения малахита при нагревании	Реакции, при которых из одного вещества образуется несколько простых или сложных веществ.	$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$ $CaCO_3 = CaO + CO_2$ $NH_4Cl = NH_3 + HCl$ $(CuOH)_2CO_3 = 2CuO + CO_2 + H_2O$ (разложение малахита)
Замещения $AB + C = CB + A$ $AB + C = AC + B$	Реакции между сложным и простым веществами, при которых атомы простого вещества замещают один из атомов сложного	$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$ $2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$
Обмена $AB + CD = AD + CB$	Реакции между двумя сложными веществами, при которых они обмениваются своими составными частями	$AgNO_3 + KBr = AgBr + KNO_3$ $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

1. Виды реакций по тепловому эффекту.

1. Реакции, протекающие с выделением тепловой энергии—экзотермические реакции (+ Q).

2. Реакции, протекающие с поглощением теплоты—эндотермические реакции (– Q).

Тепловым эффектом реакции называют количество теплоты, которое выделяется или поглощается в результате химической реакции.

Уравнение реакции, в котором указан ее тепловой эффект, называют *термохимическим*.

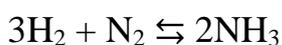
Значение теплового эффекта реакции удобно приводить в расчете на 1 моль одного из участников реакции, поэтому в термохимических уравнениях часто можно встретить дробные коэффициенты:



Экзотермическими являются все реакции горения, подавляющее большинство реакций окисления и соединения. Реакции разложения, как правило, требуют затрат энергии.

3. Виды реакций по обратимости

Обратимые реакции — химические реакции, протекающие одновременно в двух противоположных направлениях (прямом и обратном), например:



Направление обратимых реакций зависит от концентраций веществ — участников реакции. По завершении обратимой реакции, т. е. при достижении химического равновесия, система содержит как исходные вещества, так и продукты реакции.

Простая (одностадийная) обратимая реакция состоит из двух происходящих одновременно элементарных реакций, которые отличаются одна от другой лишь направлением химического превращения. Направление доступной непосредственному наблюдению итоговой реакции определяется тем, какая из этих взаимно-обратных реакций имеет большую скорость. Например, простая реакция



складывается из элементарных реакций



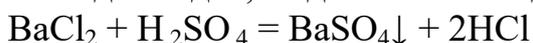
Для обратимости сложной (многостадийной) реакции, необходимо, чтобы были обратимы все составляющие её стадии.

Необратимыми называют такие химические процессы, продукты которых не способны реагировать друг с другом с образованием исходных веществ. Примерами необратимых реакций может служить разложение бертолетовой соли при нагревании

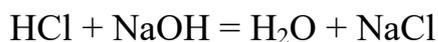


Необратимыми называются такие реакции, при протекании которых:

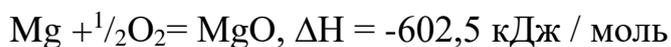
1) образующиеся продукты уходят из сферы реакции - выпадают в виде осадка, выделяются в виде газа, например



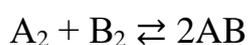
3) образуется малодиссоциированное соединение, например вода:



3) реакция сопровождается большим выделением энергии, например горение магния



Химическое равновесие — состояние химической системы, в которой протекает одна или несколько химических реакций, причём скорости в каждой паре прямой-обратной реакции равны между собой. Для системы, находящейся в химическом равновесии, концентрации реагентов, температура и другие параметры системы не изменяются со временем.



Принцип ЛеШателье — Брауна (1884 г.) — если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия (температура, давление, концентрация, внешнее электромагнитное поле), то в системе усиливаются процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия.

Анри Ле Шателье (Франция) сформулировал этот термодинамический принцип подвижного равновесия, позже обобщённый Карлом Брауном.

Принцип применим к равновесию любой природы: механическому, тепловому, химическому, электрическому.

Если внешние условия изменяются, это приводит к изменению равновесных концентраций веществ. В этом случае говорят о нарушении или смещении химического равновесия.

Химическое равновесие смещается в ту или иную сторону при изменении любого из следующих параметров:

1. температуры системы, то есть при её нагревании или охлаждении
2. давления в системе, то есть при её сжатии или расширении
3. концентрации одного из участников обратимой реакции.

Вопросы для повторения:

Перечислите типы химических реакций.

1. Приведите примеры реакции соединения.
2. Приведите примеры реакции разложения.
3. Приведите примеры реакции замещения.
4. Приведите примеры реакции обмена.

Тема: Окислительно-восстановительные реакции

Вопросы:

1. Степень окисления
2. Окислительно-восстановительные свойства веществ
3. Виды реакций окисления-восстановления
4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций

Вопрос 1. Степень окисления

Реакции, в которых происходит изменение степеней окисления атомов элементов, входящих в состав реагирующих соединений называются **ОКИСЛИТЕЛЬНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ**.

При рассмотрении закономерностей протекания окислительно-восстановительных реакций используется понятие степени окисления – величины, численно равной формальному заряду, который приобретает элемент, исходя из предположения, что все электроны каждой из его связи перешли к более электроотрицательному атому данного соединения.

Протекание ОВР сопровождается изменением степеней окисления элементов участвующих в реакции веществ. При восстановлении степень окисления элемента уменьшается, при окислении – увеличивается. Вещество, в состав которого входит элемент, понижающий степень окисления, называют **окислителем**; вещество, в состав которого входит элемент, повышающий степень окисления, называют **восстановителем**.

Степень окисления элемента в соединении определяют в соответствии со следующими правилами:

- 1) степень окисления элемента в простом веществе равна нулю;
- 2) алгебраическая сумма всех степеней окисления атомов в молекуле равна нулю;
- 3) алгебраическая сумма всех степеней окисления атомов в сложном ионе, а также степень окисления элемента в простом одноатомном ионе равна заряду иона;
- 4) отрицательную степень окисления проявляют в соединении атомы элемента, имеющего наибольшую электроотрицательность;
- 5) максимально возможная (положительная) степень окисления элемента соответствует номеру группы, в которой расположен элемент в Периодической таблице Д.И. Менделеева.

Ряд элементов в соединениях проявляют постоянную степень окисления:

- 1) фтор, имеющий наивысшую среди элементов электроотрицательность, во всех соединениях имеет степень окисления -1 ;
- 2) водород в соединениях проявляет степень окисления $+1$, кроме гидридов металлов (-1);
- 3) металлы IA подгруппы во всех соединениях имеют степень окисления $+1$;

4) металлы ПА подгруппы, а также цинк и кадмий во всех соединениях имеют степень окисления +2;

5) степень окисления алюминия в соединениях +3;

б) степень окисления кислорода в соединениях равна -2, за исключением соединений, в которых кислород присутствует в виде молекулярных ионов: O_2^+ , O_2^- , O_2^{2-} , O_3^- , а также фторидов O_xF_2 .

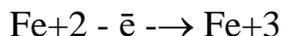
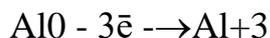
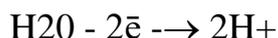
Степени окисления атомов элементов в соединении записывают над символом данного элемента, указывая вначале знак степени окисления, а затем ее численное значение, например, $K^{+1}Mn^{+7}O_4^{-2}$, в отличие от заряда иона, который записывают справа, указывая вначале зарядовое число, а затем знак: Fe^{2+} , SO_4^{2-} .

Для элементов с непостоянной степенью окисления ее значение можно рассчитать, зная формулу соединения и учитывая, что алгебраическая сумма степеней окисления всех элементов в нейтральной молекуле равна нулю. В сложном ионе эта сумма равна заряду иона. Например, степень окисления атома хлора в молекуле $HClO_4$, вычисленная исходя из суммарного заряда молекулы $[1 + x + 4(-2)] = 0$, где x – степень окисления атома хлора), равна +7. Степень окисления атома серы в ионе $(SO_4)^{2-}$ $[x + 4(-2) = -2]$ равна +6.

Вопрос 2. Окислительно-восстановительные свойства веществ

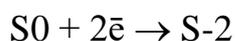
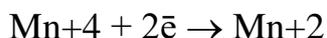
Любая окислительно-восстановительная реакция состоит из процессов окисления и восстановления.

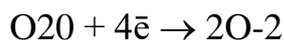
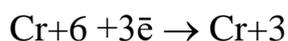
Окисление — это процесс отдачи электронов атомом, ионом или молекулой реагента. Вещества, которые отдают свои электроны в процессе реакции и при этом окисляются, называют восстановителями. При окислении степень окисления повышается:



Восстановление – это процесс принятия электронов атомом, ионом или молекулой реагента.

При восстановлении степень окисления понижается. Атомы или ионы, которые в данной реакции присоединяют электроны являются окислителями.





Реакции окисления-восстановления всегда протекают как единый процесс, называемый окислительно-восстановительной реакцией. Например, при взаимодействии металлического цинка с ионами меди восстановитель (Zn) отдает свои электроны окислителю – ионам меди (Cu^{2+}):



Медь выделяется на поверхности цинка, а ионы цинка переходят в раствор.

Окислительно-восстановительные свойства элементов связаны со строением их атомов и определяются положением в периодической системе Д.И. Менделеева. Восстановительная способность элемента обусловлена слабой связью валентных электронов с ядром. Атомы металлов, содержащие на внешнем энергетическом уровне небольшое число электронов склонны к их отдаче, т.е. легко окисляются, играя роль восстановителей. Самые сильные восстановители – наиболее активные металлы.

Критерием окислительно-восстановительной активности элементов может служить величина их относительной электроотрицательности: чем она выше, тем сильнее выражена окислительная способность элемента, и чем ниже, тем ярче проявляется его восстановительная активность. Атомы неметаллов (например, F, O) обладают высоким значением сродства к электрону и относительной электроотрицательности, они легко принимают электроны, т.е. являются окислителями.

Окислительно-восстановительные свойства элемента зависят от степени его окисления. У одного и того же элемента различают низшую, высшую и промежуточные степени окисления.

В качестве примера рассмотрим серу S и ее соединения H_2S , SO_2 и SO_3 .

В молекуле H_2S атом серы имеет устойчивую октетную конфигурацию внешнего энергетического уровня $3s^23p^6$ и поэтому не может больше присоединять электроны, но может их отдавать.

Состояние атома, в котором он не может больше принимать электроны, называется низшей степенью окисления.

В низшей степени окисления атом теряет окислительную способность и может быть только восстановителем.

В молекуле SO_3 все внешние электроны атома серы смещены к атомам кислорода. Следовательно, в этом случае атом серы может только принимать электроны, проявляя окислительные свойства.

Состояние атома, в котором он отдал все валентные электроны, называется высшей степенью окисления. Атом, находящийся в высшей степени окисления, может быть только окислителем.

В молекуле SO_2 и элементарной сере S атом серы находится в промежуточных степенях окисления, т.е., имея валентные электроны, атом может их отдавать, но, не имея завершеного p - подуровня, может и принимать электроны до

его завершения.

Формула вещества	Электронная формула	Окислительно-восстановительные свойства	
H_2S	$\overset{-2}{S}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	$\overset{-2}{S} - 2e^- \rightarrow \overset{0}{S}$; $\overset{-2}{S} - 6e^- \rightarrow \overset{+4}{S}$; $\overset{-2}{S} - 8e^- \rightarrow \overset{+6}{S}$ восстановитель	
S	$\overset{0}{S}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	$\overset{0}{S} + 2e^- \rightarrow \overset{-2}{S}$ окислитель	$\overset{0}{S} - 4e^- \rightarrow \overset{+4}{S}$; $\overset{0}{S} - 6e^- \rightarrow \overset{+6}{S}$ восстановитель
SO_2	$\overset{+4}{S}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^0$	$\overset{+4}{S} + 4e^- \rightarrow \overset{0}{S}$; $\overset{+4}{S} + 6e^- \rightarrow \overset{-2}{S}$ окислитель	$\overset{+4}{S} - 2e^- \rightarrow \overset{+6}{S}$ восста- новитель
SO_3	$\overset{+6}{S}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^0 3p^0$	$\overset{+6}{S} + 2e^- \rightarrow \overset{+4}{S}$; $\overset{+6}{S} + 6e^- \rightarrow \overset{0}{S}$; $\overset{+6}{S} + 8e^- \rightarrow \overset{-2}{S}$ окислитель	

Атом элемента, имеющий промежуточную степень окисления, может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства, что определяется его ролью в конкретной реакции.

Так, например роль сульфит - аниона SO_3^{2-} в следующих реакциях различна:



В реакции (1) сульфит-анион SO_3^{2-} в присутствии сильного окислителя $KMnO_4$ играет роль восстановителя; в реакции (2) сульфит-анион SO_3^{2-} - окислитель, так как H_2S может проявлять только восстановительные свойства.

Таким образом, среди сложных веществ восстановителями могут быть:

1. Простые вещества, атомы которых обладают низкими значениями энергии ионизации и электроотрицательности (в частности, металлы).
2. Сложные вещества, содержащие атомы в низших степенях окисления:

-1 -2 - 3

HCl, H_2S, NH_3

2. Сложные вещества, содержащие атомы в промежуточных степенях окисления:



Окислителями могут быть:

1. Простые вещества, атомы которых обладают высокими значениями сродства к электрону и электроотрицательности - неметаллы.
2. Сложные вещества, содержащие атомы в высших степенях окисления:



3. Сложные вещества, содержащие атомы в промежуточных степенях окисления:



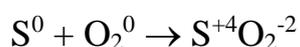
Важнейшие восстановители и окислители

Восстановители	Окислители
Металлы, водород, уголь. Окись углерода (II) (CO). Сероводород (H ₂ S); оксид серы (IV) (SO ₂); сернистая кислота H ₂ SO ₃ и ее соли. Галогеноводородные кислоты и их соли. Катионы металлов в низших степенях окисления: SnCl ₂ , FeCl ₂ , MnSO ₄ , Cr ₂ (SO ₄) ₃ . Азотистая кислота HNO ₂ ; аммиак NH ₃ ; гидразин NH ₂ NH ₂ ; оксид азота(II) (NO). Катод при электролизе.	Галогены. Перманганат калия(KMnO ₄); манганат калия (K ₂ MnO ₄); оксид марганца (IV) (MnO ₂). Дихромат калия (K ₂ Cr ₂ O ₇); хромат калия (K ₂ CrO ₄). Азотная кислота (HNO ₃). Серная кислота (H ₂ SO ₄) конц. Оксид меди(II) (CuO); оксид свинца(IV) (PbO ₂); оксид серебра (Ag ₂ O); пероксид водорода (H ₂ O ₂). Хлорид железа(III) (FeCl ₃). Бертолле́това соль (KClO ₃). Анод при электролизе.

Вопрос 3. Виды реакций окисления – восстановления

Межмолекулярные окислительно-восстановительные реакции

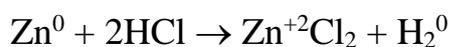
Окислитель и восстановитель находятся в разных веществах; обмен электронами в этих реакциях происходит между различными атомами или молекулами:



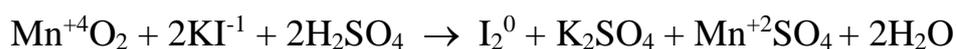
S - восстановитель; O₂ - окислитель



CO - восстановитель; CuO - окислитель



Zn - восстановитель; HCl - окислитель



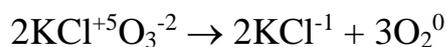
KI - восстановитель; MnO₂ - окислитель.

Сюда же относятся реакции между веществами, в которых атомы одного и того же элемента имеют разные степени окисления



Внутримолекулярные окислительно-восстановительные реакции

Во внутримолекулярных реакциях окислитель и восстановитель находятся в одной и той же молекуле. Внутримолекулярные реакции протекают, как правило, при термическом разложении веществ, содержащих окислитель и восстановитель.



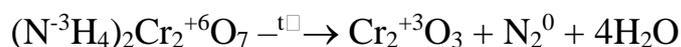
Cl⁺⁵ - окислитель; O⁻² - восстановитель



N⁺⁵ - окислитель; N⁻³ - восстановитель

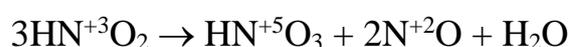


N⁺⁵ - окислитель; O⁻² - восстановитель



Cr⁺⁶ - окислитель; N⁻³ - восстановитель.

Диспропорционирование - окислительно-восстановительная реакция, в которой один элемент одновременно повышает и понижает степень окисления.



Вопрос 4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций – задача более сложная, чем в случае реакций обмена. Это связано с тем, что в ходе окислительно-восстановительного процесса изменяются степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ.

Для записи уравнения любой реакции, прежде всего, необходимо знать формулы исходных веществ и продуктов реакции.

Вопрос о продуктах реакции может быть решен или экспериментально, анализируя состав реакционной системы, или теоретически, используя значения стандартных окислительно-восстановительных потенциалов (E^0).

Предложено несколько методов составления окислительно-восстановительных реакций.

Метод электронно-ионного баланса основан на использовании окисления и восстановления, в ионно значений стандартных окислительно-восстановительных потенциалов при выборе окислителя и восстановителя, составлении электронно-ионных уравнений с последующим суммированием двух уравнений, записанных для процессов - молекулярное уравнение. Метод электронно-ионного баланса используется в основном для подбора стехиометрических коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций, протекающих в водных растворах. Этот метод имеет то преимущество, что при его применении необязательно знать степени окисления атомов, участвующих в реакции ионов.

В данной работе при составлении окислительно-восстановительных реакций используется метод электронного баланса и продукты окислительно-восстановительных реакций определены.

Метод электронного баланса применим для составления уравнений окислительно-восстановительных процессов, протекающих как в растворах и расплавах, так и в твердых и газообразных системах. Данный метод основан на сравнении степеней окисления атомов в исходных и конечных веществах и последующем составлении схемы электронного баланса.

Коэффициенты подбирают методом электронного баланса с помощью электронных уравнений, учитывая правила сохранения числа атомов каждого элемента в реакции и сохранения заряда.

Число одноименных атомов в левой и правой частях уравнения должно быть одинаковое.

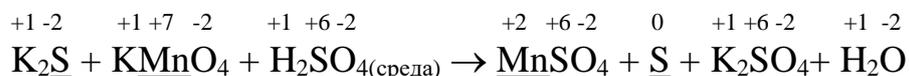
Число электронов, отданных восстановителем, равно числу электронов, принятых окислителем.

Рассмотрим пример составления окислительно-восстановительной реакции между перманганатом калия (KMnO_4) и сульфидом калия (K_2S) в кислой среде:



Задача состоит в подборе и расстановке коэффициентов.

1. Определяем степени окисления элементов в исходных веществах и продуктах реакции:

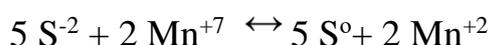


В данной реакции изменяются степени окисления атомов серы от -2 до 0 и марганца от $+7$ до $+2$.

2. Выбираем восстановитель и окислитель:

Так как в данной реакции степень окисления серы повышается, а марганца понижается, то K_2S - восстановитель, а KMnO_4 - окислитель.

3. Определяем число электронов, отдаваемых восстановителем и принимаемых окислителем, и записываем схему перехода электронов, состоящую из уравнений процессов окисления и восстановления:



Стехиометрические коэффициенты определяем методом электронного баланса с помощью электронных уравнений. Общее число электронов, отданных восстановителем, равно числу электронов, присоединяемых окислителем. Наименьшее общее кратное для отданных (2) и принятых электронов (5) равно 10. Для восстановителя и продукта его окисления получаем коэффициент 5, для окислителя и продукта его восстановления - 2. Коэффициенты перед веществами, атомы которых не изменяют свою степень окисления, находим методом подбора.

4. Записываем уравнение реакции с учетом найденных коэффициентов:



Правильность подобранных коэффициентов определяем балансом кислорода в обеих частях уравнения ($8 + 32 = 8 + 24 + 8$). Число атомов кислорода в левой и правой частях уравнения одинаковое, поэтому данное уравнение является окончательным.

Вопросы для повторения:

1. Что такое окислительно-восстановительные реакции? Чем обусловлено изменение степеней окисления в ходе окислительно-восстановительных реакций?

2. Как называется: а) процесс отдачи электронов, б) процесс присоединения электронов? Как изменяются степени окисления атомов в этих процессах?

3. Как называются частицы (атомы, молекулы, ионы), которые: а) отдают электроны, б) присоединяют электроны?

4. Какие вещества могут выступать в роли: а) только окислителей, б) только восстановителей? Какие вещества могут проявлять окислительно-восстановительную двойственность? Приведите примеры.

5. Приведите формулы и названия: а) важнейших веществ-окислителей, б) важнейших веществ-восстановителей.

6. Классификация окислительно-восстановительных реакций.

Тема: Металлы

Вопросы:

2. Особенности строения атомов и кристаллов
3. Физические свойства металлов
4. Классификация металлов
5. Химические свойства металлов
6. Способы получения металлов

Вопрос 1. Особенности строения атомов и кристаллов

Металлы – твёрдые элементы, сплавы которых широко применяются в промышленности, строительстве и повседневной жизни. Пластичность, твёрдость, тепло- и электропроводность, а также способность к плавке и ковке обусловлены строением металлов.

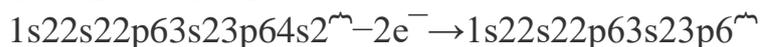
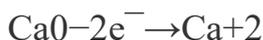
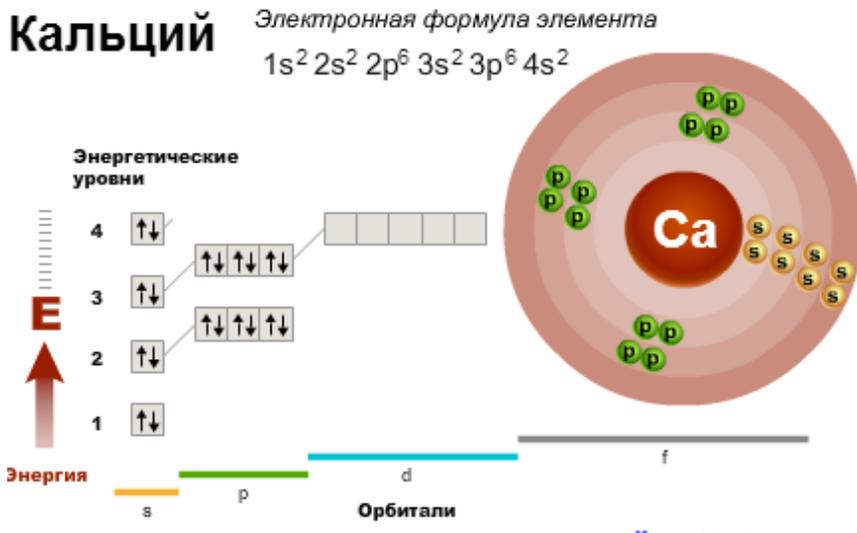
Положение металлов в периодической системе

В перечне простых веществ, составленном великим французским химиком Лавуазье в 1789 г. присутствует 17 металлов, в первом варианте периодической таблицы Д.И. Менделеева (1869) – их уже 47. Из 114 химических элементов 92 являются металлами. В традиционном варианте *Периодической системе* элементы-металлы расположены в начале периодов, а также в побочных подгруппах. Условной границей, отделяющей металлы от неметаллов, служит прямая, проведенная от бора до астата в длинном варианте периодической таблицы. Металлы оказываются левее и ниже этой прямой, неметаллы – правее и выше, а элементы, находящиеся вблизи прямой, имеют двойственную природу, иногда их называют **металлоидами**. В Периодической системе, утвержденной ИЮПАК, металлы расположены в 1-12 группах.

Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Periodo																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lantanideos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actinideos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Атомы металлов на внешнем уровне содержат не более четырех электронов, как правило, от одного до трех. Отдавая эти электроны, они приобретают устойчивую оболочку ближайшего инертного газа:



Таким образом, металлы в химических реакциях **являются восстановителями** – они приобретают положительную степень окисления. В этом заключается их принципиальное отличие от элементов-неметаллов.

Кристаллическая решетка и металлическая связь

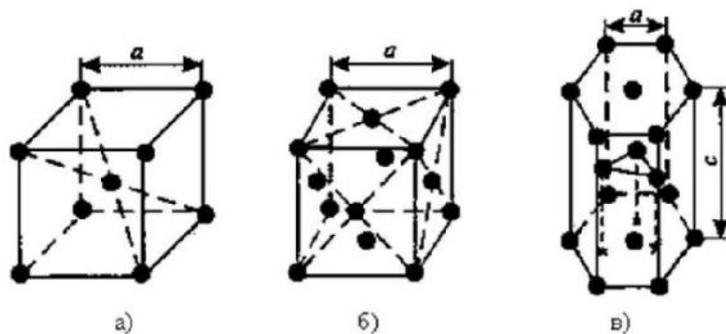
Атомы всех металлов, за исключением ртути, образуют кристаллические решётки. Кристаллическая решётка состоит из повторяющихся комплексов атомов – элементарных кристаллических ячеек, которые бывают трёх видов.

Вид решётки	Характеристика	Примеры
Кубическая объёмно-центрированная (ОЦК)	Восемь ионов находятся по углам условного куба, один – в середине	Fe, Cr, Mo, W, V
Кубическая гранецентрированная	Ионы располагаются в углах куба и в центре каждой грани. Центр куба свободен	Cu, Ag, Ni, Pb, Al
Гексагональная плотноупакованная	Шестигранная призма. В углах и в центре между ними находятся ионы. Посередине призм лежат ионы, образующие треугольник	Zn, Ti, Mg, Co, Zr

В узлах кристаллической решетки расположены отдельные атомы. Они слабо удерживают валентные электроны, которые по этой причине свободно перемещаются по всему объему металла, формируя единое электронное облако и в

равной степени притягиваются всеми атомами. Такая связь называется **металлической**.

Общие свойства металлов – пластичность, способность отражать свет, тепло- и электропроводность – объясняются особенностями их строения. При сильном надавливании кусок металла изменяет форму – часть атомов смещается, но не рассыпается: общее электронное облако прочно удерживает все атомы вместе. В электрическом поле свободные электроны начинают двигаться в определенном направлении, такое упорядоченное движение электронов называют электрическим током.



Основные типы кристаллических решеток: а – объемно-центрированная кубическая; б – гранецентрированная кубическая; в – гексагональная плотноупакованная

Рис. 1. Виды решёток металлов.

Чем больше в металле свободных электронов и чем сильнее колебания атомов, находящихся в узлах решетки, тем быстрее происходит выравнивание температуры во всем куске металла, то есть тем больше его теплопроводность. Поэтому относительные значения тепло- и электропроводности для многих металлов близки.

Вопрос 2. Физические свойства металлов

Агрегатное состояние и температуры плавления. Температуры плавления металлов меняются в очень широких пределах. Самый легкоплавкий из металлов – ртуть – при комнатной температуре является жидкостью. Металл галлий плавится от теплоты человеческого тела. Из металлов, широко применяемых в технике, наиболее легкоплавкие – олово и свинец. Наибольшую температуру плавления имеет вольфрам, из которого изготавливают нити накаливания лампочек. Металлы с температурой плавления выше 1000^oC принято называть *тугоплавкими*. *Примеры тугоплавких металлов: ртуть, галлий, вольфрам.*

Окраска. Среди металлов немногие обладают характерной окраской. «Золото через свой изрядно желтый цвет и блестящую светлость от прочих металлов отлично», – писал Михаил Васильевич Ломоносов. Медь имеет розово-красный цвет, серебро и платина – белый, щелочной металл цезий – бледно-желтый, литий-черный. Для описания цвета других металлов трудно подобрать слова. Все они кажутся нам серыми с тем или иным едва заметным оттенком.

Плотность. Металлы сильно различаются по плотности. Наиболее легкими являются щелочные металлы литий, натрий и калий. Литий плавает даже на поверхности керосина – жидкости с плотностью меньшей плотности воды. Металлы с плотностью ниже 5 г/см³ называют легкими. К ним, помимо щелочных и щелочноземельных металлов, принадлежат магний, алюминий и другие. В число наиболее тяжелых входят переходные металлы, расположенные в шестом периоде, а также актиноиды. Ртуть, например, имеет плотность 13,6 г/см³, то есть литровая банка, заполненная ртутью, весит 13,6 кг!

Твердость вещества оценивают по его способности оставлять царапину на другом веществе. Наиболее твердым веществом является алмаз – он оставляет след на любых поверхностях. Из металлов по твердости к алмазу приближается хром – он царапает стекло. Наиболее мягкие металлы – щелочные. Они легко режутся ножом. Мягкими являются также свинец, олово, цинк, серебро.



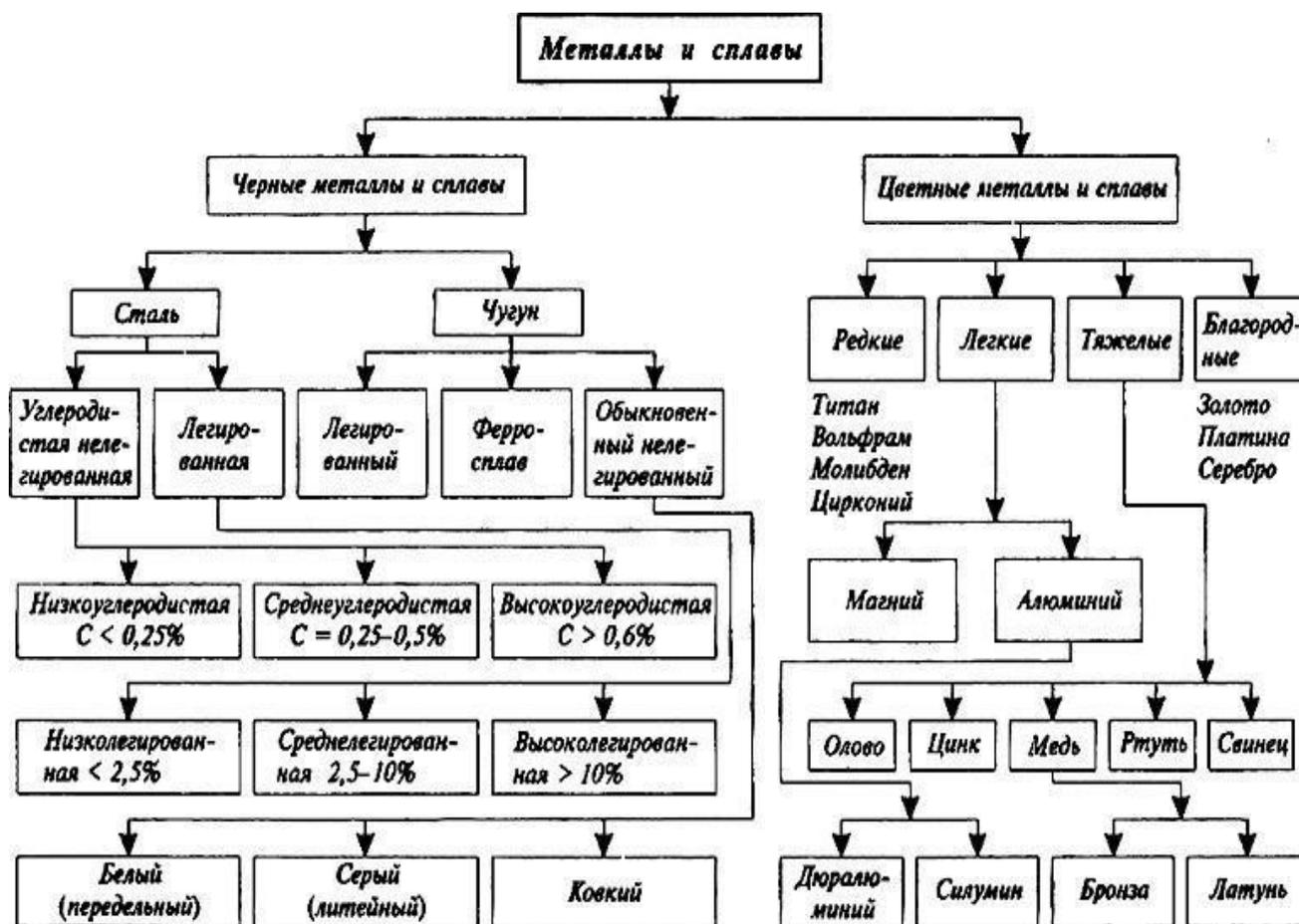
Электро- и теплопроводность. Все без исключения металлы хорошо проводят электрический ток. Наибольшей электропроводностью обладает серебро, немного уступают ему медь и золото. Серебро – очень дорогой металл. Его используют в электротехнике при изготовлении высокоточных дорогостоящих приборов. Самые хорошие провода, применяемые в быту, медные. Они во много раз превосходят по самим характеристикам провода, изготовленные из алюминия. При прохождении через металл электрического тока часть электрической энергии преобразуется в тепловую – металл нагревается. Использование алюминиевых проводов при больших нагрузках на электрическую сеть может привести к их плавлению. Особенно опасны места стыка алюминиевых и медных проводов – они нагреваются намного быстрее. Неисправная электропроводка является причиной многих пожаров.

Пластичность. Многие металлы пластичны, то есть обладают способностью изменять форму, например, расплющиваться при ударе молотком. Наибольшей пластичностью обладают золото, серебро, медь, олово. Их можно раскатывать в фольгу.

Вопрос 3. Классификация металлов

Как ни странно, но единой классификации металлов не существует и тому есть ряд причин. Один из привычных видов классификации, заключается в разделении материалов следующим образом:

- Черные металлы;
- Стали;
- Чугуны;
- Цветные металлы и сплавы;
- Благородные металлы;
- Редкие цветные металлы;
- Легкие цветные металлы;
- Тяжелые цветные металлы.



Также среди металлов традиционно выделяют несколько групп. Входящие в их состав представители характеризуются отличной от других металлов химической активностью. Такими группами являются:

- благородные металлы (серебро, золото, платина);

- **щелочные металлы** (металлы, образованные элементами IA группы периодической системы);
- **щелочноземельные металлы** (кальций, стронций, барий, радий).

Вопрос 4. Химические свойства металлов

Химические свойства металлов различаются в зависимости от химической активности металла. По активности в водных растворах металлы расположены в **ряд напряжений**.

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ																									
Li	Rb	K	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	(H)	Sb	Bi	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
																									
активность металлов уменьшается																									

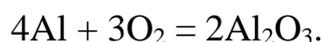
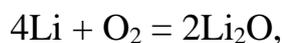
В этот ряд, составленный русским химиком Н.Н. Бекетовым, включен также неметалл водород. Активность металлов убывает слева направо:

Металлы, стоящие в ЭХ ряду после водорода, называют неактивными металлами.

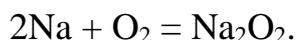
Металлы, расположенные в ЭХ ряду до алюминия, называют сильноактивными или активными металлами.

Взаимодействие с простыми веществами

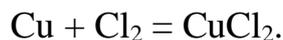
1. С **кислородом** большинство металлов образует оксиды – амфотерные и основные:



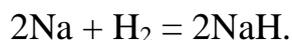
Щелочные металлы, за исключением лития, образуют пероксиды:



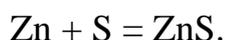
2. С **галогенами** металлы образуют соли галогеноводородных кислот, например,



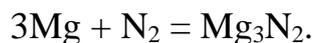
3. С **водородом** самые активные металлы образуют ионные гидриды – солеподобные вещества, в которых водород имеет степень окисления -1.



4. С **серой** металлы образуют сульфиды – соли сероводородной кислоты:



5. С **азотом** некоторые металлы образуют нитриды, реакция практически всегда протекает при нагревании:

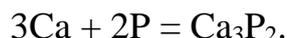


6. С **углеродом** образуются карбиды:

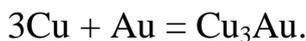
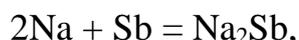
7.



8. С **фосфором** – фосфиды:



9. Металлы могут взаимодействовать между собой, образуя **интерметаллические соединения**:

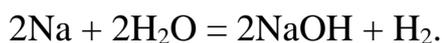


10. Металлы могут растворяться друг в друге при высокой температуре без взаимодействия, образуя сплавы.

11.

Взаимодействие со сложными веществами

1. С водой реагируют при обычной температуре только щелочные и щелочно-земельные металлы, при этом выделяется водород и образуется основание:



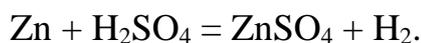
Многие металлы взаимодействуют с водой при нагревании:



а также магний, марганец, цинк, железо, никель.

Олово, свинец, медь, ртуть, золото, платина, серебро не реагируют с водой.

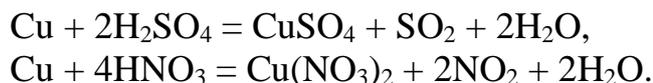
2. С **разбавленными растворами кислот** взаимодействуют металлы, стоящие в электрохимическом ряду напряжений до водорода, при этом образуется соль и выделяется водород:



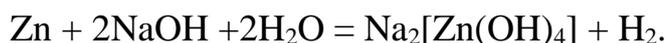
Металлы, стоящие в ряду напряжений после водорода, с разбавленными растворами кислот, кроме азотной, не взаимодействуют.

С концентрированными растворами кислот-окислителей взаимодействуют

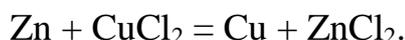
все металлы, при этом образуется соль металла, продукт восстановления кислоты и вода:



3. Амфотерные металлы взаимодействуют с *растворами щелочей*, образуя при этом гидроксокомплекс и выделяя водород:



4. Металлы могут взаимодействовать с *растворами солей*, при этом более активный металл вытесняет из раствора соли менее активный металл:



Реакция протекает только в том случае, когда образующаяся соль растворима, иначе металл покрывается пленкой соли и реакция прекращается.

5. При взаимодействии металлов с веществами окружающей среды происходит его самопроизвольное разрушение. Этот процесс называется коррозия.

Коррозия уничтожает ежегодно 1/3 металлов, получаемых в мире. Коррозия ускоряется под воздействием таких эксплуатационных факторов, как трение, радиация, высокая скорость потока воздуха и др.

Вопрос 5. Способы получения металлов

Металлы встречаются в земной коре преимущественно в виде соединений, поскольку они проявляют высокую химическую активность, в самородном состоянии могут находиться лишь неактивные металлы: медь, золото, серебро, платиновые металлы, встречаются месторождения ртути, поэтому получение металлов из их соединений является важной экономической задачей. Металлы получают из руд посредством металлургических процессов.

Любой металлургический процесс – это процесс восстановления металла с помощью различных восстановителей. Он состоит из трех основных этапов: обогащение руды, восстановление металлов из их соединений, очистка технических металлов.

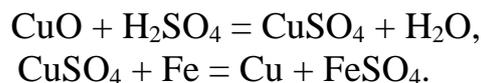
По характеру протекания восстановительного процесса способы получения металлов делятся на нижеследующие.

Пирометаллургия – восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью углерода, оксида углерода (II), водорода, алюминия, магния и др.



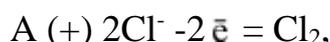
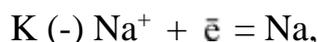
Гидрометаллургия – восстановление металлов из солей в растворе.

Например,

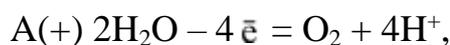
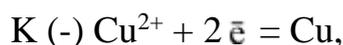


Электрометаллургия – восстановление металлов в процессе электролиза растворов и расплавов солей.

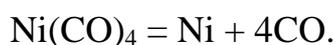
Например, металлический натрий получают электролизом расплава хлорида натрия:



Медь можно получить электролизом раствора сульфата меди:



Также металлы можно получить при **термическом разложении** их малоустойчивых соединений, например,



Вопросы для повторения:

1. Где в ПС находятся металлы?
2. Приведите пример электронного строения меди.
3. Как классифицируются металлы?
4. Опишите физические свойства металлов.
5. Как химические свойства металла зависят от химической активности металла, приведите примеры.
6. Опишите химические свойства металлов, с записью соответствующей химической реакции.
7. Опишите способы получения металлов.

Тема: Неметаллы

Вопросы:

1. Особенности строения атомов
2. Физические свойства неметаллов
3. Химические свойства неметаллов
4. Получение и применение неметаллов

Вопрос 1. Особенности строения атомов

Неметаллы – это химические элементы, которые образуют в свободном состоянии простые вещества, не обладающие физическими и химическими свойствами металлов.

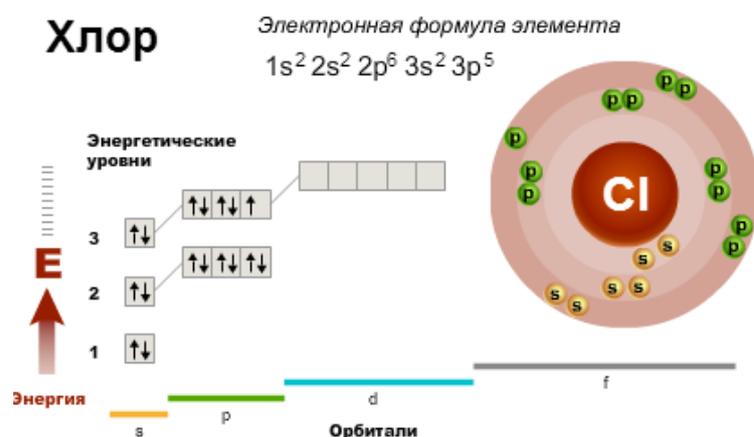
Это 22 элемента Периодической системы: бор В, углерод С, кремний Si, азот N, фосфор Р, мышьяк As, кислород О, сера S, селен Se, теллур Те, водород Н, фтор F, хлор Cl, бром Br, йод I, астат At; а также благородные газы: гелий He, неон Ne, аргон Ar, криптон Kr, ксенон Xe, радон Rn.

Элементы-неметаллы расположены в конце периодов, и имеют электронную конфигурацию внешнего слоя, близкую к конфигурации ближайшего инертного газа или равную ей. Таким образом, до достижения этой конфигурации атомам элементов-неметаллов не хватает от нуля до четырех электронов, поэтому в химических реакциях они являются **окислителями**.

В периодической системе элементы-неметаллы расположены выше диагонали, проведенной от бора к астату. Все они входят в состав главных подгрупп.

В наибольшей степени свойства неметаллов проявляют **галогены** – элементы главной подгруппы VII группы и **халькогены** – элементы главной подгруппы VI группы.

Рассмотрим электронное строение некоторых неметаллов.

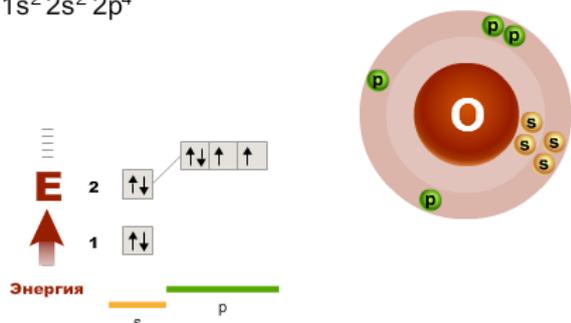
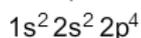


В атоме *хлора* 17 электронов распределено по трем энергетическим уровням. Два внутренних электронных слоя полностью заполнены, находящиеся на них электроны не принимают участия в химических реакциях. На внешнем энергетическом уровне находится 7 электронов. Эти электроны являются валентными, то есть атом может отдавать их в химических реакциях.

Максимальная степень окисления хлора как раз и равна +7, то есть она реализуется в том случае, если атом отдаст все семь электронов. Однако для хлора, как и для других неметаллов, более характерно принимать электроны, чем отдавать их. Принимая один электрон, атом хлора превращается в ион Cl^- с конфигурацией инертного газа аргона. Такой ион в отличие от атома хлора гораздо более устойчив и гораздо менее вреден для организма (он содержится в поваренной соли, а свободный хлор – это отравляющее вещество). Таким образом, минимальная степень окисления хлора равна -1 . Она реализуется в соединениях с металлами и водородом.

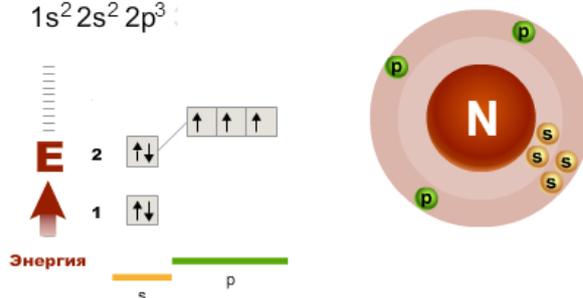
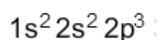
Кислород

Электронная формула элемента



Азот

Электронная формула элемента



Атом *кислорода* содержит всего восемь электронов, занимающих два энергетических уровня. Внешние электроны (их число для неметаллов всегда равно номеру группы, в которой находится элемент, у кислорода 6) обычно участвуют в образовании химических связей.

Однако кислород не способен в химической реакции отдать все 6 электронов, то есть степень окисления +6 (высшая для элементов шестой группы) для него недостижима. Будучи типичным неметаллом, кислород имеет тенденцию принимать электроны. Для приобретения электронной конфигурации ближайшего инертного газа неона ему не хватает двух электронов. Принимая их, атом кислорода становится отрицательно заряженным ионом O^{2-} , то есть приобретает степень окисления -2 . Именно она и характерна для кислорода.

Атом азота содержит на один электрон меньше, чем атом кислорода. Соответственно, у него всего 5 валентных электронов. Высшая степень окисления этого элемента равна +5 (например, в оксиде N_2O_5), а низшая -3 (в аммиаке NH_3).

Вопрос 2. Физические свойства неметаллов

Элементы-неметаллы образуют простые вещества, которые при обычных условиях существуют в разных агрегатных состояниях:

- газы (благородные газы: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn; водород H_2 , кислород O_2 , азот N_2 , фтор F_2 , хлор Cl_2),
- жидкость (бром Br_2),

- твердые вещества (йод I_2 , углерод C , кремний Si , сера S , фосфор P и др.).

Если большинство элементов-металлов не окрашены, исключение составляют только медь и золото, то практически все неметаллы имеют свой цвет: фтор – оранжево-желтый, хлор – зеленовато-желтый, бром – кирпично-красный, йод – фиолетовый, сера – желтая, фосфор может быть белым, красным и черным, а жидкий кислород – голубой.

Физические свойства неметаллов разнообразны и обусловлены разным типом кристаллических решеток.

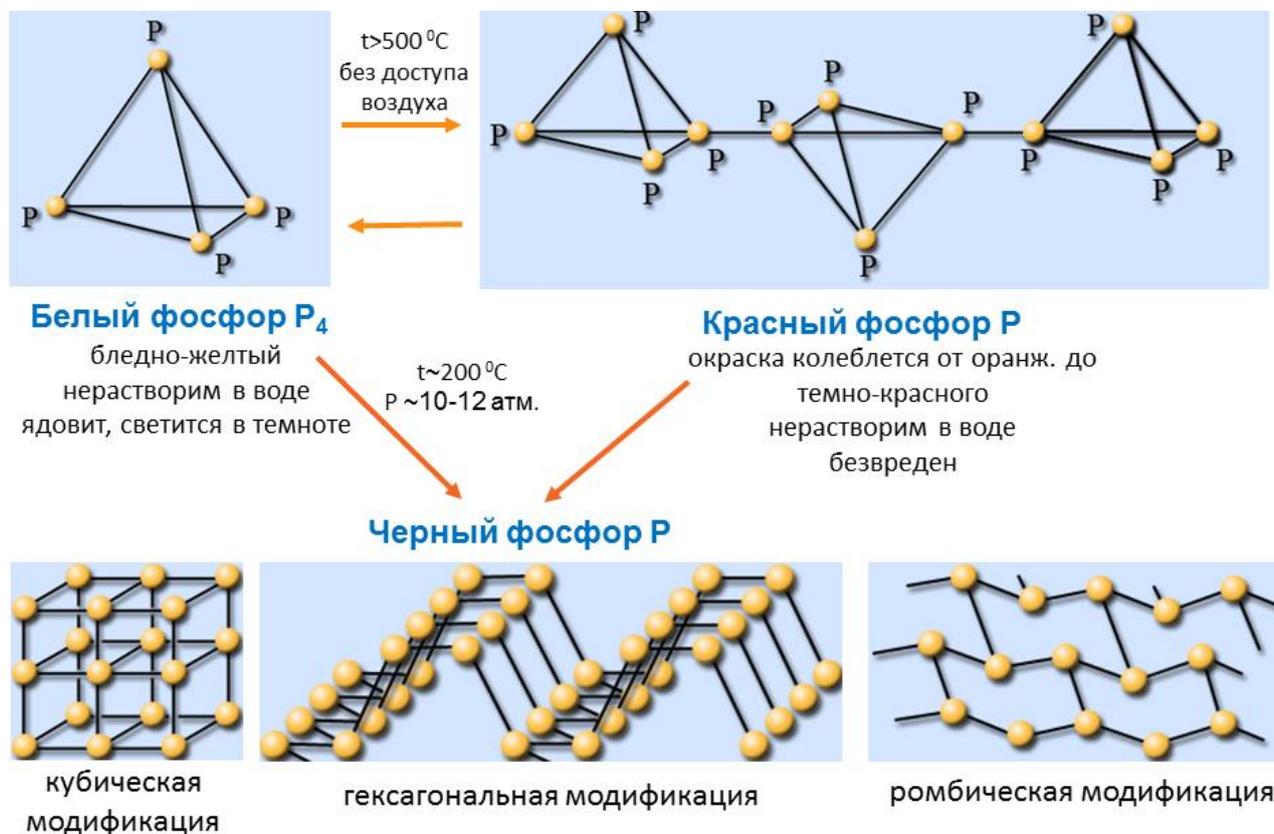
Все неметаллы не проводят тепло и электрический ток, поскольку у них нет свободных носителей заряда – электронов, все они использованы для образования химических связей. Кристаллы неметаллов непластичные и хрупкие, так как любая деформация приводит к разрушению химических связей.

Простые вещества-неметаллы, как правило, не обладают металлическим блеском. Таким образом, в противоположность металлам, для неметаллов нельзя выделить общих свойств, некоторые из них, подобно металлам, имеют даже металлический блеск (йод). Химическая связь в простых веществах – ковалентная неполярная, они имеют либо молекулярную, либо атомную кристаллические решетки. Для неметаллов характерно явление аллотропии.

Определение

Аллотропия – существование элемента в форме различных простых веществ, различающихся либо строением и составом молекул (кислород и озон), либо способом упаковки (алмаз и графит).

Например, фосфор имеет следующие аллотропные модификации:



Вопрос 3. Химические свойства неметаллов

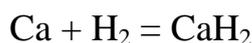
Химические элементы-неметаллы могут проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства, в зависимости от химического превращения, в котором они принимают участие.

Атомы самого электроотрицательного элемента – фтора – не способны отдавать электроны, он всегда проявляет только окислительные свойства, другие элементы могут проявлять и восстановительные свойства, хотя намного в меньшей степени, чем металлы. Наиболее сильными окислителями являются фтор, кислород и хлор, преимущественно восстановительные свойства проявляют водород, бор, углерод, кремний, фосфор, мышьяк и теллур. Промежуточные окислительно-восстановительные свойства имеют азот, сера, йод.

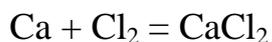
Взаимодействие с простыми веществами

1) Для неметаллов характерны реакции с **металлами**, при это они проявляют окислительные свойства и в образующихся бинарных соединениях проявляют отрицательная степень окисления.

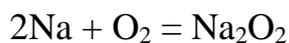
водород образует гидриды;



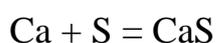
хлор образует хлориды;



кислород образует оксиды (пероксиды и надпероксиды);



сера образует сульфиды;



фосфор образует фосфиды;



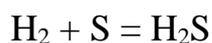
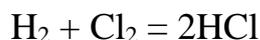
углерод образует карбиды;



При взаимодействии неметаллов с металлами образуются бинарные соединения с ионной химической связью.

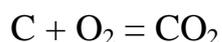
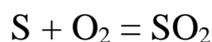
2) Взаимодействие с другими **неметаллами**:

взаимодействуя с водородом, большинство неметаллов проявляет окислительные свойства, образуя летучие водородные соединения – ковалентные гидриды:



Следует помнить, что такие неметаллы как кремний, фосфор, бор с водородом не реагируют.

взаимодействуя с кислородом, все неметаллы, кроме фтора, проявляют восстановительные свойства:



Водород, сера, углерод, фосфор горят в кислороде, азот взаимодействует с кислородом при электрическом разряде.

Наиболее типичные неметаллы – галогены – с кислородом не реагируют. Это неудивительно, ведь кислород, как и галогены – сам является сильным окислителем. При взаимодействии с фтором фтор является окислителем, а кислород – восстановителем:



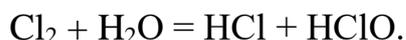
неметаллы взаимодействуют между собой, более электроотрицательный металл играет роль окислителя, менее электроотрицательный – роль восстановителя:



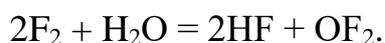
Продуктами взаимодействия двух неметаллов являются вещества с различным агрегатным состоянием, которые имеют ковалентный тип химической связи.

Взаимодействие со сложными веществами

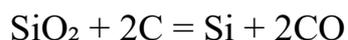
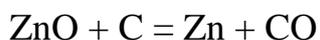
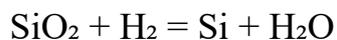
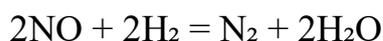
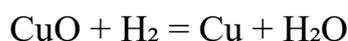
1) Активные неметаллы (в основном галогены) взаимодействуют с водой, в которых один и тот же неметалл является одновременно и окислителем, и восстановителем:



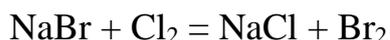
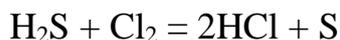
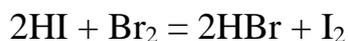
Фтор бурно реагирует с водой:



2) Многие неметаллы при нагревании взаимодействуют с оксидами некоторых менее электроотрицательных элементов, проявляя восстановительные свойства и восстанавливая их до простых веществ:



3) Неметаллы взаимодействуют с водородными соединениями неметаллов и солями этих кислот, вытесняя менее электроотрицательные неметаллы из этих соединений:



В этих реакциях неметаллы проявляют окислительные свойства.

4) Некоторые неметаллы взаимодействуют со своими бинарными соединениями если второй элемент находится в промежуточной степени окисления, проявляя окислительные свойства, в зависимости от соединения:

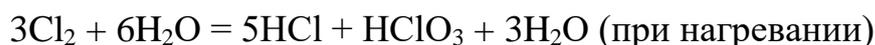




если данный элемент находится в высшей степени окисления, проявляя или восстановительные свойства, в зависимости от соединения:



- 4) Активные неметаллы (в основном галогены) взаимодействуют с щелочами, в которых один и тот же неметалл является одновременно и окислителем, и восстановителем:

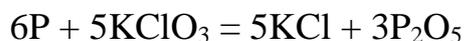


- 6) Некоторые неметаллы взаимодействуют с сильными окислителями, проявляя восстановительные свойства:

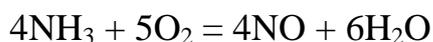
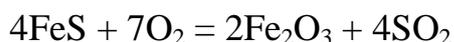
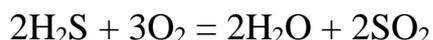
взаимодействие с кислотами-окислителями (например, с HNO_3 _(конц), HNO_3 _(разб), H_2SO_4 _(конц)):



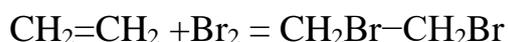
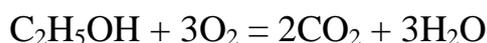
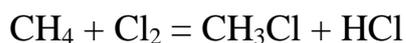
взаимодействие с солями-окислителями:



- 7) Кислород взаимодействует с бинарными соединениями неметаллов, выступая в роли окислителя:



- 8) Некоторые неметаллы взаимодействуют с некоторыми органическими соединениями, проявляя в основном окислительные свойства:

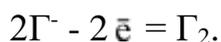


Вопрос 4. Получение и применение неметаллов

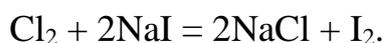
Получение неметаллов

Способы получения неметаллов отличаются многообразием и специфичностью, общих подходов не существует. Рассмотрим основные способы получения некоторых неметаллов.

1. **Получение галогенов.** Самые активные галогены – фтор и хлор – получают электролизом. Фтор – электролизом расплава KHF_2 , хлор – электролизом расплава или раствора хлорида натрия:



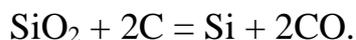
Другие галогены можно также получить электролизом или вытеснением из их солей в растворе с помощью более активного галогена:



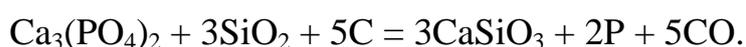
2. **Получение водорода.** Основной промышленный способ получения водорода – конверсия метана (каталитический процесс):



3. **Получение кремния.** Кремний получают восстановлением коксом из кремнезема:



4. **Получение фосфора.** Фосфор получают восстановлением из фосфата кальция, который входит в состав апатита и фосфорита:



5. **Кислород и азот** получают фракционной перегонкой жидкого воздуха.

6. **Сера и углерод** встречаются в природе в самородном виде.

7. **Селен и теллур** получают из отходов производства серной кислоты, так как эти элементы встречаются в природе вместе с соединениями серы.

8. **Мышьяк** получают из мышьяковистого колчедана по сложной схеме превращений, включающей стадии получения оксида и восстановления из оксида углеродом.

9. **Бор** получают восстановлением оксида бора магнием.

Применение неметаллов

• **Водород** используется в химической промышленности для синтеза аммиака, хлороводорода и метанола, применяется для гидрогенизации жиров. Используется в качестве восстановителя при производстве многих металлов,

например, молибдена и вольфрама, из их соединений.

• **Хлор** применяют для производства соляной кислоты, винилхлорида, каучука и многих органических веществ и пластмасс, в текстильной и бумажной промышленности используют в качестве отбеливающего средства, в быту – для обеззараживания питьевой воды.

• **Бром и йод** используют в синтезе полимерных материалов, для приготовления лекарственных препаратов и др.

• **Кислород** применяется при сжигании топлива, при выплавке чугуна и стали, для сварки металлов, необходим для жизнедеятельности организмов.

• **Сера** используется для производства серной кислоты, изготовления спичек, пороха, для борьбы с вредителями сельского хозяйства и лечения некоторых болезней, в производстве красителей, взрывчатых веществ, люминофоров.

• **Азот и фосфор** применяются при производстве минеральных удобрений, азот применяется при синтезе аммиака, для создания инертной атмосферы в лампах, используется в медицине. Фосфор применяется при производстве фосфорной кислоты.

• **Алмаз** используется при обработке твердых изделий, в буровых работах и ювелирном деле, **графит** – для изготовления электродов, тиглей для выплавки металлов, в производстве карандашей, резины и др.

Вопросы для повторения:

1. Где в ПС расположены неметаллы?
2. Какое строение имеют атомы неметаллов?
3. Назовите физические свойства неметаллов.
4. Назовите основные виды реакций, в которые могут вступать неметаллы.
5. Назовите основные способы получения неметаллов.
6. Что такое аллотропия. Приведите примеры.
7. Где применяются неметаллы.

Тема: Основные понятия органической химии и теория строения органических соединений

Вопросы:

1. Теория строения органических соединений А.М.Бутлерова

2. Изомерия и изомеры

3. Классификация органических веществ

Вопрос 1. Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова

Предмет органической химии.

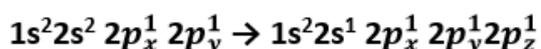
К органическим веществам относят соединения углерода с другими элементами, за исключением оксидов углерода, угольной кислоты и ее солей.

Ученым известно более 18 млн. органических веществ, в то время как неорганических около 100 тыс.

Многообразие органических соединений объясняется способностью атомов углерода образовывать цепи, прямые и разветвленные, а также замкнутые циклы. Кроме того, они могут образовывать между собой двойные и тройные связи.

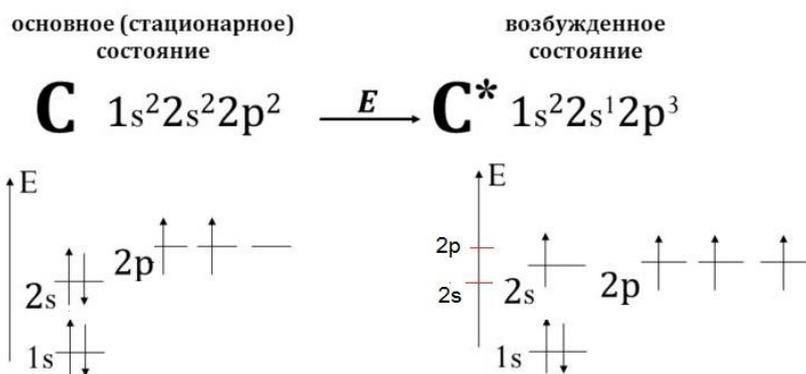
Органическая химия - химия углеводородов и их производных, то есть продуктов, образующихся при замене атомов водорода другими атомами или группами атомов.

В органических соединениях атом углерода всегда четырехвалентен, это значит, что в образовании химической связи участвуют все 4 валентных электрона. Но в образовании связи участвуют только неспаренные электроны! Чтобы объяснить несоответствие между понятием валентности и электронным строением атома углерода, следует применить модель *возбужденного состояния атома углерода C**, допускающая переход электрона с 2s- на 2p-подуровень:



В этом случае энергия, затрачиваемая на переход электрона, компенсируется энергией, высвобождаемой при образовании двух дополнительных связей. Однако такая модель предполагает нахождение электрона на четырех «чистых» орбиталях — одной s и трех p.

Тогда в возбужденной состоянии атома энергия s-орбитали должна быть меньше энергии образования p-орбиталей. На самом деле это не совсем так. Как показывают исследования, энергия всех четырех образующихся в результате «перескока» электрона орбиталей примерно одинаковая, соответственно, и энергии образования связей в молекуле с одинаковыми гетероатомами (например, атомами водорода в метане) тоже примерно равны, причем энергия каждой из вновь образующихся орбиталей больше, чем энергия «чистой» s-орбитали, но меньше, чем энергия «чистой» p-орбитали.



Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.

Химическое строение - определенная последовательность соединения атомов в молекулах веществ.

Крупнейшим событием в развитии органической химии было создание в 1861 г. великим русским ученым **А.М. Бутлеровым** теории химического строения органических соединений.

До А.М. Бутлерова считалось невозможным познать строение молекулы, т. е. порядок химической связи между атомами. Многие ученые даже отрицали реальность атомов и молекул.

А.М. Бутлеров показал, что строение молекулы можно установить опытным путем, изучая химические превращения вещества. И наоборот, зная строение молекулы, можно вывести химические свойства соединения.

Теория химического строения объясняет многообразие органических соединений. Оно обусловлено способностью четырехвалентного углерода образовывать углеродные цепи и кольца, соединяться с атомами других элементов и наличием изомерии химического строения органических соединений. Эта теория заложила научные основы органической химии и объяснила ее важнейшие закономерности.

Основные положения теории строения сводятся к следующему:

- атомы в органических молекулах соединены друг с другом в соответствии с валентностью, при этом углерод всегда четырехвалентен;
- порядок соединения атомов в молекуле называется химическим строением;
- свойства веществ определяются не только их составом, но и химическим строением;
- атомы в молекулах оказывают взаимное влияние друг на друга;
- исходя из строения молекулы можно предсказать свойства вещества, и, наоборот, на основании химических свойств можно предсказать строение вещества.

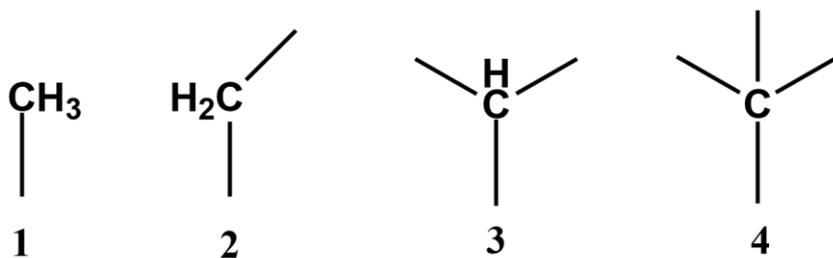
Углеводородные цепи могут быть как открытыми (алициклическими), так и замкнутыми (циклическими), как прямыми, так и разветвленными.

Гомологи — органические соединения, принадлежащие к одному классу веществ, обладающие сходным строением и свойствами, но отличающиеся друг от друга по составу на одну или несколько групп CH_2 и отвечающие одной общей формуле.

В теории химического строения большое внимание уделяется взаимному влиянию атомов и групп атомов в молекуле.

Структуру вещества, то есть порядок соединения атомов в молекуле, отображает **структурная формула**, в которой связи между атомами (или группами атомов) изображаются в виде черточек: одна черточка означает одну связь или одну общую электронную пару. Поскольку углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен, то каждый атом углерода может образовывать четыре связи (четыре черточки).

По количеству соседних углеродных атомов, атомы углерода в молекуле подразделяются на *первичные* (один «сосед»), *вторичные* (два «соседа»), *третичные* (три «соседа») и *четвертичные* (четыре «соседа»). Так, концевые атомы в молекуле углеводородов всегда первичные, в линейных молекулах промежуточные атомы — вторичные, а в разветвленных могут появляться третичные и (или) четвертичные атомы углерода.



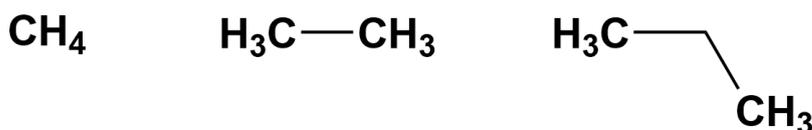
Для отображения органических молекул используют **молекулярные** или **брутто-формулы**, которые представляют собой сокращенную форму записи количественного и качественного состава.

Например, запись C_2H_6 означает, что молекула вещества состоит из 2 атомов углерода и 6 атомов водорода. Для каждого класса органических соединений можно вывести общую формулу, отвечающую количественному составу всех гомологов. Эту формулу называют **общей формулой гомологического ряда**. Вещества, принадлежащие к одному классу, отвечают одной общей формуле.

Гомологический ряд — совокупность органических веществ, имеющих одинаковый качественный состав, сходное строение, содержащих одинаковые функциональные группы и отличающихся одно от другого на одну или несколько групп CH_2 .

Группа CH_2 — это гомологическая разность.

Сравним структурные формулы простейших углеводородов: метана, этана и пропана.



Молекулярная формула метана CH_4 , этана C_2H_6 , пропана C_3H_8 . Видно, что формула этана отличается от формулы метана на одну группу CH_2 . Аналогично,

Значение теории химического строения А.М. Бутлерова:

1) является важнейшей частью теоретического фундамента органической химии;

2) по значимости ее можно сопоставить с Периодической системой элементов Д.И. Менделеева;

3) она дала возможность систематизировать огромный практический материал;

4) дала возможность заранее предсказать существование новых веществ, а также указать пути их получения.

Теория химического строения служит руководящей основой во всех исследованиях по органической химии.

Вопрос 2. Изомерия и изомеры

Явление изомерии – наглядная иллюстрация второго положения теории А. М. Бутлерова.

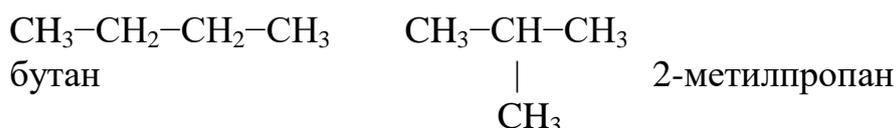
Изомеры – вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, но различающиеся по строению, и, вследствие этого, по физическим и химическим свойствам.

Различают структурную и пространственную изомерию.

Структурная изомерия связана с различным порядком соединения атомов в молекулах. Разновидности структурной изомерии:

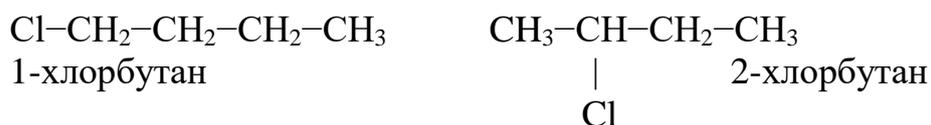
- изомерия углеродного скелета

Этот тип изомерии обусловлен возможностью построения различных углеродных скелетов из n углеродных атомов, если n больше или равно четырем. Например, молекулярной формуле C_4H_{10} соответствуют два вещества – бутан и 2-метилпропан (изобутан):

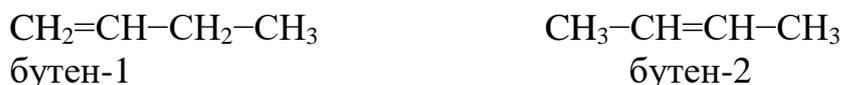


- изомерия положения

Атомы или группы атомов (заместители), не входящие в состав скелета, могут быть соединены с различными углеродными атомами цепи:

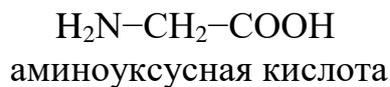
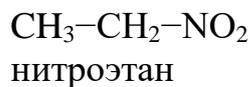


К такому типу изомерии можно отнести изомерию, обусловленную различным положением кратных связей:



- межклассовая изомерия

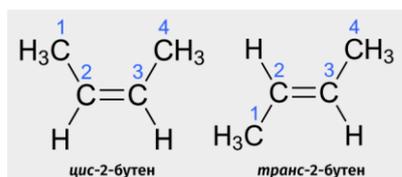
Изомерами могут быть соединения, содержащие различные функциональные группы и относящиеся к различным классам органических соединений, например:



Пространственная изомерия обусловлена различным расположением в пространстве атомов и групп атомов в молекулах с одинаковой последовательностью соединения атомов. Разновидности пространственной изомерии:

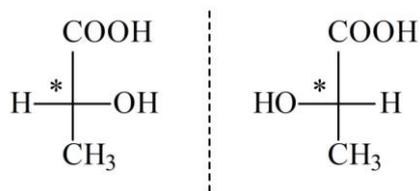
геометрическая изомерия

Этот вид изомерии характерен для соединений, содержащих двойную связь или цикл. В таких молекулах часто можно провести условную плоскость таким образом, что заместители у различных атомов углерода могут оказаться по одну сторону (*цис*-) или по разные стороны (*транс*-) от этой плоскости:



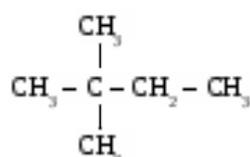
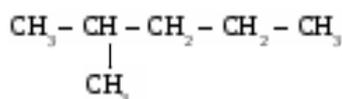
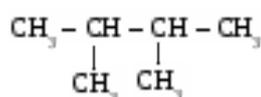
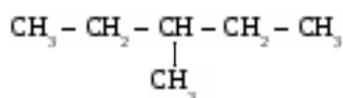
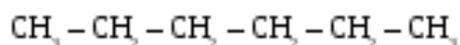
оптическая изомерия

Оптическими изомерами называют молекулы, зеркальные изображения которых не совместимы друг с другом. Таким свойством обладают молекулы, имеющие асимметрический центр – атом углерода, связанный с четырьмя различными заместителями. Например, в виде двух оптических изомеров существует молекула молочной кислоты $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$:



D-молочная к-та L-молочная к-та

Упражнение: составить формулы пяти изомеров вещества, имеющего состав C_6H_{14} .



Вопрос 3. Классификация органических веществ

Огромное разнообразие существующих сегодня органических веществ, а также потребность в синтезе новых соединений с заданными свойствами приводит к необходимости постоянного совершенствования и расширения системы классификации (систематизации).

Основой органического вещества является углеродный скелет, а составные части — это функциональные группы, гетероатомы, кратные связи. Классификация также необходима для того, чтобы правильно называть соединения, причем называть так, чтобы все химики понимали, о каком веществе идет речь. Поэтому классификация лежит в основе Международной номенклатуры органических соединений.

В основе классификации органических веществ можно выделить несколько основных подходов:

- По составу:**
- 1) Углеводороды (С, Н)
 - 2) Кислородсодержащие соединения (С, Н, О)
 - 3) Азотсодержащие соединения (С, Н, N)

По углеродному скелету:

1) циклические:

- а) карбоциклические – алициклические (циклогексан, бензол)
- б) гетероциклические (N, O, S)

2) ациклические

- а) алканы
- б) алкены
- в) алкины
- г) алкадиены

По кратности углерод-углерод связей:

- 1) предельные
- 2) непредельные

По функциональным группам:

- 1) спирты и фенолы -ОН
- 2) альдегиды и кетоны
- 3) карбоновые кислоты
- 4) амины
- 5) нитросоединения
- 6) галогенпроизводные

Предельные углеводороды: алканы (насыщенные углеводороды, парафины, алифатические соединения) 2789534160

По номенклатуре ИЮПАК в названии - суффикс –ан.

Непредельные углеводороды:

Алкены (олефины, этиленовые углеводороды)

По номенклатуре ИЮПАК в названии – ен.

Алкины (ацетиленовые углеводороды)

По номенклатуре ИЮПАК - суффикс -ин.

АЛКАДИЕНЫ (ДИЕНЫ, ДИЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ)

По номенклатуре ИЮПАК в названии суффикс **-диен**, указываются две цифры положения двойных связей).

По взаимному расположению двойных связей и химическим свойствам диены делятся на три группы:

1. Диены с соседним положением двойных связей называют диенами с **алленовыми или кумулированными связями**. $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2$ бутадиен -1,2.

2. Диены с двойными связями, разделенными более чем одной простой связью, называются диенами с **изолированными связями** (сходны с алкенами): $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ пентадиен-1,4.

3. Диены с 1,3-положением двойных связей называют диенами с **сопряженными связями**. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3 (дивинил).

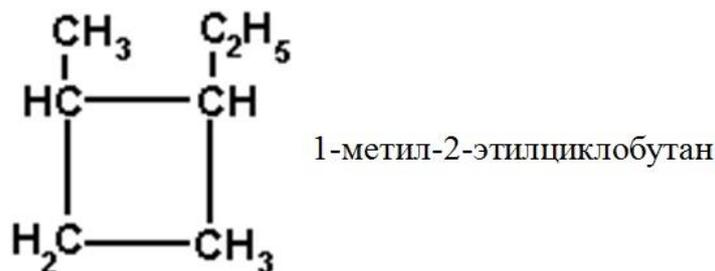
Основные представители:

Циклические углеводороды: Циклоалканы (нафтены, цикланы, или циклопарафины)

По номенклатуре ИЮПАК – за основу принимают углеродную цепочку цикла.

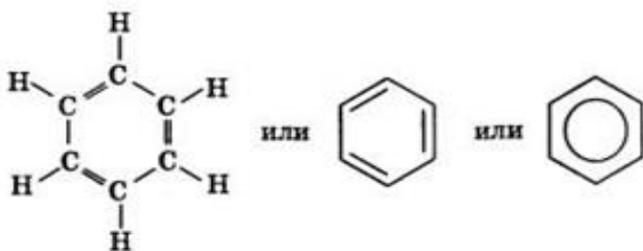
Нумерацию цикла проводят с того атома углерода, который связан с наименьшим радикалом.

Например,



АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ. АРЕНЫ

Бензол C_6H_6 – родоначальник ароматических углеводородов. Все связи С–С в бензоле равноценны.



Углеводы — многообразная группа классов органических веществ, состоящих из углерода, водорода и кислорода, имеющих общую формулу $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_r$ (для большинства, кроме дезоксирибозы); n или равна r , или больше ее (характерный пример углеводов — глюкоза).

Жиры — разновидность сложных эфиров; продукты взаимодействия глицерина и некоторых специфических спиртов и высших жирных карбоновых кислот (наиболее типичные жиры — глицериды, например тристеарин).

Белки — природные биополимеры, являющиеся продуктами реакции поликонденсации природных альфа-аминокислот.

Нуклеиновые кислоты — природные полимеры, являющиеся продуктами реакции поликонденсации нуклеотидов (рибо- и дезоксирибонуклеиновые кислоты и др.).

Остальные органические вещества — производные углеводородов, содержащие функциональные группы.

Функциональная группа — это совокупность атомов, определяющая характерные химические свойства целого класса веществ.

Иногда к понятию функциональной группы относят также понятие радикал (метил, этил, пропил и т. д.). Однако хотя это и близкие понятия, но *отличительным свойством функциональной группы является наличие одинаковых химических свойств, характерных для всего класса веществ, имеющих такую группу в своей структуре. С этой точки зрения алкильные радикалы такими свойствами не обладают.*

убывание старшинства ↓	Функциональная группа	Название группы	Класс соединений	Общая формула	Пример
		Карбоксильная	Карбоновые кислоты	$R-C(=O)OH$	$CH_3-C(=O)OH$ уксусная кислота
		Альдегидная	Альдегиды	$R-C(=O)H$	$CH_3-C(=O)H$ ацетальдегид
		Карбонильная	Кетоны	$R-C(=O)R'$	$CH_3-C(=O)-CH_3$ ацетон
	-OH	Гидроксильная	Спирты	R-OH	CH_3OH метилловый спирт
			Фенолы		 фенол
	-NH ₂	Аминогруппа	Первичные амины	R-NH ₂	CH_3-NH_2 метиламин
	-NO ₂	Нитрогруппа	Нитро-соединения	R-NO ₂	$C_2H_5-NO_2$ нитроэтан
-F, -Cl, -Br, -I	Фтор, хлор, бром, иод	галоген-производные	R-Hal	C_2H_5-Cl хлорэтан	

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1) рациональная, — по этой номенклатуре за основу наименования органического соединения обычно принимают название наиболее простого (чаще всего первого) члена данного гомологического ряда. Все остальные соединения рассматриваются как производные этого соединения, образованные замещением в нем атомов водорода углеводородными или иными радикалами (например: триметилуксусный альдегид, метиламин, хлоруксусная кислота, метиловый спирт). В настоящее время такая номенклатура применяется только в тех случаях, когда она дает особенно наглядное представление о соединении.

2) тривиальная (историческая) Органическим соединениям давали случайные названия по источнику получения (щавелевая кислота, яблочная кислота, ванилин), цвету или запаху (ароматические соединения), реже — по химическим свойствам (парафины). Многие такие названия часто применяются до сих пор. Например: мочеви́на, толуо́л, ксило́л, индиго́, уксусная кислота, масляная кислота, валериановая кислота, гликоль, алани́н и многие другие.

3) систематическая (ИЮПАК), номенклатура IUPAC — международная единая химическая номенклатура. Систематическая номенклатура основывается на современной теории строения и классификации органических соединений и пытается решить главную проблему номенклатуры: название каждого органического соединения должно содержать правильные названия функций (заместителей) и основного скелета углеводорода и должно быть таким, чтобы по названию можно было написать единственно правильную структурную формулу.

Правила построения названия органического соединения по номенклатуре ИЮПАК:

1) Выбрать главную, самую длинную цепь молекулы, определить функциональные группы, наличие кратных связей.

2) Пронумеровать ее с той стороны, к которой ближе радикалы, или старший заместитель, или кратная связь (в зависимости от класса вещества).

Ключевым моментом в составлении названия является выбор основной цепи. Алгоритм выбора основной цепи:

- В основную цепь должна входить старшая характеристическая группа,
- В нее должны максимально быть включены кратные связи,
- Основная цепь должна быть максимально длинной,
- Выбирают самую разветвленную цепь.
- Цепь нумеруется так, чтобы сумма номеров заместителей была наименьшей.

3) Перечислить заместителей в алфавитном порядке с указанием их местоположения арабской цифрой. Например, - 2-метил; - 3-фтор

4) Записать корень, соответствующий числу атомов углерода в главной цепи.

5) Указать суффикс, если есть соответствующие функциональные группы.

6). Если в веществе несколько одинаковых радикалов, заместителей, связей или функциональных групп, то они называются вместе, с использованием числительных: 2 - ди, 3 – три, 4 – тетра и т.д.

7). При написании названия все цифры отделяются друг от друга запятыми, а от букв – дефисами.

8) К корню добавляют суффикс, характеризующий степень насыщенности: -ан (предельный, нет кратных связей); -ен (при наличии двойной связи); -ин (при наличии тройной связи). Далее арабскими цифрами показывают местоположение кратных связей.

В органической химии большое значение имеют особые частицы — радикалы, знание о которых необходимо для составления названий органических веществ и для понимания сущности реакций в органической химии.

Радикал – фрагмент молекулы, обладающий единицей свободной валентности:

Алкильный радикал	Название радикала
-CH ₃	Метил
-C ₂ H ₅	Этил
-C ₃ H ₇	Пропил
-C ₄ H ₉	Бутил
-C ₅ H ₁₁	Амил
-C ₆ H ₁₃	Гексил
-C ₇ H ₁₅	Гептил
-C ₈ H ₁₇	Октил
-C ₉ H ₁₉	Нонил
-C ₁₀ H ₂₁	Децил
-C _n H _{2n+2}	Алкил

Вопросы для повторения:

1. Что изучает органическая химия?
2. Назовите основные положения теории строения органических соединений А.М.Бутлерова.
3. Объясните значение теории А.М. Бутлерова.
4. Объясните разные виды изомерии на примерах.
5. Дайте понятие радикала, приведите примеры.
6. Назовите основные правила названия органических веществ по систематической номенклатуре.
7. Как классифицируются органические вещества.

Тема: Алканы

Вопросы:

1. Строение и гомологический ряд алканов
2. Изомерия и номенклатура алканов
3. Химические свойства алканов
4. Получение и применение алканов на основе их свойств

Вопрос 1. Строение и гомологический ряд алканов

Предельными или насыщенными углеводородами называют углеводороды с незамкнутыми углеродными цепями, в молекулах которых все атомы связаны одинарными связями.

Алканы - предельные ациклические углеводороды, в молекулах которых все атомы углерода связаны одинарными связями и имеют общую формулу: C_nH_{2n+2}

Суффикс *-ан* является характерным для названия всех алканов.

Гомологический ряд алканов (первые десять представителей).

Название алкана	Формула	Радикал	Формула
Метан	CH_4	метил	CH_3
Этан	C_2H_6	этил	C_2H_5
Пропан	C_3H_8	пропил	C_3H_7
Бутан	C_4H_{10}	бутил	C_4H_9
Пентан	C_5H_{12}	пентил	C_5H_{11}
Гексан	C_6H_{14}	гексил	C_6H_{13}
Гептан	C_7H_{16}	гептил	C_7H_{15}
Октан	C_8H_{18}	октил	C_8H_{17}
Нонан	C_9H_{20}	нонил	C_9H_{19}
Декан	$C_{10}H_{22}$	децил	$C_{10}H_{21}$

Гомологи отличаются молекулярной массой и, следовательно, физическими характеристиками. С увеличением числа углеродных атомов в молекуле алкана (с ростом молекулярной массы) в гомологическом ряду наблюдается *закономерное изменение физических свойств гомологов* (переход количества в качество): повышаются температуры кипения и плавления, увеличивается плотность. Алканы от CH_4 до C_4H_{10} – газы, которые горят голубым пламенем, выделяя большое количество тепла, от C_5H_{12} до $C_{17}H_{36}$ – жидкости, далее – твердые вещества.

С увеличением относительных молекулярных масс предельных углеводородов закономерно повышаются их температуры кипения и плавления.

Первый представитель ряда предельных углеводородов – МЕТАН

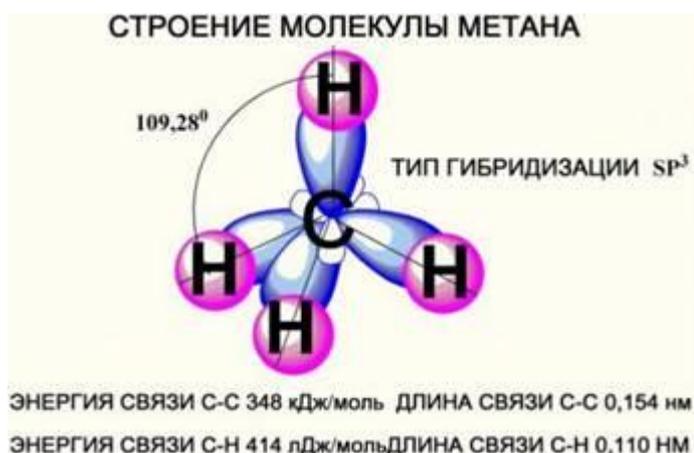
1. Электронное и пространственное строение молекулы метана

Атом углерода имеет электронную формулу $1s^2 2s^2 2p^2$, на внешнем энергетическом уровне находится четыре электрона. В невозбужденном состоянии у атома углерода два неспаренных электрона. При переходе в возбужденное состояние один s-электрон переходит на вакантную p-орбиталь, атом углерода становится четырехвалентным.

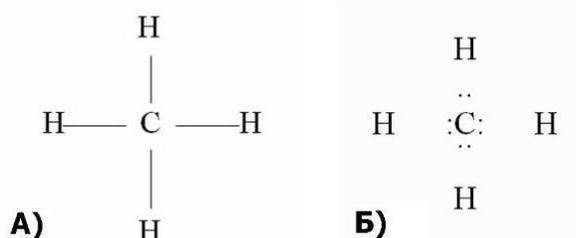
При образовании молекулы метана и молекул других предельных углеводородов происходит гибридизация электронных орбиталей. Одна s- и три p-орбитали взаимодействуют между собой, образуя четыре новые, совершенно равноценные орбитали. Такой процесс называется sp^3 -гибридизацией.

Гибридизация - процесс выравнивания электронных орбиталей по форме и энергии.

В результате взаимного отталкивания гибридные орбитали занимают в пространстве самое выгодное положение, поэтому угол между их осями равен $109^\circ 28'$ и они направлены по вершинам правильного тетраэдра. Таким образом молекула метана в пространстве представляет собой тетраэдр.



Структурная и электронные формулы метана



Вопрос 2. Изомерия и номенклатура алканов

Изомерия – явление существования соединений, которые имеют одинаковый состав (одинаковую молекулярную формулу), но разное строение. Такие соединения называются *изомерами*.

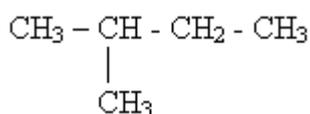
Различия в порядке соединения атомов в молекулах (т. е. в химическом строении) приводят к *структурной изомерии*. Строение структурных изомеров отражается структурными формулами. В ряду алканов структурная изомерия проявляется при содержании в цепи 4-х и более атомов углерода, т. е. начиная с бутана C_4H_{10} . Если в молекулах одинакового состава и одинакового химического строения возможно различное взаимное расположение атомов в пространстве, то наблюдается *пространственная изомерия (стереоизомерия)*. В этом случае использование структурных формул недостаточно и следует применять модели молекул или пространственные (стереохимические) формулы. Алканы, начиная с этана C_2H_6 , существуют в различных пространственных формах, обусловленных внутримолекулярным вращением по σ -связям C–C, и проявляют так называемую *поворотную изомерию*.

Кроме того, при наличии в молекуле 7-ми и более углеродных атомов, возможен еще один вид пространственной изомерии, когда два изомера относятся друг к другу как предмет и его зеркальное изображение (подобно тому, как левая рука относится к правой).

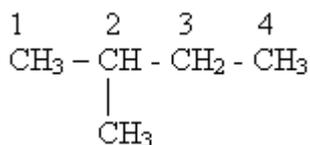
Такие различия в строении молекул называют *зеркальной* или *оптической* изомерией.

Алгоритм.

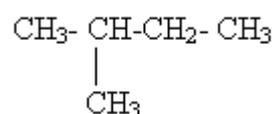
1. Выбор главной цепи:



2. Нумерация атомов главной цепи:



3. Формирование названия:



2 - метилбутан

ПРАВИЛА НОМЕНКЛАТУРЫ АЛКАНОВ

Для того, чтобы составить название алкана по его структурной формуле необходимо:

1. Выбрать самую длинную углеродную цепь;
2. Пронумеровать ее с того конца, к которому ближе разветвление;
3. Указать номера атомов углерода, у которых содержатся заместители, если их несколько, то их располагают в порядке старшинства. Если заместителей несколько, но они одинаковые, то их число указывается греческими числительными (2 - ди, 3 - три, 4 - тетра, 5 - пента и т.д.)
4. Назвать главную углеродную цепь.



В данном примере главная цепь выделена красным цветом, а заместители - зеленым. Заместителями являются радикалы метилы и их два. Исходя из вышеуказанных правил данный алкан следует назвать так:

3,4-диметилгептан.

И, конечно, у атомов углерода в главной цепи необходимо расставить недостающие атомы водорода (сделайте это самостоятельно), помня о том, что углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен.

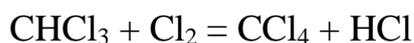
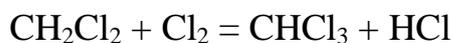
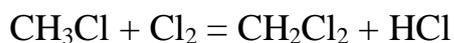
Составление формулы алкана по его названию идет в обратном порядке. Сначала изображают главную цепь и нумеруют ее (как удобно, но лучше слева направо). Затем расставляют заместители к тем атомам углерода, которые указаны в названии. В конце к атомам углерода в главной цепи дописывают недостающие атомы водорода.

Вопрос 3. Химические свойства алканов

Для алканов характерны следующие типы химических реакций: замещение атомов водорода; дегидрирование; крекинг; окисление.

1) Замещение атомов водорода:

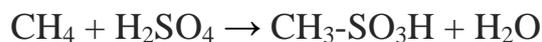
А) Реакция галогенирования:



Б) Реакция нитрования (Коновалова):



В) Реакция сульфирования:



2) Реакция изомеризации:

бутан → изобутан

3) Реакция с водяным паром



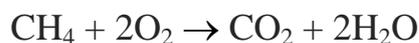
4) Реакция дегидрирования:



5) Реакция окисления:



6) Горение метана:



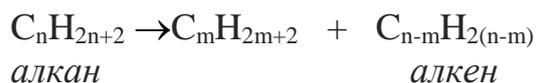
Вопрос 4. Получение и применение алканов на основе их свойств.

Получение

Алканы выделяют из природных источников (природный и попутный газы, нефть, каменный уголь).

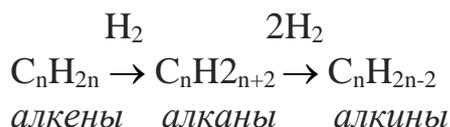
Используются также синтетические методы.

1. Крекинг нефти (промышленный способ)



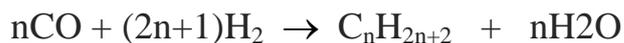
При крекинге алканы получаются вместе с непредельными соединениями (алкенами). Этот способ важен тем, что при разрыве молекул высших алканов получается очень ценное сырье для органического синтеза: пропан, бутан, изобутан, изопентан и др.

2. Гидрирование непредельных углеводородов:

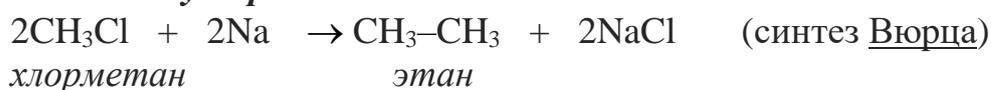


3. Газификация твердого топлива (при повышенной температуре и давлении, катализатор Ni): $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$

4. Из синтез-газа (CO + H₂) получают смесь алканов:

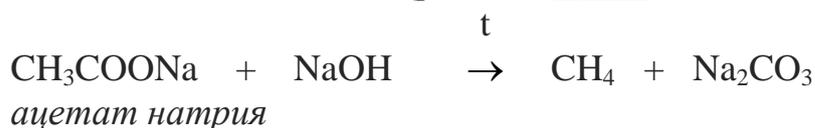


5. Синтез более сложных алканов из галогенопроизводных с меньшим числом атомов углерода:



6. Из солей карбоновых кислот:

сплавление со щелочью (реакция Дюма)



7. Разложение карбидов металлов водой:



Область	Что используют	Как используют
Энергетическая промышленность	Бензин, керосин, мазут	В качестве ракетного, моторного топлива
	Газообразные алканы	В качестве бытового газа для приготовления пищи
Химическая промышленность	Петролейный эфир (смесь изопентанов и изогексанов),	Изготовление растворителей, смазочных масел, пропитки
	Парафин	Изготовление вазелинового масла (смесь жидких алканов), вазелина (смесь жидких и твёрдых алканов), свечей, моющих средств, лаков, эмалей, мыла. В качестве пропитки спичек. Использование при производстве органических кислот

	Хлорпроизводные алканы	Изготовление спиртов, альдегидов, кислот
Косметология	Вазелин, вазелиновое масло	Производство мазей
	Газы	В качестве пропеллентов для изготовления аэрозолей
	Сквалан	Изготовление увлажняющих косметических средств
Строительство	Гудрон (дёготь) – конечный продукт переработки нефти, содержащий смесь алканов, циклоалканов, аренов, металлов, неметаллов	Для изготовления асфальтовых дорог
Бумажно-целлюлозная промышленность	Парафин	В качестве пропитки упаковочной бумаги
Пищевая промышленность	Парафин	Производство жевательных резинок

Алканы, содержащие 18-35 атомов углерода – воскообразные, мягкие вещества. Из их смеси изготавливают парафиновые свечи.

Алканы выделяют из полезных ископаемых – нефти, газа, каменного угля. На разных этапах переработки получают бензин, керосин, мазут. Алканы используются в медицине, косметологии, строительстве. В таблице описаны основные области применения предельных углеводородов.

Вопросы для повторения:

1. Общая формула алканов.
2. Какие связи в пропане между атомами углерода.
3. Угол между атомами углерода в алканах.
4. По какому суффиксу можно определить принадлежность к алканам.
5. Как называется первый представитель алканов.
6. Какое строение имеет метан.
7. Каждый последующий представитель гомологического ряда органических соединений отличается от предыдущего на какую гомологическую разность.
8. Применение алканов.
9. Физические свойства алканов.

Тема. Алкены

Вопросы:

1. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура алкенов
2. Физические свойства алкенов
3. Химические свойства этилена
4. Получение этилена
5. Применение этилена на основе свойств

Вопрос 1. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура алкенов

Алкены, или **олефины** (от лат. olefiant - масло — старое название, но широко используемое в химической литературе. Поводом к такому названию послужил хлористый этилен, полученный в XVIII столетии, — жидкое маслянист вещество.) — *алифатические непредельные углеводороды, в молекулах которых между углеродными атомами имеется одна двойная связь.*

Алкены содержат в своей молекуле меньшее число водородных атомов, чем соответствующие им алканы (с тем же числом углеродных атомов), поэтому такие углеводороды называют *непредельными* или *ненасыщенными*.

Алкены образуют гомологический ряд с общей формулой C_nH_{2n}

1. Гомологический ряд алкенов

C_nH_{2n} алкен	Названия, суффикс <i>ЕН, ИЛЕН</i>
C_2H_4	этен, этилен
C_3H_6	пропен
C_4H_8	бутен
C_5H_{10}	пентен
C_6H_{12}	гексен

Гомологи:

$CH_2=CH_2$ этен

$CH_2=CH-CH_3$ пропен

$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ бутен-1

$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$ пентен-1

В молекуле этилена подвергаются гибридизации одна *s*- и две *p*-орбитали атомов С (*sp*²-гибридизация).

Таким образом, каждый атом С имеет по три гибридных орбитали и по одной негибридной *p*-орбитали. Две из гибридных орбиталей атомов С взаимно перекрываются и образуют между атомами С σ -связь. Остальные четыре гибридных орбитали атомов С перекрываются в той же плоскости с четырьмя *s*-орбиталями атомов Н и также образуют четыре σ -связи. Две негибридные *p*-орбитали

атомов С взаимно перекрываются в плоскости, которая расположена перпендикулярно плоскости σ -связи, т.е. образуется одна π -связь.

По своей природе π -связь резко отличается от σ -связи; π -связь менее прочная вследствие перекрывания электронных облаков вне плоскости молекулы. Под действием реагентов π -связь легко разрывается.

Молекула этилена симметрична; ядра всех атомов расположены в одной плоскости и валентные углы близки к 120° ; расстояние между центрами атомов С равно 0,134 нм.

Запомните!

SP² –гибридизация:

- 1) Плоское тригональное строение
- 2) Угол – HCH - 120°
- 3) Длина (–C=C–) связи – 0,134 нм
- 4) Связи - σ , π
- 5) Невозможно вращение относительно (–C=C–) связи

Если атомы соединены двойной связью, то их вращение невозможно без того, чтобы электронные облака π -связи не разомкнулись.

Изомерия алкенов

Наряду со *структурной изомерией углеродного скелета* для алкенов характерны, во-первых, другие разновидности структурной изомерии - **изомерия положения кратной связи и межклассовая изомерия**.

Во-вторых, в ряду алкенов проявляется *пространственная изомерия*, связанная с различным положением заместителей относительно двойной связи, вокруг которой невозможно внутримолекулярное вращение.

Структурная изомерия алкенов

1. Изомерия углеродного скелета (начиная с C₄H₈):
2. Изомерия положения двойной связи (начиная с C₄H₈):
3. Межклассовая изомерия с циклоалканами, начиная с C₃H₆:

Пространственная изомерия алкенов

Вращение атомов вокруг двойной связи невозможно без ее разрыва. Это обусловлено особенностями строения р-связи (р-электронное облако сосредоточено над и под плоскостью молекулы). Вследствие жесткой закрепленности атомов поворотная изомерия относительно двойной связи не проявляется. Но становится возможной *цис-транс*-изомерия.

Алкены, имеющие у каждого из двух атомов углерода при двойной связи различные заместители, могут существовать в виде двух пространственных изомеров, отличающихся расположением заместителей относительно плоскости π -связи. Так, в молекуле бутена-2 CH₃–CH=CH–CH₃ группы CH₃ могут находиться либо по одну сторону от двойной связи в *цис*-изомере, либо по разные стороны в *транс*-изомере.

ВНИМАНИЕ! *цис-транс*-изомерия не проявляется, если хотя бы один из атомов С при двойной связи имеет 2 одинаковых заместителя.

Например,

бутен-1 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ не имеет *цис*- и *транс*-изомеров, т.к. 1-й атом С связан с двумя одинаковыми атомами Н.

Изомеры *цис*- и *транс*- отличаются не только физическими, но и химическими свойствами, т.к. сближение или удаление частей молекулы друг от друга в пространстве способствует или препятствует химическому взаимодействию.

Иногда *цис-транс*-изомерию не совсем точно называют *геометрической изомерией*. Неточность состоит в том, что *все* пространственные изомеры различаются своей геометрией, а не только *цис*- и *транс*-.

Номенклатура

Алкены простого строения часто называют, заменяя суффикс -ан в алканах на -илен: этан — этилен, пропан — пропилен и т.д.

По систематической номенклатуре названия этиленовых углеводородов производят заменой суффикса -ан в соответствующих алканах на суффикс -ен (алкан — алкен, этан — этен, пропан — пропен и т.д.). Выбор главной цепи и порядок названия тот же, что и для алканов. Однако в состав цепи должна обязательно входить двойная связь. Нумерацию цепи начинают с того конца, к которому ближе расположена эта связь.

Непредельные (алкеновые) радикалы называют тривиальными названиями или по систематической номенклатуре:

$(\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-)$ винил или этенил

$(\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-)$ аллил

Вопрос 2. Физические свойства алкенов

Этилен (этен) — бесцветный газ с очень слабым сладковатым запахом, немного легче воздуха, малорастворим в воде.

$\text{C}_2 - \text{C}_4$ (газы)

$\text{C}_5 - \text{C}_{17}$ (жидкости)

$\text{C}_{18} -$ (твёрдые)

Алкены не растворяются в воде, растворимы в органических растворителях (бензин, бензол и др.); легче воды; с увеличением M_r температуры плавления и кипения увеличиваются.

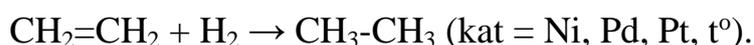
Простейшим алкеном является этилен - C_2H_4

Вопрос 3. Химические свойства этилена

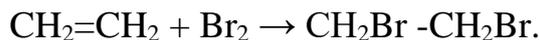
Этилен — химически активное вещество. Так как в молекуле между атомами углерода имеется двойная связь, то одна из них, менее прочная, легко разрывается, и по месту разрыва связи происходит присоединение, замещение, окисление, полимеризация молекул.

Химические свойства этилена аналогичны свойствам других представителей ряда алкенов. Поэтому для него характерны следующие химические реакции:

1. каталитическое гидрирование (восстановление) этилена:



2. галогенирование этилена:



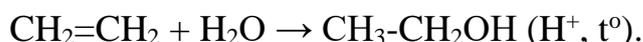
Однако при нагревании этилена до температуры 300 °С разрыва двойной углерод-углеродной связи не происходит – реакция галогенирования протекает по механизму радикального замещения:



3. гидрогалогенирование этилена:



4. гидратация этилена:



Реакция происходит в присутствии минеральных кислот (серной, фосфорной). В результате данной химической реакции образуется этанол.

5. окисление этилена:

Этилен легко окисляется. В зависимости от условий проведения реакции окисления этилена могут быть получены различные вещества: многоатомные спирты, эпоксиды или альдегиды.

Например,

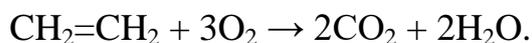


В результате образуется эпоксид.



В результате образуется ацетальдегид.

6. горение этилена:



В результате горения этилена происходит разрыв всех связей в молекуле, а продуктами реакции являются углекислый газ и вода.

7. полимеризация этилена:



Вопрос 4. Получение этилена

Химические реакции – уравнения получения этилена (этена):

Этилен получают как в лабораторных условиях, так и в промышленных масштабах.

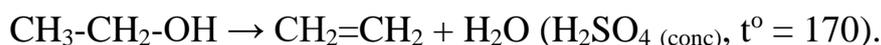
В промышленных масштабах этилен получается в результате следующей химической реакции:

1. Каталитическое дегидрирование этана:

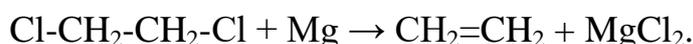
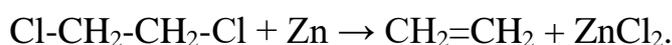


Этилен в лабораторных условиях получается в результате следующих химических реакций:

2. Дегидратация этанола:



3. Дигалогенирования дигалогенпроизводных этана:



4. неполное гидрирование ацетилена:



5. Дигидрогалогенирование галогенпроизводных алканов под действием спиртовых растворов щелочей:



Вопрос 5. Применение этилена на основе свойств

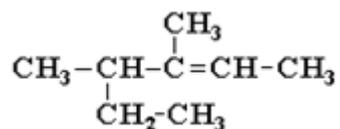
Этилен является ведущим продуктом основного органического синтеза и применяется для получения следующих соединений (перечислены в алфавитном порядке):

- Винацетат;
- Дихлорэтан / винилхлорид (3-е место, 12 % всего объёма);
- Окись этилена (2-е место, 14—15 % всего объёма);
- Полиэтилен (1-е место, до 60 % всего объёма);
- Стирол;
- Уксусная кислота;
- Этилбензол;
- Этиленгликоль;
- Этиловый спирт.

Этилен в смеси с кислородом использовался в медицине для наркоза вплоть до середины 1980-х годов в СССР и на ближнем Востоке. Этилен является фитогормоном практически у всех растений, среди прочего отвечает за опадание иголок у хвойных.

Вопросы для повторения:

1. Назовите общую формулу алкенов.
2. Назовите виды изомерии у алкенов, приведите примеры.
3. Назовите соединение.



4. Какими физическими свойствами обладают алкены?
5. Напишите структурные формулы следующих веществ: 2-метилбутена-2; 2,3-диметилбутена-2; 3-метилпентена-2.
6. Напишите уравнение химических реакций, характерных для этилена.
7. Назовите способы получения этилена.
8. Где используют этилен и его гомологи.
9. Относительная плотность паров алкена по воздуху равна 2,414. Выведите формулу алкена.

Тема. Диены и каучуки

Вопросы:

1. Понятие о диенах
2. Химические свойства диенов
3. Натуральный и синтетические каучуки

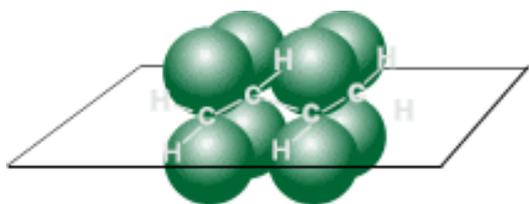
Вопрос 1. Понятие о диенах

Алкадиены – алифатически (ациклические), непредельные (ненасыщенные) углеводороды, с двумя двойными связями в цепи.

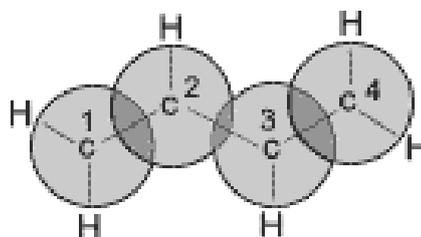
Общая формула – C_nH_{2n-2}

Строение:

Атомы углерода в молекуле бутадиена-1,3 находятся в sp^2 - гибридном состоянии, что означает расположение этих атомов в одной плоскости и наличие у каждого из них одной p - орбитали, занятой одним электроном и расположенной перпендикулярно к упомянутой плоскости.



а)



б)

Схематическое изображение строения молекул бутадиена -1,3 (а) и вид модели сверху (б). Перекрывание электронных облаков между C_1-C_2 и C_3-C_4 больше, чем между C_2-C_3 .

p - орбитали всех атомов углерода перекрываются друг с другом, т.е. не только между первым и вторым, третьим и четвертым атомами, но и также между вторым и третьим. Отсюда видно, что связь между вторым и третьим атомами углерода не является простой σ - связью, а обладает некоторой плотностью p - электронов, т.е. слабым характером двойной связи. В молекуле отсутствуют в классическом понимании одинарные и двойные связи, а наблюдается делокализация p - электронов, т.е. равномерное распределение p - электронной плотности по всей молекуле с образованием единого p - электронного облака. Взаимодействие двух или нескольких соседних p - связей с образованием единого p - электронного облака, в результате чего происходит передача взаимовлияния атомов в этой системе, называется **эффектом сопряжения**. Таким образом, молекула бутадиена -1,3 характеризуется системой сопряженных двойных связей.

Такая особенность в строении диеновых углеводородов делает их способными присоединять различные реагенты не только к соседним углеродным атомам (1,2-присоединение), но и к двум концам сопряженной системы (1,4-присоединение).

ние) с образованием двойной связи между вторым и третьим углеродными атомами. Отметим, что очень часто продукт 1,4-присоединения является основным.

Запомнить!

- sp^2 гибридизация
- Плоское-тригональное строение
- Связи σ и π (вращение относительно двойной $C=C$ связи невозможно)
- Угол $HCH = 120^\circ$
- Длина связи (- C = C - C = C - C - C -)

Классификация алкадиенов:

В зависимости от взаимного расположения двойных связей диены подразделяются на три типа:

1) углеводороды с *кумулярованными* двойными связями, т.е. примыкающими к одному атому углерода.

Например, пропадиен или аллен $CH_2=C=CH_2$

2) углеводороды с *изолированными* двойными связями, т.е. разделенными двумя и более простыми связями.

Например, пентадиен -1,4 $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$

3) углеводороды с *сопряженными* двойными связями, т.е. разделенными одной простой связью.

Например, бутадиен -1,3 или дивинил $CH_2=CH-CH=CH_2$

Наибольший интерес представляют углеводороды с сопряженными двойными связями.

Физические свойства:

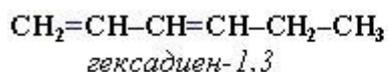
Бутадиен-1,3 – легко сжижающийся газ с неприятным запахом, $t^\circ_{пл.} = -108,9^\circ C$, $t^\circ_{кип.} = -4,5^\circ C$; растворяется в эфире, бензоле, не растворяется в воде.

2-Метилбутадиен-1,3 (изопрен) – летучая жидкость, $t^\circ_{пл.} = -146^\circ C$, $t^\circ_{кип.} = 34,1^\circ C$; растворяется в большинстве углеводородных растворителях, эфире, спирте, не растворяется в воде.

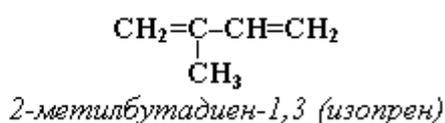
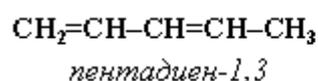
Изомерия сопряженных диенов

Структурная изомерия

1. Изомерия положения сопряженных двойных связей:

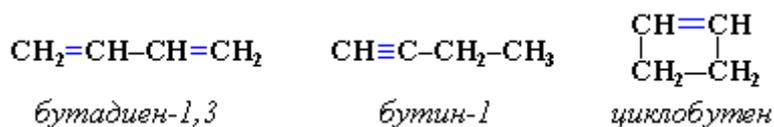


2. Изомерия углеродного скелета:



3. Межклассовая изомерия с алкинами и циклоалкенами.

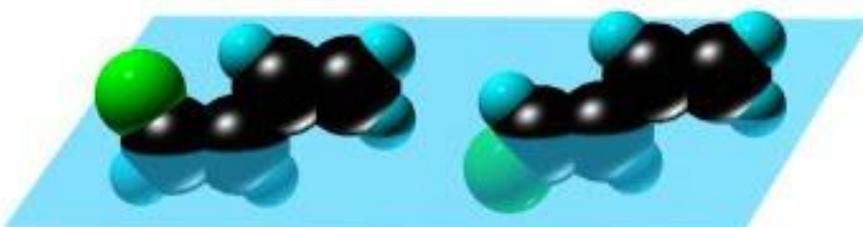
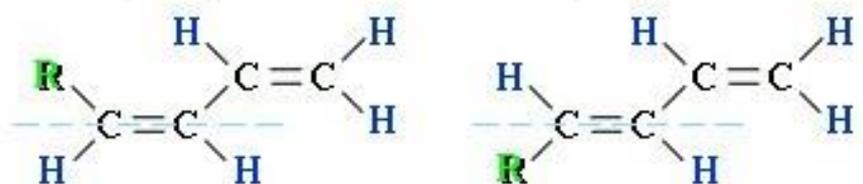
Например, формуле C_4H_6 соответствуют следующие соединения:



Пространственная изомерия

Диены, имеющие различные заместители при углеродных атомах у двойных связей, подобно алкенам, проявляют *цис-транс*-изомерию.

Пространственные изомеры диенов



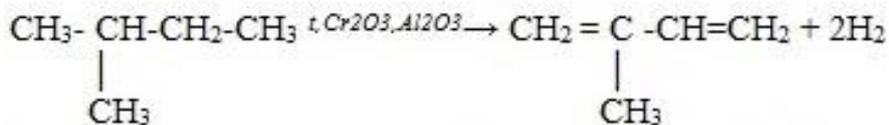
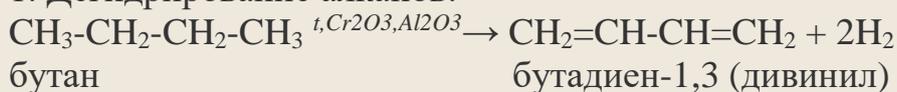
цис-изомер

транс-изомер

Получение диеновых углеводородов C_nH_{2n-2}

В промышленности

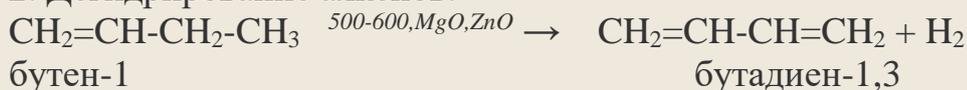
1. Дегидрирование алканов:



2-метилбутан

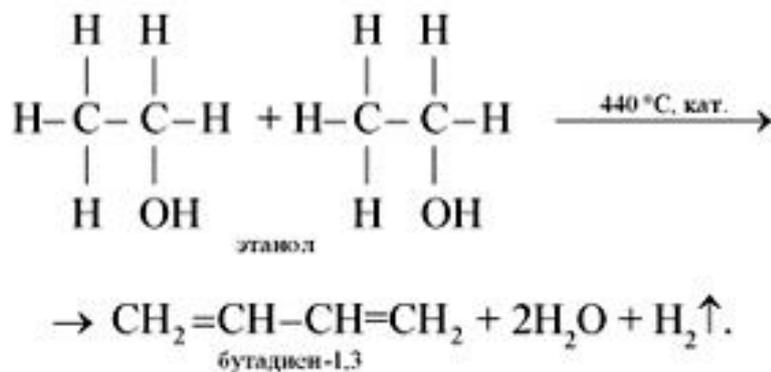
2-метилбутадиен-1,3 (изопрен)

2. Дегидрирование алкенов:



3. Дегидратация и дегидрирование этанола: (р. Лебедева)

Каталитический способ получения бутадиена-1,3 из этанола был открыт в 1932 г. Сергеем Васильевичем Лебедевым. По способу Лебедева бутадиен-1,3 получается в результате одновременного дегидрирования и дегидратации этанола в присутствии катализаторов на основе ZnO и Al₂O₃:



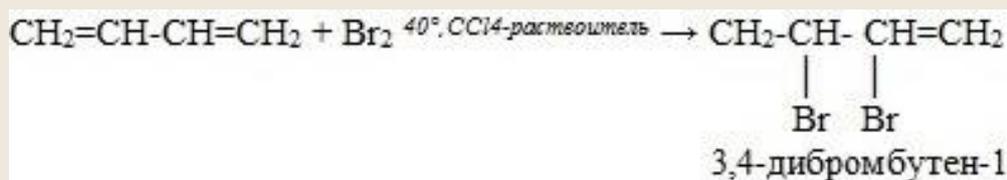
Вопрос 2. Химические свойства диеновых

(характерны реакции горения, присоединения, обесцвечивают водный раствор перманганата калия и бромную воду)

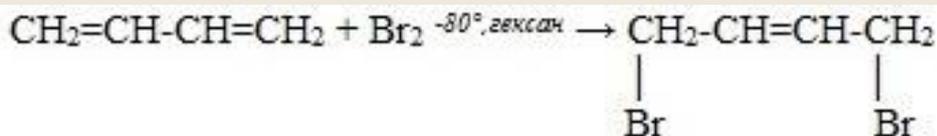
Реакции присоединения (+Br₂; +HBr; +H₂; +HOH)

1. Галогенирование: (образуется смесь продуктов)

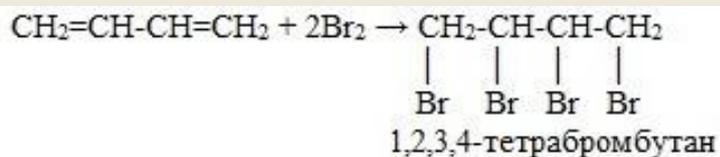
а) 1,2-присоединение



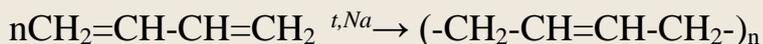
б) 1,4-присоединение (преимущественно)



в) Галогенирование достаточным количеством галогена:

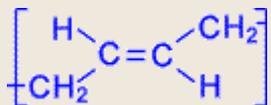


2. Полимеризация

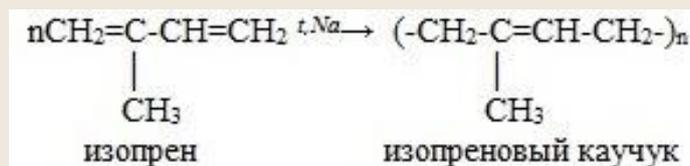
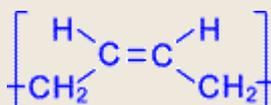


синтетический – бутадиеновый каучук

Элементарная ячейка полибутадиена представляется следующим образом:

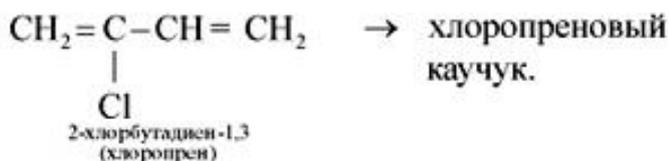
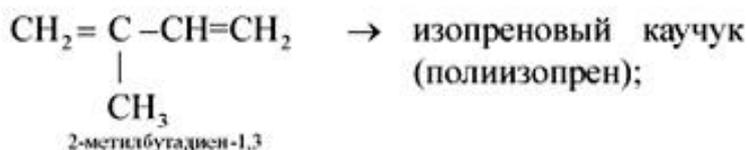
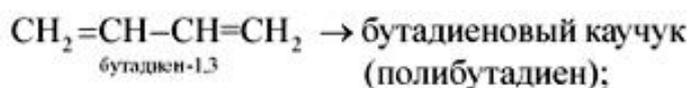


Как видно, образующийся полимер характеризуется транс- конфигурацией элементарной ячейки полимера. Однако наиболее ценные в практическом отношении продукты получают при стереорегулярной (иными словами, пространственно упорядоченной) полимеризации диеновых углеводородов по схеме 1,4- присоединения с образованием цис- конфигурации полимерной цепи. Например, цис- полибутадиен



Вопрос 3. Натуральный и синтетический каучуки

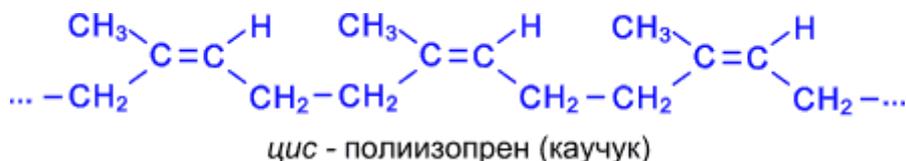
Диеновые углеводороды в основном применяются для синтеза каучуков:



Натуральный каучук получают из млечного сока (латекса) каучуконосного дерева гевеи, растущего в тропических лесах Бразилии.

При нагревании без доступа воздуха каучук распадается с образованием

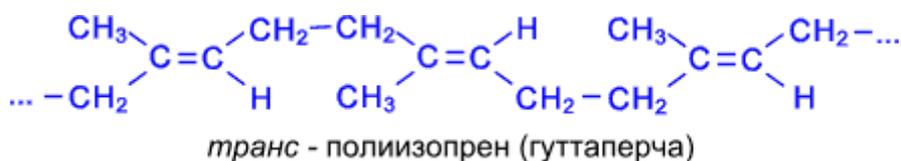
диенового углеводорода – 2- метилбутадиена-1,3 или изопрена. **Каучук** – это стереорегулярный полимер, в котором молекулы изопрена соединены друг с другом по схеме 1,4- присоединения с *цис*- конфигурацией полимерной цепи:



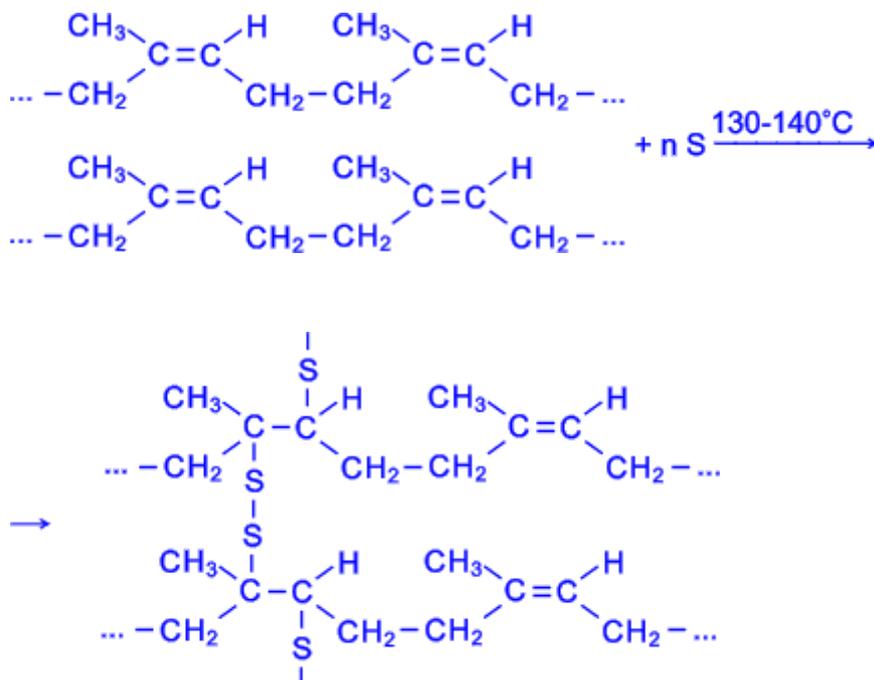
Стереорегулярное строение каучука

Молекулярная масса натурального каучука колеблется в пределах от $7 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^6$.

транс - Полимер изопрена также встречается в природе в виде гуттаперчи.



Натуральный каучук обладает уникальным комплексом свойств: высокой текучестью, устойчивостью к износу, клейкостью, водо- и газонепроницаемостью. Для придания каучуку необходимых физико-механических свойств: прочности, эластичности, стойкости к действию растворителей и агрессивных химических сред – каучук подвергают вулканизации нагреванием до $130-140^\circ\text{C}$ с серой. В упрощенном виде процесс вулканизации каучука можно представить следующим образом:



Атомы серы присоединяются по месту разрыва некоторых двойных связей и линейные молекулы каучука "сшиваются" в более крупные трехмерные молекулы

– получается резина, которая по прочности значительно превосходит невулканизированный каучук. Наполненные активной сажей каучуки в виде резин используют для изготовления автомобильных шин и других резиновых изделий.

В 1932 году С.В.Лебедев разработал способ синтеза синтетического каучука на основе бутадиена, получаемого из спирта. И лишь в пятидесятые годы отечественные ученые осуществили каталитическую стереополимеризацию диеновых углеводородов и получили стереорегулярный каучук, близкий по свойствам к натуральному каучуку. В настоящее время в промышленности выпускают каучук, в котором содержание звеньев изопрена, соединенных в положении 1,4, достигает 99%, тогда как в натуральном каучуке они составляют 98%. Кроме того, в промышленности получают синтетические каучуки на основе других мономеров – например, изобутилена, хлоропрена, и натуральный каучук утратил свое монопольное положение.

Для вулканизации каучука берётся немного серы 2 – 3 % от общей массы. Если добавить к каучуку более 30 % серы, то она присоединится по линии разрыва почти всех π – связей и образуется жёсткий материал – *эбонит*.

Вопросы для повторения:

1. Раскройте сущность понятия – диеновые углеводороды.
2. Объясните строение непредельных углеводородов на примере алкадиенов.
3. Объясните понятие о гомологии и общей формуле гомологического ряда на примере диеновых углеводородов.
4. Плотность алкадиена при нормальных условиях равна
5. 2,41 г/л. Выведите молекулярную формулу алкадиена.

Тема: Алкины

Вопросы:

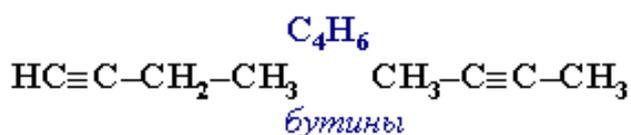
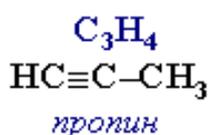
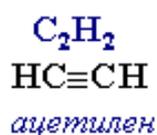
1. Понятие и изомерия алкинов
2. Химические свойства ацетилена
3. Применение ацетилена на основе свойств
4. Бензол

Вопрос 1. Понятие и изомерия алкинов

АЛКИНЫ Общая формула алкинов C_nH_{2n-2} .

Алкины (ацетиленовые углеводороды) – непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат одну тройную связь.

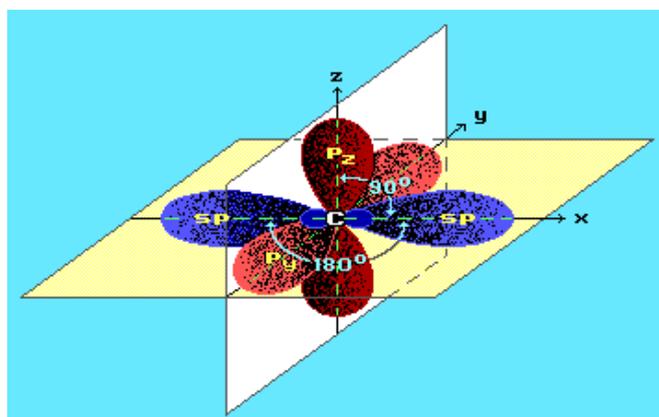
Простейшие представители:



Тройную связь $C\equiv C$ осуществляют 6 общих электронов: $C \begin{array}{c} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{array} C$.



В образовании такой связи участвуют атомы углерода в sp -гибризованном состоянии. Каждый из них имеет по две sp -гибридных орбитали, направленных друг к другу под углом 180° , и две негибридных p -орбитали, расположенных под углом 90° по отношению друг к другу и к sp -гибридным орбиталиям:

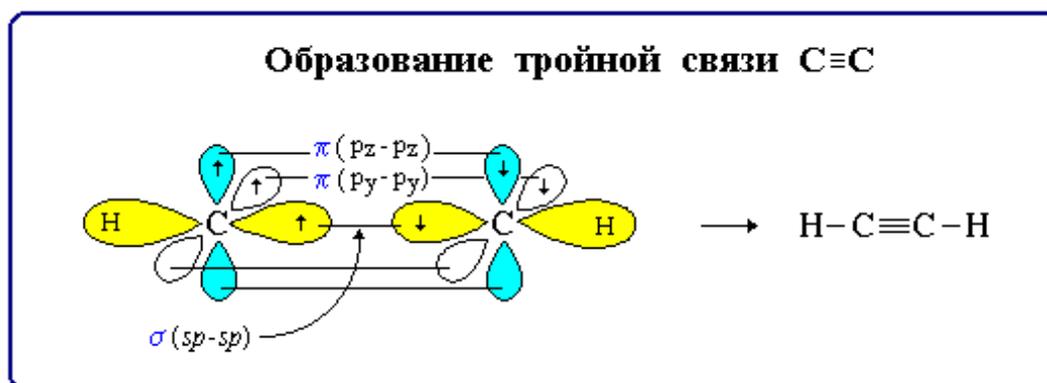


Строение тройной связи $C\equiv C$

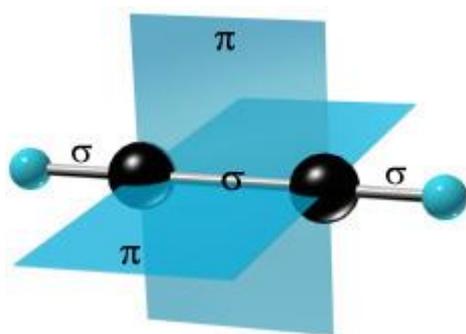
Тройная связь является комбинацией из одной σ -и двух π -связей, образуемых двумя sp -гибризованными атомами.

σ -связь возникает при осевом перекрывании sp -гибридных орбиталей соседних атомов углерода; одна из π -связей образуется при боковом перекрывании p_y -орбиталей, другая – при боковом перекрывании p_z -орбиталей. Образование связей на примере молекулы ацетилена $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ можно изобразить в виде схемы:

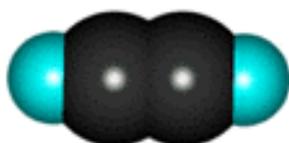
$\text{C}\equiv\text{C}$ σ -связь (перекрывание $2sp-2sp$),
 π -связь ($2p_y-2p_y$),
 π -связь ($2p_z-2p_z$),
 $\text{C}-\text{H}$ σ -связь (перекрывание $2sp$ -АО углерода и $1s$ -АО водорода).



π -связи располагаются во взаимно перпендикулярных плоскостях.



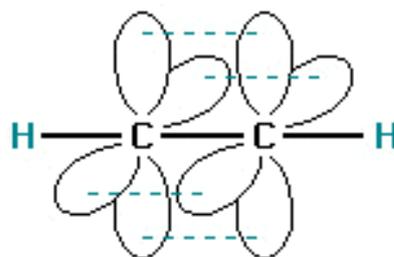
σ -связи, образуемые sp -гибридными орбиталями углерода, располагаются на одной прямой (под углом 180° друг к другу). Поэтому молекула ацетилена имеет линейное строение:



**Масштабная
модель**



**Шаростержневая
модель**



**Атомно-орбитальная
модель**

Номенклатура алкинов

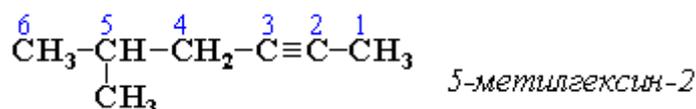
По систематической номенклатуре названия ацетиленовых углеводородов производят от названий соответствующих алканов (с тем же числом атомов углерода) путем замены суффикса **-ан** на **-ин**:

2 атома С → этан → *этин*;

3 атома С → пропан → *пропин* и т.д.

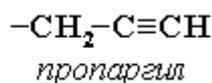
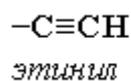
Главная цепь выбирается таким образом, чтобы она обязательно включала в себя тройную связь (т.е. она может быть не самой длинной).

Нумерацию углеродных атомов начинают с ближнего к тройной связи конца цепи. Цифра, обозначающая положение тройной связи, ставится обычно после суффикса **-ин**. Например:



Для простейших алкинов применяются также исторически сложившиеся названия: *ацетилен* (этин), *аллилен* (пропин), *кротонилен* (бутин-1), *валерилен* (пентин-1).

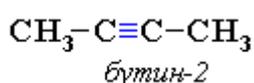
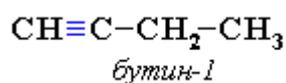
В номенклатуре различных классов органических соединений наиболее часто используются следующие одновалентные радикалы алкинов:



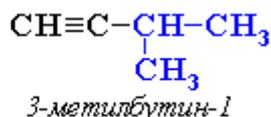
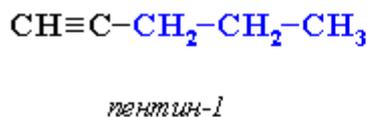
Изомерия алкинов

Структурная изомерия

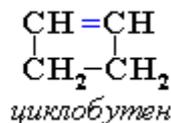
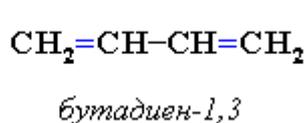
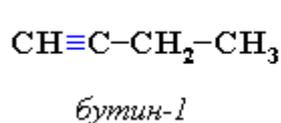
1. Изомерия положения тройной связи (начиная с C_4H_6):



2. Изомерия углеродного скелета (начиная с C_5H_8):



3. Межклассовая изомерия с алкадиенами и циклоалкенами, начиная с C_4H_6 :



Пространственная изомерия относительно тройной связи в алкинах не проявляется, т.к. заместители могут располагаться только одним способом - вдоль линии связи.

Вопрос 2. Химические свойства ацетилена

Ацетилен вступает в реакции присоединения, протекающие по нуклеофильному механизму, такие как:

— гидрирование $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}] \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$ (H_2SO_4 (18%), $t = 90^\circ\text{C}$);

— галогенирование $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}=\text{CHBr} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$;

— гидрогалогенирование $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}_2$.

— Кроме этого ацетилен способен образовывать соли при взаимодействии с активными металлами (1) и оксидом серебра (2):

$2\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}\equiv\text{C}-\text{Na} + \text{H}_2$ (1);

$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (2).

— Он способен тримеризоваться: $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$ ($t = 600^\circ\text{C}$, $\text{kat} = \text{C}_{\text{active}}$).

Вопрос 3. Применение ацетилена на основе свойств

Основные области применения ацетилена:

-Сварка и резка металлов.

-Использование в качестве источника яркого, белого света. В данном случае речь идет об ацетилене, получаемом путем взаимодействия карбида кальция и воды. При этом используются автономные светильники.

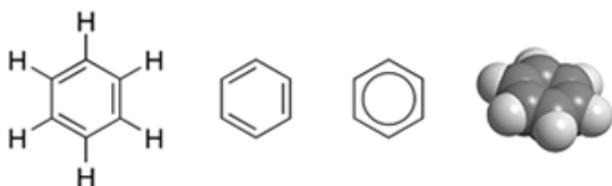
-Производство взрывчатых веществ.

-Получение других соединений и материалов, которыми являются уксусная кислота, этиловый спирт, растворители, пластические массы, каучук, ароматические углеводороды.

-Ацетилен является одним из тех газов, которые используются при ингаляционном наркозе. Но повсеместное его применение в этом качестве осталось в прошлом. Сейчас появились более современные и безопасные способы анестезии.

Вопрос 4. Бензол

Формула – C_6H_6 . Молекулярная масса – 78, 11.



Структурные и пространственная формулы бензола.

Все шесть атомов углерода в молекуле бензола находятся в sp^2 гибридном состоянии. Каждый атом углерода образует 3σ-связи с двумя другими атомами

углерода и одним атомом водорода, лежащие в одной плоскости. Шесть атомов углерода образуют правильный шестиугольник (σ -скелет молекулы бензола). Каждый атом углерода имеет одну негибризованную p -орбиталь, на которой находится один электрон. Шесть p -электронов образуют единое π -электронное облако (ароматическую систему), которое изображают кружочком внутри шестиугольного цикла. Углеводородный радикал, полученный от бензола, носит название C_6H_5 — фенил (Ph-).

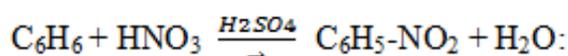
Химические свойства бензола

Для бензола характерны реакции замещения, протекающие по электрофильному механизму:

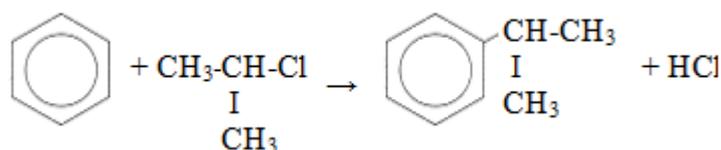
— галогенирование (бензол взаимодействует с хлором и бромом в присутствии катализаторов — безводных $AlCl_3$, $FeCl_3$, $AlBr_3$)



— нитрование (бензол легко реагирует с нитрующей смесью — смесь концентрированных азотной и серной кислот)



— алкилирование по Фридею-Крафтсу

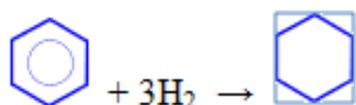


— алкилирование алкенами

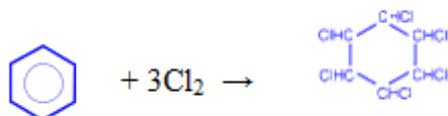


Реакции присоединения к бензолу приводят к разрушению ароматической системы и протекают только в жестких условиях:

— гидрирование (реакция протекает при нагревании, катализатор — Pt)

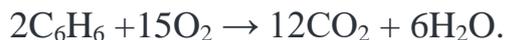


— присоединение хлора (протекает под действием УФ-излучения с образованием твердого продукта — гексахлорциклогексана (гексахлорана) — $C_6H_6Cl_6$)



Как и любое органическое соединение бензол вступает в реакцию горения с образованием в качестве продуктов реакции углекислого газа и воды (горит

коптящим пламенем):



Физические свойства бензола

Бензол – жидкость без цвета, но обладающая специфическим резким запахом. Образует с водой азеотропную смесь, хорошо смешивается с эфирами, бензином и различными органическими растворителями. Температура кипения – 80,1 С, плавления – 5,5 С. Токсичен, канцероген (т.е. способствует развитию онкологических заболеваний).

Получение и применение бензола

Основные способы получения бензола:

— дегидроциклизация гексана (катализаторы – Pt, Cr₃O₂)



— дегидрирование циклогексана (реакция протекает при нагревании, катализатор – Pt)



— тримеризация ацетилена (реакция протекает при нагревании до 600 С, катализатор – активированный уголь)



Бензол служит сырьем для производства гомологов (этилбензола, кумола), циклогексана, нитробензола, хлорбензола и др. веществ. Ранее бензол использовали в качестве присадки к бензину для повышения его октанового числа, однако, сейчас, в связи с его высокой токсичностью содержание бензола в топливе строго нормируется. Иногда бензол используют в качестве растворителя.

Вопросы для повторения:

1. Назовите общую формула алкинов.
2. Назовите гомологический ряд алкинов.
3. Напишите уравнения реакций: а) горения ацетилена в кислороде; б) гидратации ацетилена в присутствии катализатора; в) гидрирования пропина. Назовите продукты реакций.
4. Напишите структурные формулы четырёх изомеров, которые отвечают формуле C₄H₆. Назовите все вещества.
5. Технический карбид кальция массой 20 г обработали избытком воды, получив ацетилен, при пропускании которого через избыток бромной воды образовался 1,1,2,2-тетрабромэтан массой 86,5 г. Определите массовую долю CaC₂ в техническом карбиде. (Ответ: 80%.)

Тема: Природные источники углеводородов

Вопросы:

1. Природный газ: состав, применение в качестве топлива
2. Состав и переработка нефти
3. Нефтепродукты

Вопрос 1. Природный газ: состав, применение в качестве топлива

Природный газ — это полезное ископаемое. Газ, так же как нефть и уголь, образовался в земных недрах из органических веществ животного происхождения (то есть отложений давно живших организмов) под действием высоких давлений и температур. Живые организмы, погибшие и опустившиеся на морское дно, попадали в такие условия, где они не могли ни распасться в результате окисления (ведь на морском дне нет воздуха и кислорода), ни уничтожиться микробами (их там просто не было). Отложения этих организмов образовали илистые осадки. В результате геологических движений эти осадки проникли на большие глубины. Там под влиянием давления и высокой температуры в течение миллионов лет проходил процесс, при котором содержащийся в осадках углерод перешел в соединения, называемые углеводородами. Свое название они получили потому, что их молекулы состоят из углерода и водорода. Углеводороды с большими молекулами (высокомолекулярные) — это жидкие вещества, из них образовалась нефть. А низкомолекулярные углеводороды (у которых маленькие молекулы) — это газы. Они-то и образовали природный газ. Но только газ образовался под воздействием более высоких температур и давлений, чем нефть. Вот почему в месторождениях нефти всегда имеется и природный газ. Природный газ — это не однородная субстанция. Он состоит из смеси газов. Основную часть природного газа (98%) составляет газ метан. Кроме метана, в состав природного газа входят этан, пропан, бутан, а также немного неуглеводородных веществ - водорода, азота, углекислого газа, сероводорода. Природный газ находится в земле на глубине от 1 до нескольких километров. В земных недрах газ находится в микроскопических пустотах - порах. Поры соединены между собой микроскопическими каналами -- трещинами. По этим каналам газ поступает из пор с высоким давлением в поры с более низким давлением. На сегодняшний день природный газ является наиболее важным первичным источником энергии. Все газообразные, в большинстве своем неочищенные углеводородные соединения, которые добываются из недр земли и являются горючими, называются природным газом. Они не имеют запаха и содержат множество примесей. В топливно-энергетических ресурсах мира природный газ оценивается в 630 млрд. м³ тут, что составляет 4,9% от общей суммы топливных ресурсов, а возможное извлекаемое количество его определяется в 500 млрд. м³ тут, т. е. Около 80% от прогнозных ресурсов. Известно, что доля природного газа в общемировом энергетическом балансе с 1900 г. возростала медленными темпами и в мировом потреблении различных видов топлива в начале текущего столетия оценивалось в 0,9%.

Огромные залежи природного газа сосредоточены в осадочной оболочке земной коры. Согласно теории биогенного происхождения нефти они образуются в результате разложения останков живых организмов. Считается, что природный газ образуется при больших температурах и давлениях чем нефть. С этим согласуется тот факт, что месторождения газа часто расположены глубже, чем месторождения нефти. Вследствие своего состава природный газ горюч. Чистый газ горит голубым пламенем, поэтому его иногда называют «голубым топливом». Примеси же могут окрашивать пламя в различные цвета. Также пламя начинает желтеть при недостатке кислорода, что приводит к неполному сгоранию газа и образованию копоти и угарного газа. Смесь с воздухом в диапазоне концентраций от 4,4 до 17% взрывоопасна. Поэтому важно контролировать содержание газа в окружающей атмосфере, а также вовремя принимать соответствующие меры в случае его утечки. Природный газ бесцветен и не имеет запаха, за исключением случаев повышенного содержания в его составе сероводорода. В связи с этим, для облегчения обнаружения утечек газа, к нему в небольших концентрациях добавляют специальные одоранты – вещества с резким неприятным запахом. Природный газ — это лучший вид чистого и удобного топлива. На нем можно готовить, им можно отапливать дома. Природный газ имеет широкое применение в народном хозяйстве. Его отличают полнота сгорания без дыма и копоти; отсутствие золы после сгорания; легкость розжига и регулирование процесса горения. Природный газ является ценнейшим видом топлива. При сгорании газа выделяется много теплоты, поэтому он служит энергетически эффективным и дешевым топливом в котельных установках, доменных, мартеновских и стекловаренных печах. Использование на производстве природного газа дает возможность значительно повысить производительность труда. Недавно автолюбители столкнулись с неприятной особенностью бензина: дорожать по причинам, недоступным пониманию. Многие в такой ситуации начали искать альтернативу дорожающим нефтепродуктам и наиболее эффективная из всех – природный газ. У России огромный опыт в деле перевода на газ транспорта: еще в тридцатые годы прошлого столетия в стране появились первые грузовики с газобаллонным оборудованием (ГБО) "ЗИС-30" и "ГАЗ-44". "ЗИС-тридцатый" мог эксплуатироваться на метане и светильном газе. На сегодняшний день природный газ (метан) является наиболее экономичным, экологичным и безопасным моторным топливом. Компримированный (сжатый) природный газ (КПГ), например, намного легче воздуха и в случае утечки улетучивается. При этом среднее октановое число природного газа на 10 пунктов выше бензина марки "95", при лучших показателях сохранности двигателя. Метан демонстрирует отменные качества и в форсированном режиме, иначе газовый спортивный грузовик команды "КАМАЗ-мастер" просто никогда не занял бы второе место на ралли Africa Eco Race. "КАМАЗы" в газовом исполнении, кстати, уже можно купить и для бизнеса. Они примерно на 10% дороже дизельных, однако субсидии позволили этот фактор нивелировать. Например, стоимость модели "КАМАЗ-65116", работающего на метане, на 100 тысяч рублей дешевле аналогичного "дизеля". Природный газ является самым чистым среди углеводородных ископаемых топлив. В

идеале, при его сгорании образуется только вода и углекислый газ, в то время как сгорание нефтепродуктов сопровождается образованием копоти и золы. Конечно, сами по себе выбросы большого количества углекислого газа в атмосферу не безопасны. По мнению некоторых ученых, они могут привести к возникновению парникового эффекта, и как следствие, – к существенному потеплению климата. Однако стоит отметить, что и в этом отношении природный газ выигрывает - эмиссия CO₂ при его сжигании существенно ниже, чем у нефтяного топлива.

Вопрос 2. Состав и переработка нефти

Нефть - природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений.

Цель переработки нефти - производство нефтепродуктов, прежде всего различных видов топлива и сырья для последующей химической переработки.

Первичные процессы переработки не предполагают химических изменений нефти и представляют собой её физическое разделение на фракции. (процес называется дистилляция нефти) При первичном переработки нефти получается следующие фракции:

1- бензин (всего 20 %), 2- лигроин, 3 - керосин, 4 - газойл.

Вторичные процессы:

Целью вторичных процессов является увеличение количества производимых моторных топлив (то есть увеличивается количества бензина).

Вторичным перегонкам относятся следующие способы:

Углубляющие: каталитический крекинг, термический крекинг, замедленное коксование, гидрокрекинг. Облагораживающие: риформинг, гидроочистка, изомеризация и т.д.

Из переработки нефти получают мазут и бензин, разнообразные виды смазок, масла, растворители и охлаждающие жидкости. Строительные материалы в большом количестве, в частности битум, синтезируется из нефти. Современная, сегодняшняя промышленность автомобилей также полностью зависит от переработки нефти, а в частности от нефтепродуктов. И неудивительно, ведь пластмассовые детали, которые находятся внутри салона; колеса, которые изготовлены из резины; краска, которой покрыт кузов — это все нефтепродукты. И даже асфальтовое покрытие, по которому колесят автомобили - то же звено, из той же цепочки!

В наше время из переработки нефти получают вещества, которые нашли свое применение в медицине, промышленности, сельском хозяйстве... На самом деле невозможно найти область, где материалу этому не нашли бы применения.

Вопрос 3. Нефтепродукты

Нефтепродукты — это смеси углеводородов, а также индивидуальные хи-

мические соединения, получаемые путем переработки нефти и попутных нефтяных газов.

По сути, нефтепродукты – это любые вещества, полученные в результате переработки нефтяного сырья. Однако, на практике наиболее широко используются так называемые товарные нефтепродукты. Они, как правило, представляют собой смесь определенного состава из нескольких индивидуальных веществ с характерными для данного товарного продукта свойствами.

В течение некоторого периода после открытия нефти, ее не подвергали переработке, а использовали в сыром виде в качестве горючего или смазочного материала. Более тяжелую нефть, как правило, выходящую на поверхность, применяли в строительстве, например, для замазывания швов и т.п.

Позднее нефтедобытчики поняли, что нефть разумнее не сжигать в сыром виде, а перерабатывать и получать из нее более ценные вещества. Одним из таких продуктов стал керосин для осветительных ламп, который заменил распространенный в то время китовый жир. Для производства первых нефтепродуктов использовались простейшие нефтеперегонные кубы – предки современных ректификационных колонн.

Стоит отметить, что знаменитый русский ученый Д.И. Менделеев, вовремя осознав ценность нефти, посвятил значительную часть своих работ ее изучению. Именно ему принадлежит известная фраза: «Сжигать нефть - все равно, что топить печь ассигнациями».

Сегодня, принимая во внимание прогресс в сфере нефтепереработки, никто не возьмется опровергать это утверждение, и не будет оспаривать тот факт, что основная ценность нефти заключается именно в производимых из нее веществах – нефтепродуктах.

Сегодня ассортимент выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями продуктов насчитывает порядка 500 различных наименований. Это вещества различных агрегатных состояний, которые, могут представлять собой как индивидуальные соединения, так и смеси углеводородов определенного состава.

К индивидуальным веществам относятся такие соединения, как, например, бензол или толуол.

Ярким примером смесей углеводородов являются товарные бензины, представляющие собой компаундированную смесь получаемых в процессе нефтепереработки соединений, которая соответствует по ряду свойств требуемым нормативам. Название же товарных бензинов сохраняется от основного компонента данной смеси – бензиновой фракции.

Классификация нефтепродуктов

Продукты нефтепереработки классифицируются по целому ряду различных параметров. Очевидно, их можно разделить, например, по агрегатному состоянию на:

- газообразные
- жидкие
- твердые

Кроме этого, выделяют несколько классов по степени опасности веществ в

зависимости от температуры вспышки:

- I класс (t вспышки менее 28 С) – бензины
- II класс (t вспышки 28...61 С) – керосины, дизельное топливо ДА
- III класс (t вспышки 61...120 С) – дизельное топливо, мазут
- IV класс (t вспышки более 120 С) – масла, битумы, парафин

Однако самая распространенная классификация нефтепродуктов — это их разделение в зависимости от области применения:

Топливо

- Моторное топливо
- Бензины
- Дизельное топливо
- Реактивное топливо (авиационный керосин)
- Энергетическое топливо
- Газотурбинное топливо
- Котельное топливо
- Судовое топливо

Нефтяные масла

- Смазочные масла и пластичные смазки
- Не смазочные масла (трансформаторные, конденсаторные и пр.)

Углеродные и вяжущие материалы

- Нефтяной кокс
- Битум
- Гудрон
- Пек

Нефтехимическое сырье

- Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол и пр.)
- Сырье для пиролиза (смесь газов – предельных углеводородов)
- Твердые углеводороды (парафины, церезины)

Нефтепродукты специального назначения

- Термогазойль
- Осветительный керосин
- Растворители (ацетон, уайт-спирит)
- Топливные присадки

Основную долю получаемых из нефтяного сырья продуктов переработки составляют различные виды топлива. Так, на моторное топливо приходится порядка 60% от всего объема производства нефтепродуктов.

Следующая по значимости группа нефтепродуктов – нефтяные масла. Помимо прямого назначения горюче-смазочные нефтяные материалы, входящие в данную группу, могут использоваться в качестве антикоррозионных и теплоотводящих составов, например, для заливки трансформаторов.

Довольно обширный класс нефтепродуктов представляют углеродные и вяжущие материалы. Яркий представитель данной группы – битум, в огромном

количестве используемый в составе асфальта для дорожных покрытий и в строительстве.

Стоит отметить, что некоторые нефтепродукты выступают не как готовые к использованию вещества, а в качестве сырья для дальнейшего нефтехимического синтеза. В основном это получаемые в процессе нефтепереработки газы. Сюда также можно отнести некоторые ароматические соединения – бензол, толуол, парафин и пр.

Крекинг – это **способ переработки** нефти и ее фракций, который осуществляется при высоком температурном режиме с целью производства продуктов, имеющих пониженную молекулярную массу.

Типы крекинга

На сегодняшний момент существует два основных типа крекинга.

Каталитический крекинг. Он применяется для получения бензина, отличающегося своим высоким октановым числом. Преимущества такой переработки нефти заключаются в функциональной гибкости, возможности параллельного проведения нескольких процессов (алкилирования, гидроочистки, деасфальтизации), а также высокому уровню универсальности.

Основным сырьем в данном случае является вакуумный газойль. Его температура кипения находится в пределах от 350 до 500 градусов по Цельсию. Вместо него в качестве катализатора могут использоваться тяжелые нефтяные фракции или же микросферические цеолитсодержащие вещества. Их размер не превышает 60-80 микрометров.

Термический крекинг. С его помощью удастся получить различные нефтяные компоненты с низкой молекулярной массой. Скорость их производства напрямую зависит от трех главных факторов: температуры процесса, смены давления и продолжительность реакций.

*К последним прежде всего относится **конденсация и полимеризация**. Не менее важным в процессе получения того или иного конечного продукта является использование определенных реактивов.*

Кроме вышеперечисленных типов крекинга существуют еще и некоторые другие. Они в настоящее время являются менее популярным вследствие тех или иных причин.

Среди них специалисты выделяют прежде всего окислительный крекинг, который происходит с использованием кислорода. Таким образом можно получить ацетилен. Для этого следует пропустить метан сквозь электризованную среду.

Алгоритм крекингового процесса

Крекинг нефти – это **процесс, который осуществляется в несколько этапов**. Он включает в себя не только расщепление структурных элементов материала, но и их полимеризацию, конденсацию, синтез, изометризацию, циклизацию и т.д.

Как только была изобретена первая установка для крекинга, процесс переработки нефти осуществлялся в соответствии со **следующим алгоритмом**:

1. *Первоначально в котел заливается нефтепродукт, после чего начиналось его нагревание. Как только температура достигала 130 градусов по Цельсию,*

из сырья выходила вся вода, поднимаясь вверх по трубе и охлаждаясь. После этого жидкость накапливалась в специальном резервуаре, из которого уходила вниз. Параллельно с этим из сырья выходили другие его компоненты – газы и воздух.

2. Далее температура установки повышалась до 345 градусов по Цельсию. В таких условиях начинался процесс испарения облегченных углеводородов. После своего охлаждения эти вещества, в отличие от водяной пары, продолжали оставаться в газообразном виде. Они не покидали резервуара, постоянно циркулируя в трубопроводе. Со временем количество фракций углеводородов становилось все больше, вследствие чего увеличивалось давление в системе. В таких условиях начиналось превращение тяжелых компонентов сырья, **вследствие чего образовывался бензин.**

3. Получался полезный продукт переработки нефтепродуктов при температуре 255 градусов по Цельсию и давлению в 5 атмосфер. Он сливался с котла в заранее подготовленные емкости, где из него выходили газообразные компоненты. Как только этот процесс заканчивался, топливо переливалось в баки.

Особенности переработки

Большое количество испаряющихся легких фракций в котле приводило к тому, что существенно росла упругость и термическая стойкость сырья.

Чтобы этого не происходило, в установках для крекинга в определенный момент прерывался процесс до полного остывания продуктов и **чистки резервуаров.**

После этого заново запускалось оборудование, вследствие чего повторно начиналось образование топлива.

На сегодняшний день принцип крекинга нефти сохранился. При этом, в отличие от первоначальной переработки нефтепродуктов, некоторые процессы стали происходить по-новому в соответствии с последними достижениями в области инженерии.

Вопросы для повторения:

1. Назовите состав природного газа.
2. Где применяется природный газ.
3. Какие вещества входят в состав нефти.
4. Опишите способ переработки нефти.
5. Крекинг нефтепродуктов.
6. Какие продукты можно получить из нефти.

Тема: Спирты

Вопросы:

1. Понятие о предельных одноатомных спиртах
2. Получение этанола
3. Химические свойства этанола
4. Применение этанола на основе свойств
5. Многоатомные спирты

Вопрос 1. Понятие о предельных одноатомных спиртах

Спиртами называют соединения, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, непосредственно связанных с углеводородным радикалом.

Классификация спиртов

Спирты классифицируют по различным структурным признакам.

1. По числу гидроксильных групп спирты подразделяются на **одноатомные** (одна группа -ОН)

Например, $\text{CH}_3 - \text{OH}$ метанол, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ этанол

многоатомные (две и более групп -ОН).

Современное название многоатомных спиртов - **полиолы** (диолы, триолы и т.д). *Примеры:*

двухатомный спирт – этиленгликоль (этандиол)



трехатомный спирт – глицерин (пропантриол-1,2,3)



Двухатомные спирты с двумя ОН-группами при одном и том же атоме углерода $\text{R}-\text{CH}(\text{OH})_2$ неустойчивы и, отщепляя воду, сразу же превращаются в альдегиды $\text{R}-\text{CH}=\text{O}$. Спирты $\text{R}-\text{C}(\text{OH})_3$ не существуют.

2. В зависимости от того, с каким атомом углерода (первичным, вторичным или третичным) связана гидроксигруппа, различают спирты

первичные $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$,

вторичные $\text{R}_2\text{CH}-\text{OH}$,

третичные $\text{R}_3\text{C}-\text{OH}$.

Например:

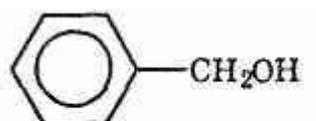
<i>ПЕРВИЧНЫЕ</i>	<i>ВТОРИЧНЫЕ</i>	<i>ТРЕТИЧНЫЕ</i>
$R - CH_2 - OH$	$R - \underset{\begin{array}{c} \\ R \end{array}}{CH} - OH$	$\begin{array}{c} R \\ \\ R - C - OH \\ \\ R \end{array}$
$CH_3 - OH$ <i>МЕТАНОЛ</i>	$CH_3 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}}{CH} - OH$ <i>ПРОПАНОЛ - 2</i>	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3 - C - OH \\ \\ C_2H_5 \end{array}$ <i>2-МЕТИЛБУТАНОЛ - 2</i>
$CH_3 - CH_2 - OH$ <i>ЭТАНОЛ</i>		

3. По строению радикалов, связанных с атомом кислорода, спирты подразделяются на

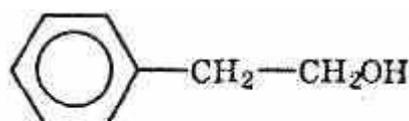
предельные (например, $CH_3 - CH_2 - OH$)

непредельные ($CH_2 = CH - CH_2 - OH$)

ароматические ($C_6H_5CH_2 - OH$)



фенилметанол
(бензиловый спирт)



2-фенилэтанол

Вопрос 2. Получение этанола

Существует 2 основных способа получения этанола — микробиологический (спиртовое брожение) и синтетический (гидратация этилена).

Брожение

Известный с давних времён способ получения этанола — спиртовое брожение органических продуктов, содержащих углеводы (виноград, плоды и т. п.) под действием ферментов дрожжей и бактерий. Аналогично выглядит переработка крахмала картофеля, риса, кукурузы. Источником получения топливного спирта является вырабатываемый из тростника сахар-сырец и проч. Реакция эта довольно сложна, её результат можно выразить уравнением:



Раствор, получаемый в результате брожения, содержит не более 15 % этанола, так как в более концентрированных растворах дрожжи нежизнеспособны. Полученный таким образом этанол нуждается в очистке и концентрировании, обычно путём дистилляции.

Для получения этанола этим способом наиболее часто используют различные штаммы дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, в качестве питательной среды предварительно обработанные древесные опилки и/или раствор, полученный из них.

Промышленное производство спирта из биологического сырья

Современная промышленная технология получения этилового спирта из пищевого сырья включает следующие стадии:

- Подготовка и измельчение крахмалистого сырья — зерна (прежде всего — ржи, пшеницы), картофеля, кукурузы, яблок и т. п.
- Ферментация. На этой стадии происходит ферментативное расщепление крахмала до сбраживаемых сахаров. Для этих целей применяются рекомбинантные препараты альфа-амилазы, полученные биоинженерным путём — глюкамилаза, амилосубтилин.
- Брожение. Благодаря сбраживанию дрожжами сахаров происходит накопление в браге спирта.
- Брагоректификация. Осуществляется на разгонных колоннах.

Отходами бродильного производства являются углекислый газ, барда, эфиروальдегидная фракция, сивушный спирт и сивушные масла.

Спирт, поступающий из брагоректификационной установки (БРУ), не является безводным, содержание этанола в нём до 95,6 %.

Гидролизное производство

В промышленных масштабах этиловый спирт получают из сырья, содержащего целлюлозу (древесина, солома), которую предварительно гидролизуют. Образовавшуюся при этом смесь пентоз и гексоз подвергают спиртовому брожению.

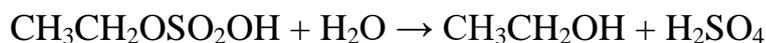
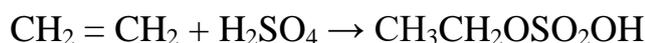
Гидратация этилена

В промышленности, наряду с первым способом, используют гидратацию этилена. Гидратацию можно вести по двум схемам:

- прямая гидратация при температуре 300 °С, давлении 7 МПа, в качестве катализатора применяют ортофосфорную кислоту, нанесённую на силикагель, активированный уголь или асбест:



- гидратация через стадию промежуточного эфира серной кислоты, с последующим его гидролизом (при температуре 80—90 °С и давлении 3,5 МПа):



Эта реакция осложняется параллельной реакцией образования диэтилового эфира.

Очистка этанола

Этанол, полученный путём гидратации этилена или брожением, представляет собой водно-спиртовую смесь, содержащую примеси. Для его промышленного, пищевого и фармакопейного применения необходима очистка. Фракционная перегонка позволяет получить этанол с концентрацией около 95,6 % (мас.); эта неразделимая перегонкой азеотропная смесь содержит 4,4 % воды (мас.) и имеет температуру кипения 78,15 °С.

Перегонка освобождает этанол как от легколетучих, так и от тяжёлых фракций органических веществ (кубовый остаток).

Абсолютный спирт

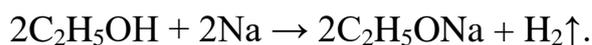
Абсолютный спирт — этиловый спирт, практически не содержащий воды. Он кипит при температуре 78,39 °С, в то время как спирт-ректификат, содержащий не менее 4,43 % воды, кипит при 78,15 °С. Получают перегонкой водного спирта, содержащего бензол, и другими способами, например, спирт обрабатывают веществами, реагирующими с водой или поглощающими воду, такими, как негашёная известь СаО или прокалённый медный купорос CuSO₄.

Вопрос 3. Химические свойства этанола

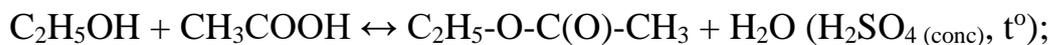
Химические реакции, характерные для этанола сопровождаются расщеплением связей:

1) О-Н

- взаимодействие с активными металлами



- взаимодействие с органическими и кислородсодержащими неорганическими кислотами

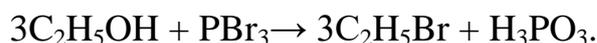


2) С-ОН;

- взаимодействие с галогеноводородами



- взаимодействие с тригалогенидами фосфора



- взаимодействие с аммиаком



3) О-Н и C_α-Н;

- Дегидрирование

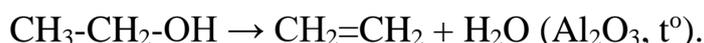


- Окисление



4) С-ОН и С_β-Н

- внутримолекулярная дегидратация



Вопрос 4. Применение этанола на основе свойств

-этанол (этиловый спирт) наряду с водой, является основным компонентом спиртных напитков (водка, вино, пиво и др.).

- получил широкое применение как растворитель (в лакокрасочной промышленности, в производстве товаров бытовой химии и многих других областях);

- этанол является компонентом антифризов и стеклоомывателей;

- в бытовой химии этанол применяется в чистящих и моющих средствах, в особенности для ухода за стеклом и сантехникой. Является растворителем для репеллентов.

-этиловый спирт в медицине можно отнести к антисептикам

- этанол обеззараживающее и подсушивающее средство, наружно;

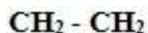
- является растворителем для лекарственных средств, для приготовления настоек, экстрактов из растительного сырья и др.;

-является универсальным растворителем различных веществ и основным компонентом духов, одеколонов, аэрозолей и т. п.

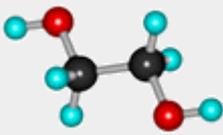
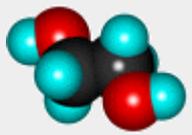
Вопрос 5. Многоатомные спирты

Многоатомные спирты – органические соединения, в молекулах которых содержится несколько гидроксильных групп (-ОН), соединённых с углеводородным радикалом

Гликоли (диолы)

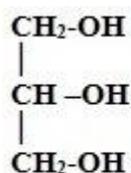


Этиленгликоль (1,2-этанediол)

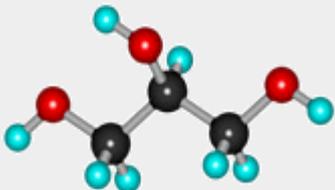
Этиленгликоль (этанediол)		
Формула	Модели молекулы	
	шаростержневая	полусферическая
$\text{HO-CH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$		

- Сиропобразная, вязкая бесцветная жидкость, имеет спиртовой запах, хорошо смешивается с водой, сильно понижает температуру замерзания воды (60%-ый раствор замерзает при $-49\text{ }^\circ\text{C}$) – это используется в системах охлаждения двигателей – антифризы.
- Этиленгликоль токсичен – сильный Яд! Угнетает ЦНС и поражает почки.

Триолы



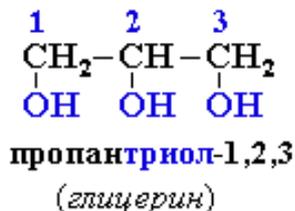
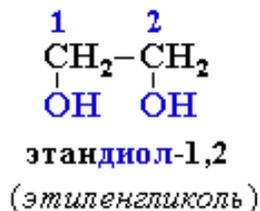
Глицерин (1,2,3 – пропантриол)

Глицерин (пропантриол-1,2,3)		
Формула	Модели молекулы	
	шаростержневая	полусферическая
$\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH}_2\text{OH}$		

- Бесцветная, вязкая сиропобразная жидкость, сладкая на вкус. Не ядовит. Без запаха. Хорошо смешивается с водой.
- Распространён в живой природе. Играет важную роль в обменных процессах, так как входит в состав жиров (липидов) животных и растительных тканей.

Номенклатура

В названиях многоатомных спиртов (*полиолов*) положение и число гидроксильных групп указывают соответствующими цифрами и суффиксами **-диол** (две OH-группы), **-триол** (три OH-группы) и т.д. Например:

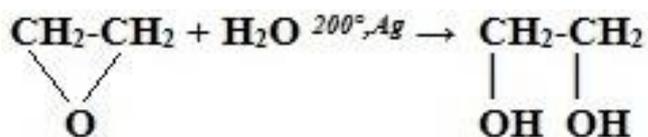


Получение многоатомных спиртов

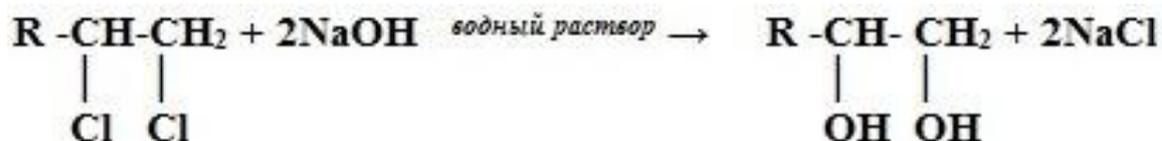
I. Получение двухатомных спиртов

В промышленности

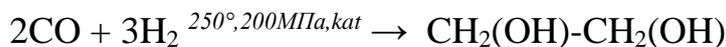
1. Каталитическая гидратация оксида этилена (получение этиленгликоля):



2. Взаимодействие дигалогенпроизводных алканов с водными растворами щелочей:

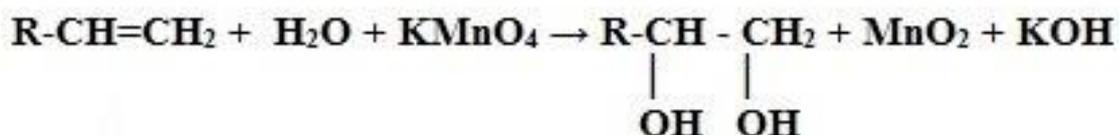


3. Из синтез-газа:



В лаборатории

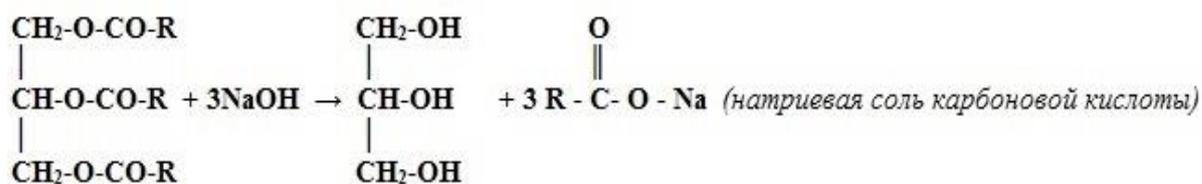
1. Окисление алкенов:



II. Получение трёхатомных спиртов (глицерина)

В промышленности

Омыление жиров (триглицеридов):



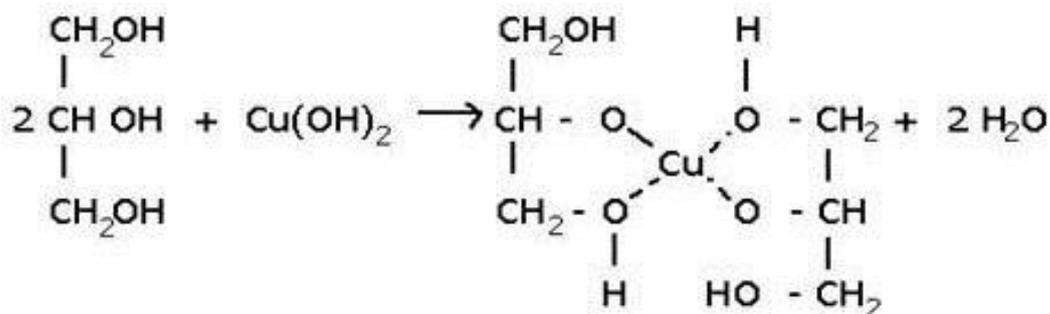
Химические свойства многоатомных спиртов

Кислотные свойства

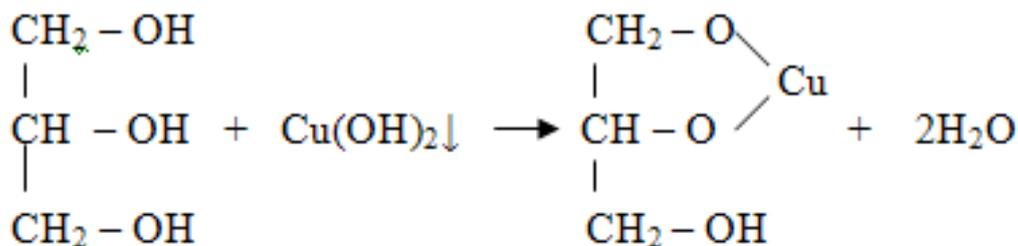
1. С активными металлами:



2. С гидроксидом меди(II) – качественная реакция!



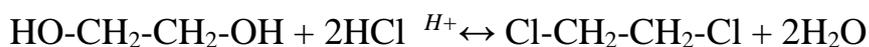
Упрощённая схема



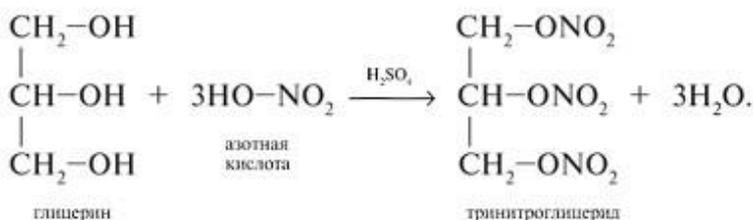
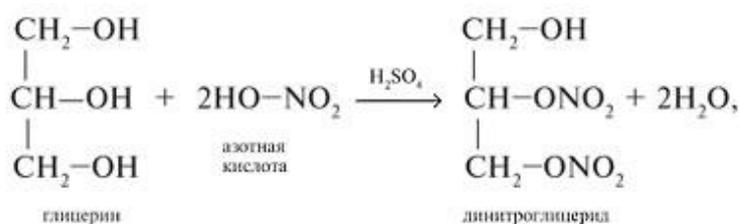
*тёмно-синий раствор
глицерат меди (II)*

Основные свойства

1. С галогенводородными кислотами



2. С азотной кислотой



Тринитроглицерин - основа динамита

Применение

- Этиленгликоль *производства лавсана, пластмасс*, и для приготовления *антифризов* — водных растворов, замерзающих значительно ниже 0°C (использование их для охлаждения двигателей позволяет автомобилям работать в зимнее время); сырьё в органическом синтезе.

- Глицерин широко используется в *кожевенной, текстильной промышленности при отделке кож и тканей* и в других областях народного хозяйства. *Сорбит* (шестиатомный спирт) используется как заменитель сахара для больных диабетом. Глицерин находит широкое применение *в косметике, пищевой промышленности, фармакологии*, производстве *взрывчатых веществ*. Чистый нитроглицерин взрывается даже при слабом ударе; он служит сырьем для получения *бездымных порохов и динамита* — взрывчатого вещества, которое в отличие от нитроглицерина можно безопасно бросать. Динамит был изобретен Нобелем, который основал известную всему миру Нобелевскую премию за выдающиеся научные достижения в области физики, химии, медицины и экономики. *Нитроглицерин токсичен, но в малых количествах служит лекарством*, так как расширяет сердечные сосуды и тем самым улучшает кровоснабжение сердечной мышцы.

Вопросы для повторения:

1. Назовите общую формулу одноатомных спиртов.
2. Назовите представителей одноатомных спиртов, их формулы.
3. Перечислите способы получения этанола.
4. Напишите уравнение реакции взаимодействия этанола с натрием.
5. Напишите уравнение реакции взаимодействия этанола образование простых и сложных эфиров.
6. Напишите уравнение реакции окисление этанола в альдегид.
7. Приведите примеры использования одноатомных спиртов.
8. Расскажите об отрицательном влиянии спиртов на организм.
9. Дайте понятие многоатомных спиртов. Приведите примеры.

Тема: Фенол

Вопросы:

1. Физические и химические свойства фенола
2. Понятие об альдегидах
3. Применение фенолов и альдегидов

Вопрос 1. Физические и химические свойства фенола

Физические свойства

• Большинство одноатомных фенолов при нормальных условиях представляют собой бесцветные кристаллические вещества с невысокой температурой плавления и характерным запахом. Фенолы малорастворимы в воде, хорошо растворяются в органических растворителях, токсичны, при хранении на воздухе постепенно темнеют в результате окисления.

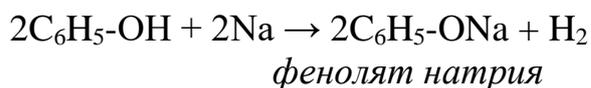
• **Фенол C_6H_5OH (карболовая кислота)** — бесцветное кристаллическое вещество на воздухе окисляется и становится розовым, при обычной температуре ограниченно растворим в воде, выше $66\text{ }^\circ\text{C}$ смешивается с водой в любых соотношениях. Фенол — токсичное вещество, вызывает ожоги кожи, является антисептиком

Химические свойства фенола (карболовой кислоты)

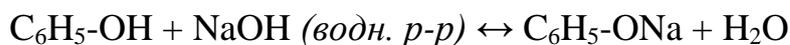
I. Свойства гидроксильной группы

Кислотные свойства — выражены ярче, чем у предельных спиртов (окраску индикаторов не меняют):

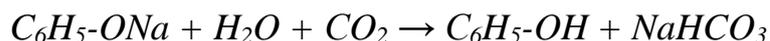
- **С активными металлами-**



- **Со щелочами –**



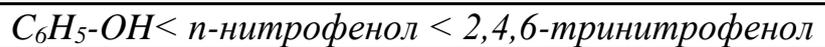
! Феноляты – соли слабой карболовой кислоты, разлагаются угольной кислотой –



По кислотным свойствам фенол превосходит этанол в 10^6 раз. При этом во столько же раз уступает уксусной кислоте. В отличие от карбоновых кислот, фенол не может вытеснить угольную кислоту из её солей

$C_6H_5-OH + NaHCO_3 =$ реакция не идёт – прекрасно растворяясь в водных растворах щелочей, он фактически не растворяется в водном растворе гидрокарбоната натрия.

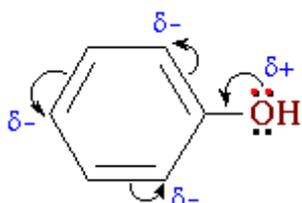
Кислотные свойства фенола усиливаются под влиянием связанных с бензольным кольцом электроноакцепторных групп (NO_2^- , Br^-)



2,4,6-тринитрофенол или пикриновая кислота сильнее угольной

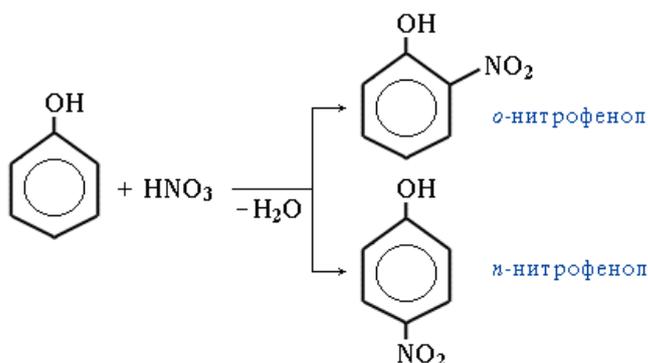
II. Свойства бензольного кольца

1). Взаимное влияние атомов в молекуле фенола проявляется не только в особенностях поведения гидроксигруппы (см. выше), но и в большей реакционной способности бензольного ядра. Гидроксильная группа повышает электронную плотность в бензольном кольце, особенно, в *орто*- и *пара*-положениях (+M-эффект OH-группы):

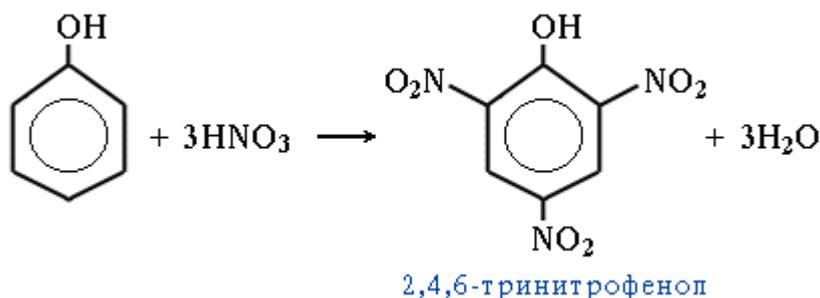


Поэтому фенол значительно активнее бензола вступает в реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце.

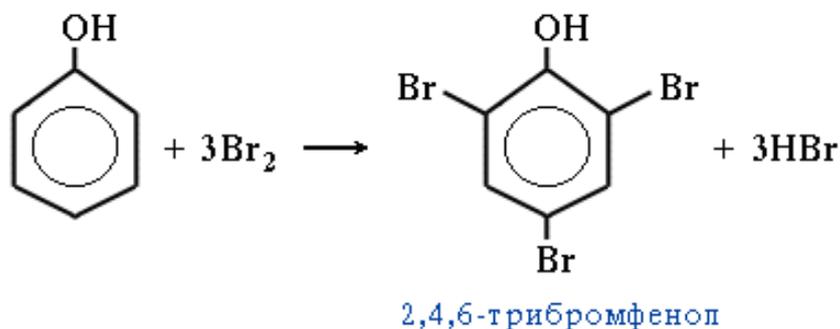
• **Нитрование.** Под действием 20% азотной кислоты HNO_3 фенол легко превращается в смесь *орто*- и *пара*-нитрофенолов:



При использовании концентрированной HNO_3 образуется 2,4,6-тринитрофенол (*пикриновая кислота*):

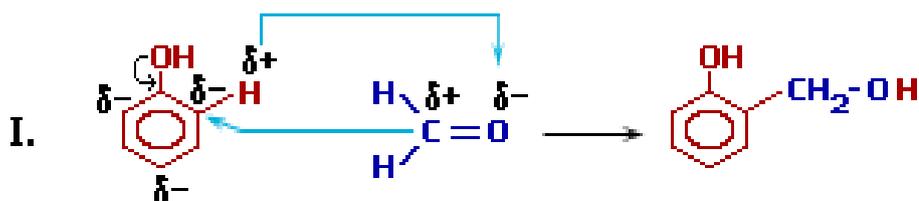


- **Галогенирование.** Фенол легко при комнатной температуре взаимодействует с бромной водой с образованием белого осадка 2,4,6-трибромфенола (качественная реакция на фенол):

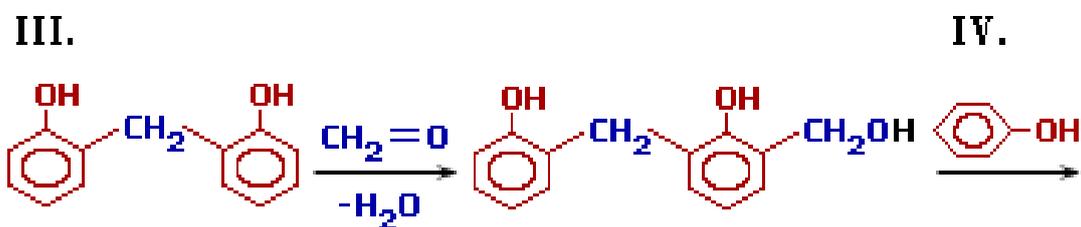
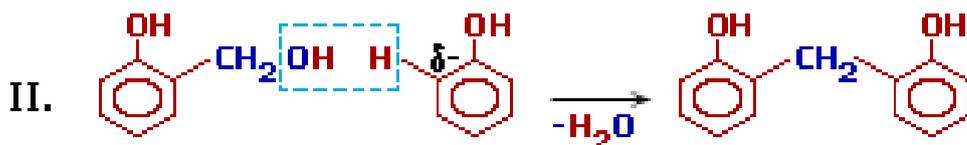


- **Конденсация с альдегидами.** Например:

Конденсация фенола с формальдегидом



Для фенола реакция I - электрофильное замещение (S_E), для формальдегида - нуклеофильное присоединение (A_N).



и так далее ...

Фенолформальдегидные смолы

2). Гидрирование фенола



III. Качественная реакция - обнаружение фенола



FeCl_3 - светло-жёлтый раствор

$[\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH})_3](\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3$ - фиолетовый раствор

Вопрос 2. Понятие об альдегидах

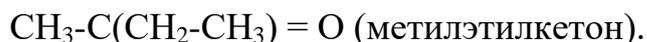
Альдегиды – органические вещества, относящиеся к классу карбонильных соединений, содержащих в своем составе функциональную группу -CH=O , которая называется карбонильной.

Общая формула предельных альдегидов и кетонов $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$. В названии альдегидов присутствует суффикс –аль.

Простейшие представители альдегидов – формальдегид (муравьиный альдегид) $\text{-CH}_2=\text{O}$, ацетальдегид (уксусный альдегид) $\text{-CH}_3\text{-CH}=\text{O}$. Существуют циклические альдегиды, например, циклогексан-карбальдегид; ароматические альдегиды имеют тривиальные названия – бензальдегид, ванилин.

Атом углерода в карбонильной группе находится в состоянии sp^2 -гибридизации и образует 3 σ -связи (две связи C-H и одну связь C-O). π -связь образована р-электронами атомов углерода и кислорода. Двойная связь $\text{C}=\text{O}$ является сочетанием σ - и π -связей. Электронная плотность смещена в сторону атома кислорода.

Для альдегидов характерна изомерия углеродного скелета, а также межклассовая изомерия с кетонами:

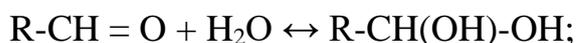


Химические свойства альдегидов

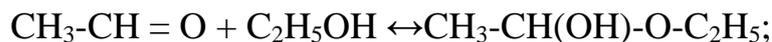
В молекулах альдегидов имеется несколько реакционных центров: электрофильный центр (карбонильный атом углерода), участвующий в реакциях нуклеофильного присоединения; основной центр – атом кислорода с неподеленными электронными парами; α - CH кислотный центр, отвечающий за реакции конденсации; связь C-H , разрывающаяся в реакциях окисления.

1. Реакции присоединения:

— воды с образованием гем-диолов



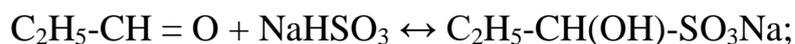
— спиртов с образованием полуацеталей



— тиолов с образованием дитиоацеталей (в кислой среде)



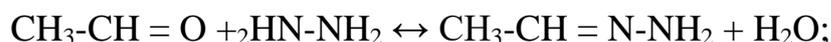
— гидросульфита натрия с образованием α -гидроксисульфонов натрия



— аминов с образованием N-замещенных иминов (основания Шиффа)



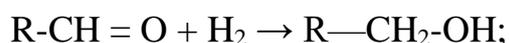
— гидразинов с образованием гидразонов



— циановодородной кислоты с образованием нитрилов

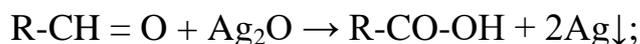


— восстановление. При взаимодействии альдегидов с водородом получают первичные спирты:



2. Окисление

— реакция «серебряного зеркала» — окисление альдегидов аммиачным раствором оксида серебра



— окисление альдегидов гидроксидом меди (II), в результате которого выпадает осадок оксида меди (I) красного цвета



Эти реакции являются качественными реакциями на альдегиды.

Физические свойства альдегидов

Первый представитель гомологического ряда альдегидов — формальдегид

(муравьиный альдегид) – газообразное вещество (н.у.), альдегиды неразветвленного строения и состава C_2-C_{12} – жидкости, C_{13} и длиннее – твердые вещества. Чем больше атомов углерода входит в состав неразветвленного альдегида, тем выше его температура кипения. С увеличением молекулярной массы альдегидов увеличиваются значения величин их вязкости, плотности и показателя преломления. Формальдегид и ацетальдегид способны смешиваться с водой в неограниченных количествах, однако, с ростом углеводородной цепи эта способность альдегидов снижается. Низшие альдегиды обладают резким запахом.

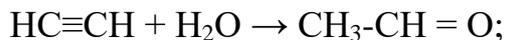
Получение альдегидов

Основные способы получения альдегидов:

— гидроформилирование алкенов. Эта реакция заключается в присоединении CO и водорода к алкену в присутствии карбониллов некоторых металлов VIII группы, например, октакарбонилдикообальта ($Co_2(CO)_8$) Реакция проводится при нагревании до 130 С и давлении 300 атм



— гидратация алкинов. Взаимодействие алкинов с водой происходит в присутствии солей ртути (II) и в кислой среде:



— окисление первичных спиртов (реакция протекает при нагревании)



Вопрос 3. Применение фенолов и альдегидов

Применение фенолов

1. Производство синтетических смол, пластмасс, полиамидов
2. Лекарственных препаратов
3. Красителей
4. Поверхностно-активных веществ
5. Антиоксидантов
6. Антисептиков
7. Взрывчатых веществ

Применение альдегидов

1. получают различные смолы (фенолформальдегидные и т.д.),
2. лекарственные препараты (уротропин);

3. ацетальдегид — сырье для синтеза уксусной кислоты, этанола, различных производных пиридина и т.д.

4. Многие альдегиды (масляный, коричный и др.) используют в качестве ингредиентов в парфюмерии.

Вопросы для повторения:

1. Напишите формулу фенола.
2. Как изменяются физические свойства фенолов.
3. В чем проявляется взаимное влияние атомов в молекуле фенола.
4. Приведите примеры применения фенола на основе его свойств.
5. Какие вещества относятся к альдегидам.
6. Напишите функциональную группу альдегидов.
7. Напишите уравнения реакций химических свойств формальдегида.
8. Напишите уравнение реакции получения альдегидов окислением соответствующих спиртов.
9. Приведите примеры применения формальдегида на основе его свойств.

Тема: Карбоновые кислоты

Вопросы:

1. Понятие о карбоновых кислотах
2. Получение карбоновых кислот
3. Химические свойства уксусной кислоты
4. Применение уксусной кислоты на основе свойств
5. Высшие жирные кислоты

Вопрос 1. Понятие о карбоновых кислотах

Карбоновые кислоты - органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп.

Карбоксильная группа $\begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{H} \end{matrix}$ (сокращенно —COOH) - функциональная группа карбоновых кислот - состоит из карбонильной группы и связанной с ней гидроксильной группы.

По числу карбоксильных групп карбоновые кислоты делятся на одноосновные, двухосновные и т.д.

Общая формула одноосновных карбоновых кислот R—COOH. Пример двухосновной кислоты - щавелевая кислота HOOC—COOH.

По типу радикала карбоновые кислоты делятся на предельные (например, уксусная кислота CH₃COOH), непредельные [например, акриловая кислота CH₂=CH—COOH, олеиновая CH₃—(CH₂)₇—CH=CH—(CH₂)₇—COOH] и ароматические (например, бензойная C₆H₅—COOH).

Изомеры и гомологи

Г	НСООН метановая (муравьиная)				
О	СН ₃ СООН Этановая (уксусная)		НСООСН ₃ метиловый эфир муравьиной кислоты		
Л	СН ₃ СН ₂ СООН пропановая (пропионовая)		НСООСН ₂ СН ₃ этиловый эфир муравьиной кислоты	СН ₃ СООСН ₃ метиловый эфир уксусной кислоты	
Г	СН ₃ (СН ₂) ₂ СООН бутановая (масляная)	СН ₃ СН(СН ₃)СООН 2-метилпропановая	НСООСН ₂ СН ₂ СН ₃ пропиловый эфир муравьиной кислоты	СН ₃ СООСН ₂ СН ₃ этиловый эфир уксусной кислоты	СН ₃ СН ₂ СООСН ₃ метиловый эфир пропионовой кислоты

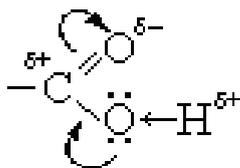
и з о м е р ы

Одноосновные предельные карбоновые кислоты R—COOH являются изомерами сложных эфиров $R'-C(=O)-OR''$ (сокращенно R'—COOR'') с тем же числом атомов углерода. Общая формула и тех, и других $C_nH_{2n}O_2$.

Алгоритм составления названий карбоновых кислот

1. Найдите главную углеродную цепь — это самая длинная цепь атомов углерода, включающая атом углерода карбоксильной группы.
2. Пронумеруйте атомы углерода в главной цепи, начиная с атома углерода карбоксильной группы.
3. Назовите соединение по алгоритму для углеводородов.
4. В конце названия допишите суффикс "-ов", окончание "-ая" и слово "кислота".

В молекулах карбоновых кислот *p*-электроны атомов кислорода гидроксильной группы взаимодействуют с электронами π -связи карбонильной группы, в результате чего возрастает полярность связи O—H, упрочняется π -связь в карбонильной группе, уменьшается частичный заряд (δ^+) на атоме углерода и увеличивается частичный заряд (δ^+) на атоме водорода.



Последнее способствует образованию прочных водородных связей между молекулами карбоновых кислот.

Физические свойства предельных одноосновных карбоновых кислот в значительной степени обусловлены наличием между молекулами прочных водородных связей (более прочных, чем между молекулами спиртов). Поэтому температуры кипения и растворимость в воде у кислот больше, чем у соответствующих спиртов.

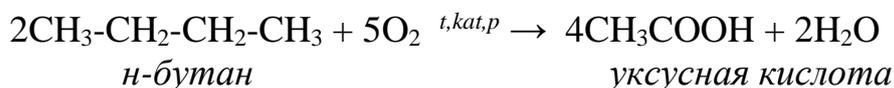
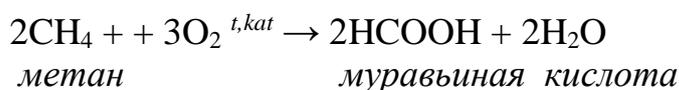
Вопрос 2. Получение карбоновых кислот

I. В промышленности

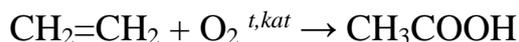
1. Выделяют из природных продуктов

(жиров, восков, эфирных и растительных масел)

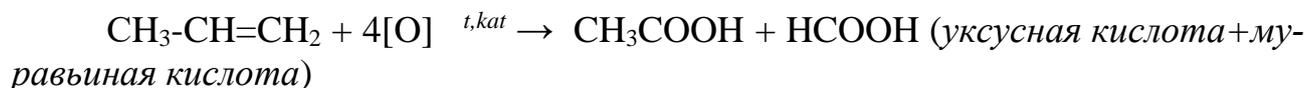
2. Окисление алканов:



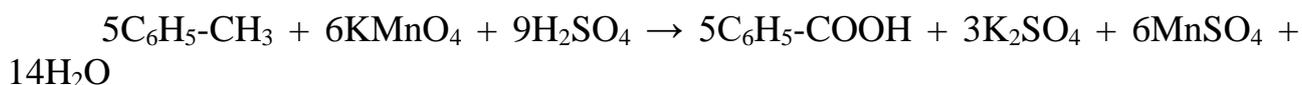
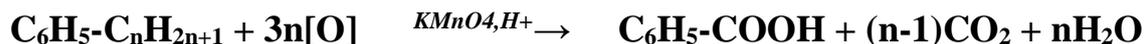
3. Окисление алкенов:



этилен



5. Окисление гомологов бензола (получение бензойной кислоты)



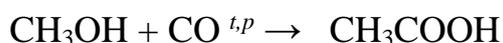
толуол

бензойная кислота

6. Получение муравьиной кислоты:



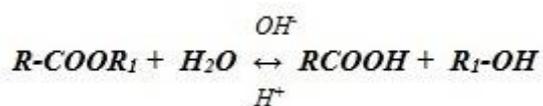
7. Получение уксусной кислоты:



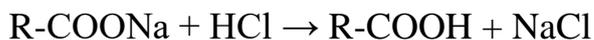
Метанол

II. В лаборатории

1. Гидролиз сложных эфиров:



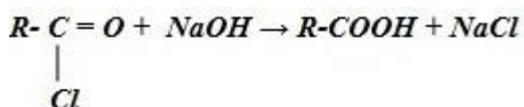
2. Из солей карбоновых кислот:



3. Растворением ангидридов карбоновых кислот в воде:



4. Щелочной гидролиз галоген производных карбоновых кислот:



III. Общие способы получения карбоновых кислот

1. Окисление альдегидов:

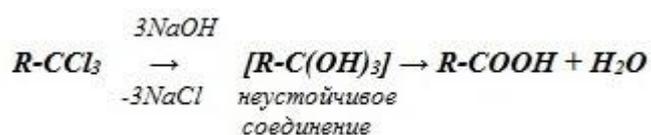


Например, реакция «Серебряного зеркала» или окисление гидроксидом меди (II) – качественные реакции альдегидов

2. Окисление спиртов:



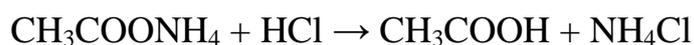
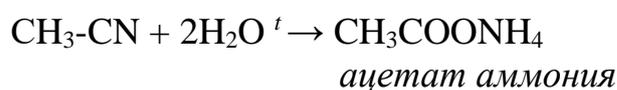
3. Гидролиз галогензамещённых углеводородов, содержащих три атома галогена у одного атома углерода.



4. Из цианидов (нитрилов) – способ позволяет наращивать углеродную цепь:



CH₃-CN - метилцианид (нитрил уксусной кислоты)



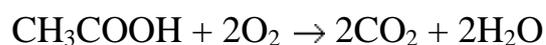
5. Использование реактива Гриньяра



Вопрос 3. Химические свойства уксусной кислоты

Упрочнение π-связи в карбонильной группе приводит к тому, что реакции присоединения для карбоновых кислот нехарактерны.

Горение:



Кислотные свойства

Из-за высокой полярности связи О-Н карбоновые кислоты в водном растворе заметно диссоциируют (точнее, обратимо с ней реагируют):



Все карбоновые кислоты - слабые электролиты. С увеличением числа атомов углерода сила кислот убывает (из-за снижения полярности связи O-H); напротив, введение атомов галогена в углеводородный радикал приводит к возрастанию силы кислоты. Так, в ряду

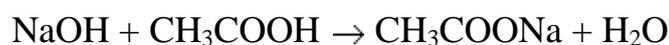
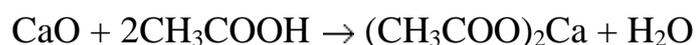
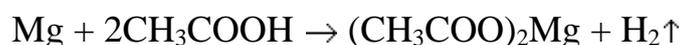


сила кислот снижается, а в ряду

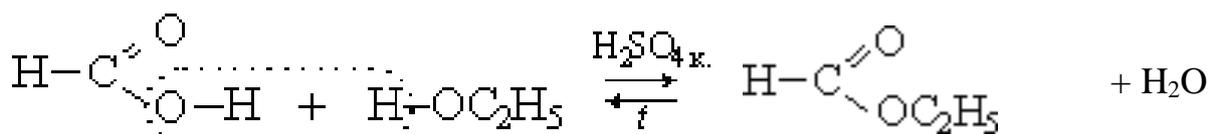


возрастает.

Карбоновые кислоты проявляют все свойства, присущие слабым кислотам:



Этерификация (реакция карбоновых кислот со спиртами, приводящая к образованию сложного эфира):



муравьиная кислота этанол

этиловый эфир
муравьиной кислоты

В реакцию этерификации могут вступать и многоатомные спирты, например, глицерин. Сложные эфиры, образованные глицерином и высшими карбоновыми кислотами (жирными кислотами) — это жиры.



глицерин

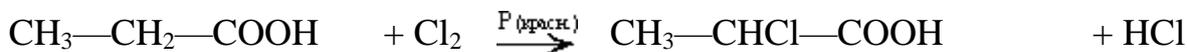
карбоновые кислоты

триглицерид

Жиры представляют собой смеси триглицеридов. Предельные жирные

кислоты (пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$, стеариновая $C_{17}H_{35}COOH$) образуют твердые жиры животного происхождения, а непредельные (олеиновая $C_{17}H_{33}COOH$, линолевая $C_{17}H_{31}COOH$ и др.) - жидкие жиры (масла) растительного происхождения.

Замещение в углеводородном радикале:

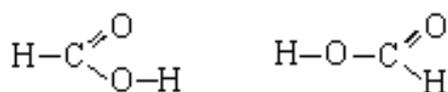


пропионовая кислота

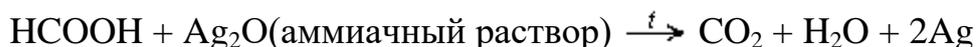
α -хлорпропионовая кислота

Замещение протекает в α -положение.

Особенность муравьиной кислоты $HCOOH$ состоит в том, что это вещество - двуфункциональное соединение, оно одновременно является и карбоновой кислотой, и альдегидом:



Поэтому муравьиная кислота кроме всего прочего реагирует и с аммиачным раствором оксида серебра (реакция серебряного зеркала; качественная реакция):



Получение карбоновых кислот

1. Окисление альдегидов.
2. В промышленности: $2RCHO + O_2 \xrightarrow{t, K} 2RCOOH$
3. Лабораторные окислители: Ag_2O , $Cu(OH)_2$, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ и др.
4. Окисление спиртов: $RCH_2OH + O_2 \xrightarrow{t, Cu} RCOOH + H_2O$
5. Окисление углеводов: $2C_4H_{10} + 5O_2 \xrightarrow{P, t, K} 4CH_3COOH + 2H_2O$
6. Из солей (лабораторный способ): $CH_3COONa_{кр.} + H_2SO_{4 \text{ конц.}} \xrightarrow{t} CH_3COOH \uparrow + NaHSO_4$

Вопрос 4. Применение уксусной кислоты на основе свойств

- в пищевой и химической промышленности (производство ацетилцеллюлозы, из которой получают ацетатное волокно, органическое стекло, киноплёнку, для синтеза красителей, медикаментов и сложных эфиров)

- в домашних условиях как вкусовое и консервирующее вещество

Вопрос 5. Высшие жирные кислоты

Омыляемые липиды представляют собой сложные эфиры одно- и многоатомных спиртов (глицерина, сфингозина и др.) и высших жирных кислот.

Высшими жирными кислотами ВЖК называются алифатические карбоновые кислоты, которые выделены из липидов. Они содержат от 4 до 24 атомов углерода. Все ВЖК в организме человека содержат четное число атомов углерода, чаще всего 16, 18 или 20. В настоящее время из живых организмов выделено

свыше 70 таких кислот. По строению неразветвленного углеродного радикала («неполярный хвост») ВЖК делятся на:

1. **Насыщенные** – не содержат двойных связей. К ним относятся:

- пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$,
- стеариновая $C_{18}H_{35}COOH$.

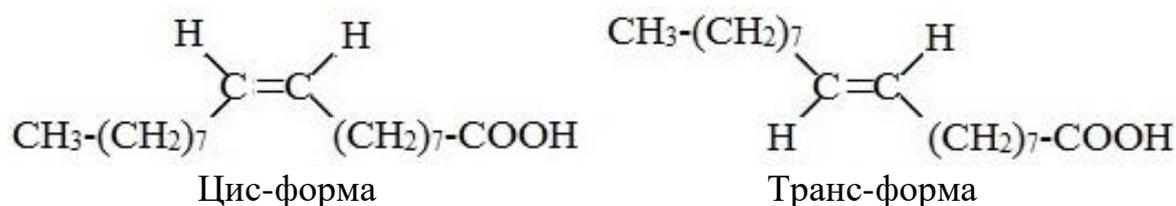
Эти кислоты могут синтезироваться в организме.

2. **Ненасыщенные** – содержат одну или несколько двойных связей. К ним относятся:

- олеиновая $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ или $C_{17}H_{33}COOH$
- линолевая $CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ или $C_{17}H_{31}COOH$
- линоленовая $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ или $C_{17}H_{29}COOH$
- арахидоновая $CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_3-COOH$ или $C_{19}H_{31}COOH$

Все ненасыщенные ВЖК являются незаменимыми, т.к. не синтезируются в организме и должны поступать с пищей, в основном в составе растительных масел.

Все природные ненасыщенные жирные кислоты имеют цис-конформацию. При получении маргарина из растительных масел под воздействием токов высокой частоты может происходить превращение части цис-изомеров в транс-изомеры (ТИЖКи). При попадании в организм ТИЖКи встраиваются в мембраны клеток, изменяют конформацию мембранно-связанных белков-рецепторов для гормонов и конформацию мембранно-связанных ферментов. Такое изменение приводит к нарушению обменных процессов сначала в клетке, а затем во всем организме, что неизменно приводит к развитию патологических процессов.



Олеиновая кислота

(жидкая, темп. плавл. +14) (твердая, темп. плавл. +52)

Свойства ВЖК:

1. ВЖК малорастворимые или не растворимые в воде, т.к. имеют «неполярный хвост» - радикал и большую массу. Причем, чем больше масса, тем хуже растворимость в воде и лучше растворимость в неполярных растворителях (спирте, бензоле). Чем больше двойных связей в кислоте, тем лучше она растворяется в неполярных растворителях.

2. С увеличением числа двойных связей снижается температура плавления ВЖК, поэтому все насыщенные ВЖК при комнатной температуре – твердые, а ненасыщенные – жидкие. Животные жиры содержат насыщенные жирные кислоты, поэтому они твердые (исключение – рыбий жир), а растительные масла содержат в основном ненасыщенные ВЖК, поэтому они жидкие (исключение – кокосовое масло).

3. ВЖК обладают всеми свойствами карбоновых кислот, т.к. содержат в своем составе карбоксильную группу COOH .

Биологическое значение ВЖК:

1. Входят в состав простых и сложных липидов.

2. Полиеновые кислоты, и в первую очередь арахидоновая кислота, - исходное вещество для образования гормоноподобных веществ: простагландинов, простациклинов, тромбоксанов, лейкотриенов.

3. Жирные кислоты являются одним из основных источников энергии в организме, особенно в скелетных мышцах при длительной физической работе, в сердечной мышце. При окислении 1 молекулы пальмитиновой кислоты образуется 130 молекул АТФ. Нервная ткань не использует жирные кислоты как источник энергии.

4. Эссенциальные жирные кислоты необходимы для нормального роста, развития и функционирования организма, поэтому их объединили в группу витаминов F.

Вопросы для повторения:

1. Назовите общую формулу карбоновых кислот.

2. Напишите функциональную группу карбоновых кислот.

3. Назовите гомологический ряд предельных одноосновных карбоновых кислот.

4. Напишите структурную формулу 2,3 диметил пентановой кислоты, 2 метил-3, 3 диэтил нонановая кислота.

5. Напишите уравнения реакций, характеризующие химические свойства карбоновых кислот.

6. Назовите области применения карбоновых кислот.

7. Напишите формулы пальмитиновой и стеариновой кислот.

Тема: Сложные эфиры и жиры

Вопросы:

1. Сложные эфиры
2. Жиры

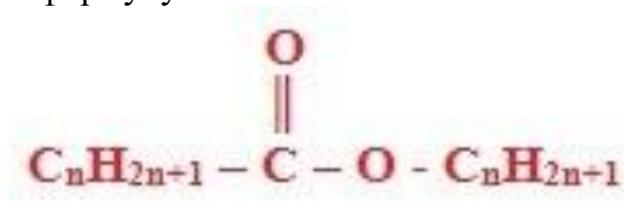
Вопрос 1. Сложные эфиры

Сложные эфиры – функциональные производные карбоновых кислот, в молекулах которых гидроксильная группа (-ОН) замещена на остаток спирта (-OR)

Сложные эфиры карбоновых кислот – соединения с общей формулой

$R-COOR'$, где R и R' – углеводородные радикалы.

Сложные эфиры предельных одноосновных карбоновых кислот имеют общую формулу:



Физические свойства:

Летучие, бесцветные жидкости

Плохо растворимы в воде

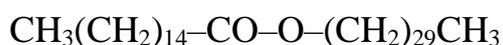
Чаще с приятным запахом

Легче воды

Сложные эфиры содержатся в цветах, фруктах, ягодах. Они определяют их специфический запах

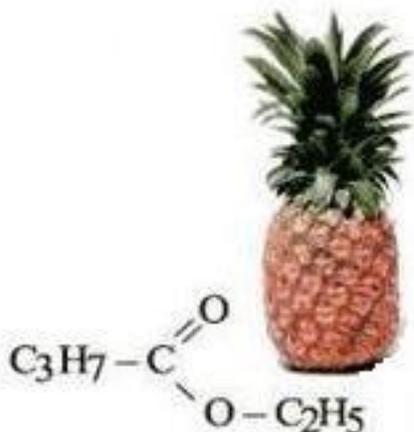
Являются составной частью эфирных масел (известно около 3000 эф.м. – апельсиновое, лавандовое, розовое и т. д.)

Эфиры низших карбоновых кислот и низших одноатомных спиртов имеют приятный запах цветов, ягод и фруктов. Эфиры высших одноосновных кислот и высших одноатомных спиртов – основа природных восков. *Например, пчелиный воск содержит сложный эфир пальмитиновой кислоты и мирицилового спирта (мирицилпальмитат):*



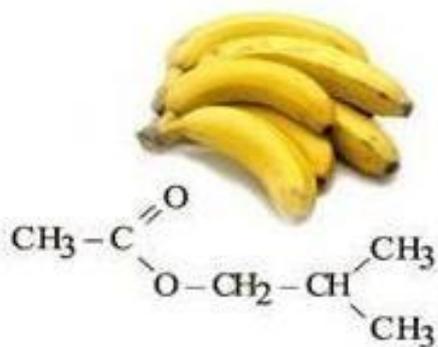
<p align="center"><i>Аромат.</i> <i>Структурная формула.</i></p>	<p align="center"><i>Название сложного эфира</i></p>
<p>Яблоко</p>  $\begin{array}{ccccccc} & & & \text{O} & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{C} & - & \text{O} & - & \text{C}_2\text{H}_5 \\ & & & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$	<p>Этиловый эфир 2-метилбутановой кислоты</p>
<p>Вишня</p>  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \text{C}_5\text{H}_{11} \end{array}$	<p>Амиловый эфир муравьиной кислоты</p>
<p>Груша</p>  $\begin{array}{ccccccc} & & \text{O} & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{C} & & & & \\ & & \diagdown & & & & \\ & & \text{O} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & & \\ & & & & & & / & & \backslash & & \\ & & & & & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \end{array}$	<p>Изоамиловый эфир уксусной кислоты</p>

Ананас



Этиловый эфир масляной кислоты
(этилбутират)

Банан



Изобутиловый эфир уксусной кислоты
(у *изоамилацетата* так же напоминает
запах банана)

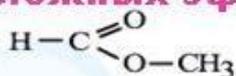
Жасмин



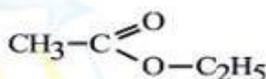
Бензиловый эфир уксусной (бензилацетат)

*Краткие названия сложных эфиров строятся по названию радикала (R') в остатке спирта и названию группы RCOO в остатке кислоты. Например, этиловый эфир уксусной кислоты $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ называется **этилацетат**.*

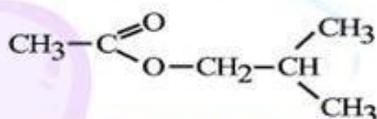
Номенклатура сложных эфиров



метилловый эфир
муравьиной кислоты
(МЕТИЛФОРМИАТ)



этиловый эфир
уксусной кислоты
(ЭТИЛАЦЕТАТ)



изобутиловый эфир
уксусной кислоты
(ИЗОБУТИЛАЦЕТАТ)

Применение

В качестве отдушек и усилителей запаха в пищевой и парфюмерной (изготовление мыла, духов, кремов) промышленности;

В производстве пластмасс, резины в качестве пластификаторов.

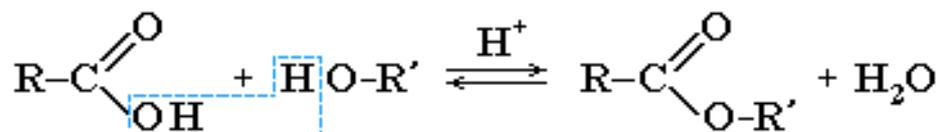
Пластификаторы – вещества, которые вводят в состав полимерных материалов для придания (или повышения) эластичности и (или) пластичности при переработке и эксплуатации.

Применение в медицине

В конце XIX — начале XX века, когда органический синтез делал свои первые шаги, было синтезировано и испытано фармакологами множество сложных эфиров. Они стали основой таких лекарственных средств, как салол, валидол и др. Как местнораздражающее и обезболивающее средство широко использовался метилсалицилат, в настоящее время практически вытесненный более эффективными средствами.

Получение сложных эфиров

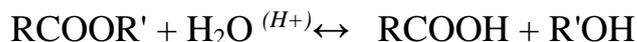
Сложные эфиры могут быть получены при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами (*реакция этерификации*). Катализаторами являются минеральные кислоты.



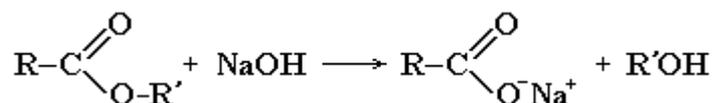
Видео [«Получение уксусноэтилового эфира»](#)

Видео [«Получение борноэтилового эфира»](#)

Реакция этерификации в условиях кислотного катализа обратима. Обратный процесс – расщепление сложного эфира при действии воды с образованием карбоновой кислоты и спирта – называют *гидролизом сложного эфира*.



Гидролиз в присутствии щелочи протекает необратимо (т.к. образующийся отрицательно заряженный карбоксилат-анион RCOO^- не вступает в реакцию с нуклеофильным реагентом – спиртом).

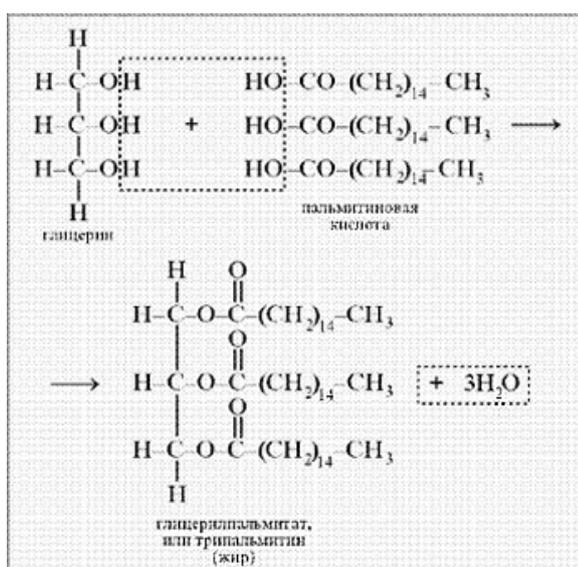


Эта реакция называется *омылением сложных эфиров* (по аналогии со щелочным гидролизом сложноэфирных связей в жирах при получении мыла).

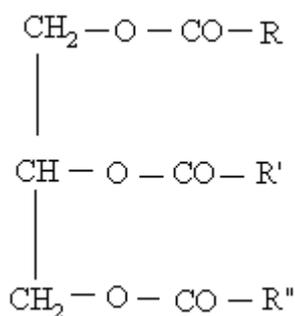
Вопрос 2. Жиры

Жиры широко распространены в природе. Наряду с углеводами и белками они входят в состав всех животных и растительных организмов и составляют одну из основных частей нашей пищи. Источниками жиров являются живые организмы. Среди животных это коровы, свиньи, овцы, куры, тюлени, киты, гуси, рыбы (акулы, тресковые, сельди). Из печени трески и акулы получают рыбий жир – лекарственное средство, из сельди – жиры, используемые для подкормки сельскохозяйственных животных. Растительные жиры чаще всего бывают жидкими, их называют маслами. Применяются жиры таких растений, как хлопок, лен, соя, арахис, кунжут, рапс, подсолнечник, горчица, кукуруза, мак, конопля, кокос, облепиха, шиповник, масличная пальма и многих других.

Синтез жиров:



Общая формула жиров (триглицеридов)



Жиры – сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот. **Общее название таких соединений – триглицериды.**

Природные жиры содержат следующие жирные кислоты

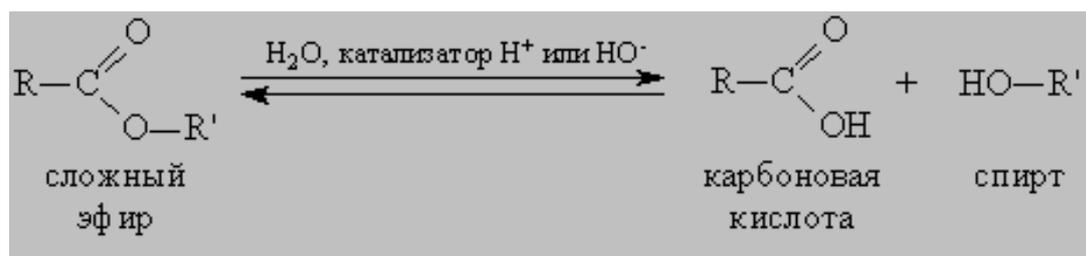
<p>Насыщенные: стеариновая (C₁₇H₃₅COOH) пальмитиновая (C₁₅H₃₁COOH) Масляная (C₃H₇COOH)</p>	<p>В СОСТАВЕ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ</p>
<p>Ненасыщенные: олеиновая (C₁₇H₃₃COOH, 1 двойная связь) линолевая (C₁₇H₃₁COOH, 2 двойные связи) линоленовая (C₁₇H₂₉COOH, 3 двойные связи) арахидоновая (C₁₉H₃₁COOH, 4 двойные связи, реже встречается)</p>	<p>В СОСТАВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ</p>

Физические свойства жиров

- **Животные жиры** (бараний, свиной, говяжий и т.п.), как правило, являются твердыми веществами с невысокой температурой плавления (исключение – рыбий жир). В твердых жирах преобладают остатки **насыщенных** кислот.
- **Растительные жиры – масла** (подсолнечное, соевое, хлопковое и др.) – жидкости (исключение – кокосовое масло, масло какао-бобов). Масла содержат в основном остатки **ненасыщенных (непредельных)** кислот.

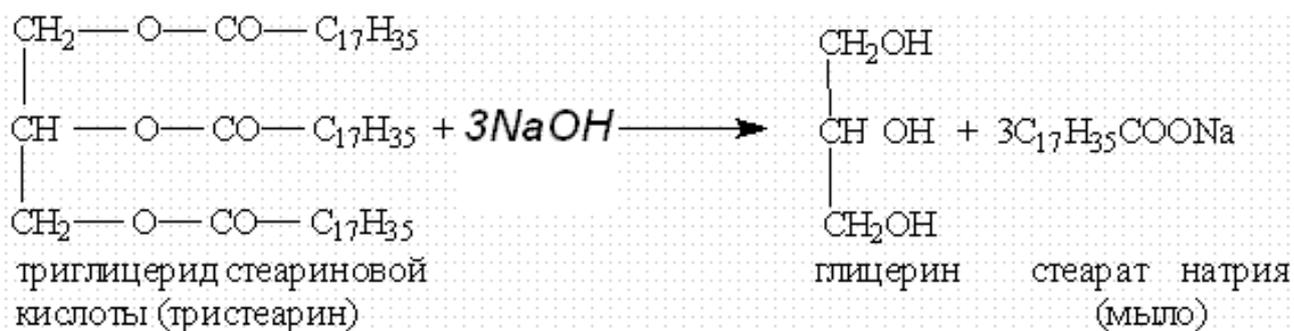
Химические свойства жиров

1. Гидролиз, или омыление, жиров происходит под действием воды, с участием ферментов или кислотных катализаторов (обратимо), при этом образуются спирт - глицерин и смесь карбоновых кислот:



или щелочей (необратимо). При щелочном гидролизе образуются соли высших

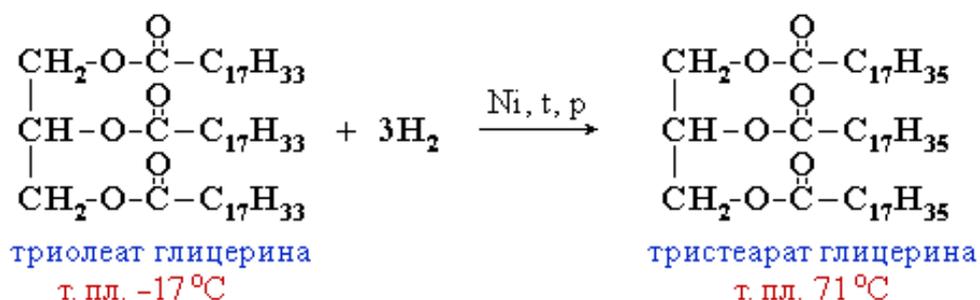
жирных кислот, называемые мылами. Мыла получают при гидролизе жиров в присутствии щелочей:



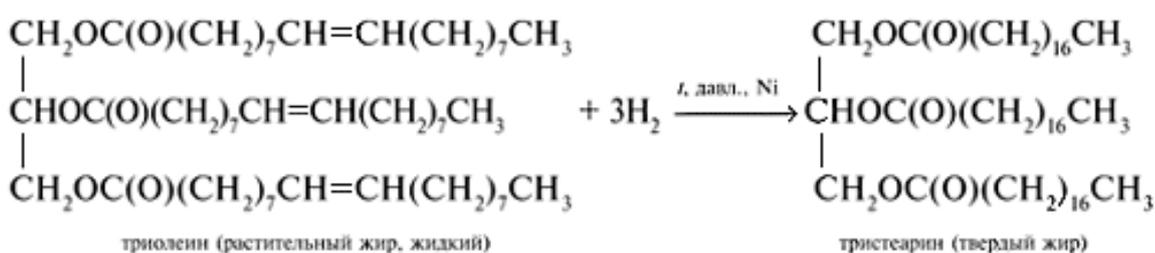
Мыла — это калиевые и натриевые соли высших карбоновых кислот.

2. Гидрирование жиров – превращение жидких растительных масел в твердые жиры – имеет большое значение для пищевых целей. Продукт гидрогенизации масел – твердый жир (искусственное сало, саломас). **Маргарин** – пищевой жир, состоит из смеси гидрогенизированных масел (подсолнечного, кукурузного, хлопкового и др.), животных жиров, молока и вкусовых добавок (соли, сахара, витаминов и др.).

Так в промышленности получают маргарин:



В условиях процесса гидрогенизации масел (высокая температура, металлический катализатор) происходит изомеризация части кислотных остатков, содержащих цис-связи C=C, в более устойчивые транс-изомеры. Повышенное содержание в маргарине (особенно, в дешевых сортах) остатков транс-ненасыщенных кислот увеличивает опасность атеросклероза, сердечно-сосудистых и других заболеваний.



Реакция получения жиров (этерификация)



Применение жиров

- Пищевая промышленность
- Фармацевтика
- Производство мыла и косметических изделий
- Производство смазочных материалов

Вопросы для повторения:

1. Напишите уравнение реакции получения сложных эфиров реакцией этерификации.
2. Где в природе встречаются сложные эфиры, их значение.
3. Назовите области применения сложных эфиров на основе свойств. Жиры как сложные эфиры.
4. Как классифицируются жиры.
5. Напишите уравнение реакции гидролиза и гидрирования жидких жиров.
6. Назовите области применения жиров на основе свойств.

Тема: Углеводы

Вопросы:

1. Углеводы, их классификация
2. Химические свойства глюкозы
3. Применение глюкозы на основе свойств
4. Значение углеводов в живой природе и жизни человека

Вопрос 1. Углеводы, их классификация

Другое название углеводов – сахара. Углеводы имеют два определения:

- с точки зрения биологии – биологически активные вещества, являющиеся источником энергии для живых организмов, в том числе человека;
- с точки зрения химии – органические соединения, состоящие из нескольких карбонильных (-CO) и гидроксильных (-OH) групп.

Элементы, образующие углеводов:

- углерод;
- водород;
- кислород.

Общая формула углеводов – $C_n(H_2O)_m$. Минимальное количество атомов углерода и кислорода – три. Соотношение водорода и кислорода всегда 2:1, как в молекуле воды.

Источником углеводов является процесс фотосинтеза. Углеводы составляют 80 % сухой растительной массы и 2-3 % – животной. Углеводы входят в состав АТФ – универсального источника энергии.

Виды

Углеводы – многочисленная группа органических веществ. Они классифицируются по двум признакам:

- количеству атомов углерода;
- количеству структурных единиц.

В зависимости от количества атомов углерода в одной молекуле (структурной единице) выделяют:

- триозы;
- тетрозы;
- пентозы;
- гексозы;
- гептозы.

Молекула может включать до девяти атомов углерода. Наиболее значимыми являются пентозы ($C_5H_{10}O_5$) и гексозы ($C_6H_{12}O_6$). Пентозы являются компонентами нуклеиновых кислот. Гексозы входят в состав полисахаридов.

По второму признаку классификации углеводы бывают:

- **простыми**, состоящими из одной молекулы или структурной единицы (моносахариды);

- **сложными**, включающими множество молекул (олигосахариды, полисахариды).

Одна из наиболее значимых разновидностей олигосахаридов – дисахариды, состоящие из двух моносахаридов. Они служат источником глюкозы и выполняют строительную функцию в растениях.

Физические свойства

Моносахариды и олигосахариды имеют схожие физические свойства:

- кристаллическое строение;
- сладкий вкус;
- растворимость в воде;
- прозрачность;
- нейтральная рН в растворе;
- низкие температуры плавления и кипения.

Полисахариды – более сложные вещества. Они нерастворимы и не имеют сладкого привкуса. Целлюлоза – разновидность полисахарида, входящая в состав клеточных стенок растений. Аналогичный целлюлозе хитин входит в состав грибов и панцирей членистоногих. Крахмал накапливается в растениях и распадается на простые углеводы, которые являются источником энергии. В животных клетках резервную функцию выполняет гликоген.

Вопрос 2. Химические свойства глюкозы

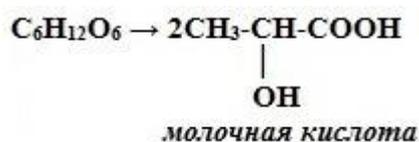
I. Специфические свойства

Важнейшим свойством моносахаридов является их *ферментативное брожение*, т.е. распад молекул на осколки под действием различных ферментов. Брожение происходит в присутствии ферментов, выделяемых дрожжевыми грибами, бактериями или плесневыми грибами. В зависимости от природы действующего фермента различают реакции следующих видов:

1. Спиртовое брожение:



2. Молочнокислое брожение:



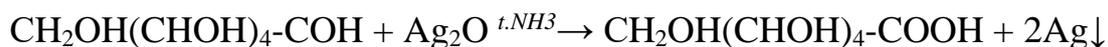
3. Маслянокислое брожение:



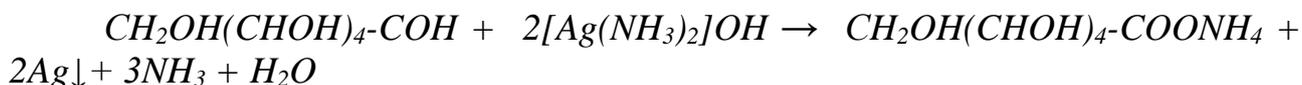
II. Свойства альдегидов

1. Реакция серебряного зеркала:

Видео «Качественная реакция глюкозы аммиачным раствором оксида серебра (I)»

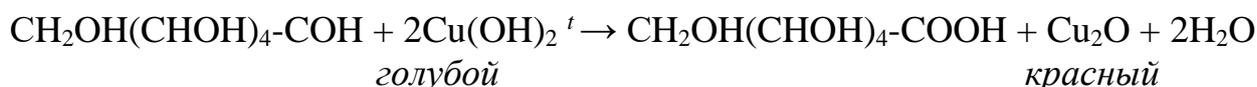


Или

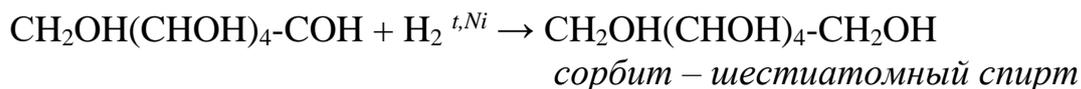


$\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{-COOH}$ - глюконовая кислота

2 Окисление гидроксидом меди (II):



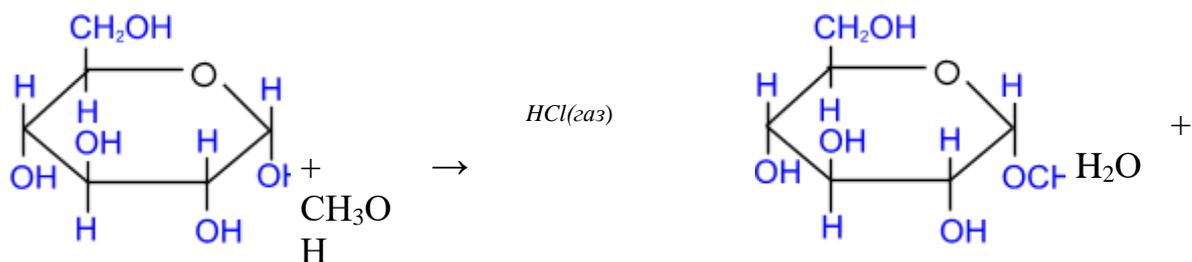
3. Восстановление:



III. Свойства многоатомных спиртов

1. Образование простых эфиров со спиртами

При действии метилового спирта в присутствии газообразного хлористого водорода атом водорода гликозидного гидроксила замещается на метильную группу.

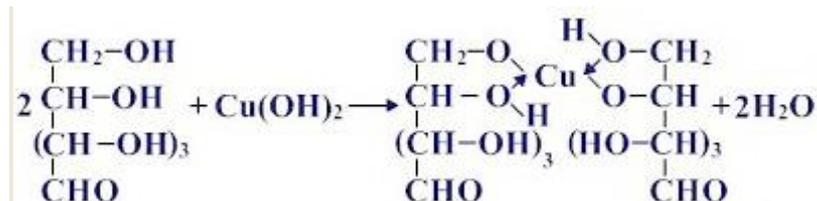


α - глюкоза

3. Качественная реакция многоатомных спиртов

Прильём к раствору глюкозы несколько капель раствора сульфата меди (II) и раствор щелочи. Осадка гидроксида меди не образуется. Раствор окрашивается в ярко-синий цвет. В данном случае глюкоза растворяет гидроксид меди (II) и ведет себя как многоатомный спирт, образуя комплексное соединение – ярко синего цвета.

Видео «Качественная реакция глюкозы с гидроксидом меди (II)»



(глюкозат меди (II) – синий раствор)

Вопрос 3. Применение глюкозы на основе свойств

Глюкоза является ценным питательным продуктом. В организме она подвергается сложным биохимическим превращениям, в результате которых образуется диоксид углерода и вода, при этом выделяется энергия согласно итоговому уравнению:



Так как глюкоза легко усваивается организмом, её используют в медицине в качестве укрепляющего лечебного средства при явлениях сердечной слабости, шоке, она входит в состав кровозаменяющих и противошоковых жидкостей. Широко применяют глюкозу в кондитерском деле (изготовление мармелада, карамели, пряников и т. д.), в текстильной промышленности в качестве восстановителя, в качестве исходного продукта при производстве аскорбиновых и глюкононовых кислот, для синтеза ряда производных сахаров и т.д. Большое значение имеют процессы брожения глюкозы. Так, например, при квашении капусты, огурцов, молока происходит молочнокислое брожение глюкозы, так же как и при силосовании кормов. Если подвергаемая силосованию масса недостаточно уплотнена, то под влиянием проникшего воздуха происходит маслянокислое брожение и корм становится непригоден к применению. На практике используется также спиртовое брожение глюкозы, например при производстве пива.

Вопрос 4. Значение углеводов в живой природе и жизни человека

Углеводы — это органические соединения, имеющие в составе альдегидную или кетонную и спиртовую группы.

Все углеводы можно разделить на 3 группы: быстроусваиваемые углеводы - глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, сахароза, лактоза, мальтоза; медленноусваиваемые полисахариды - крахмал, гликоген; и неусваиваемые (неперевариваемые) - клетчатка (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин) и пектиновые вещества.

Основная функция углеводов - энергетическая. Именно углеводы обеспечивают организм 55-60% всей утилизированной энергии.

Энергетическую функцию несут прежде всего глюкоза, фруктоза, сахароза,

а также крахмал и гликоген. Так называемые неперевариваемые углеводы - целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества также играют очень важную роль в питании. Пищевые волокна стимулируют перистальтику желудочно-кишечного тракта, адсорбируют токсические вещества и холестерин, обеспечивают оптимальные условия для жизнедеятельности нормальной микрофлоры кишечника.

Основными источниками углеводов являются продукты растительного происхождения: сладкие овощи и фрукты, (глюкоза, фруктоза, сахароза), а также крупы, все овощи и фрукты, хлеб из муки грубого помола (медленно усваиваемые и неперевариваемые углеводы, т.е. пищевые волокна).

Средняя потребность в углеводах составляет 400(300) - 500 г. в сутки в зависимости от степени физической активности. Из них 70-75% должно приходиться на долю медленно усваиваемых углеводов - крахмала, около 10% (30-40 г) на долю пищевых волокон и 15-20% (60-100 г) могут составлять простые сахара.

Учитывая малую биологическую ценность рафинированных углеводов, следует стремиться к максимальному ограничению в рационе продуктов, в которых они содержатся (кондитерские изделия, хлеб из белой муки, сахар). Кроме того, быстрое всасывание простых углеводов в желудочно-кишечном тракте приводит к резкому повышению уровня глюкозы в крови и перенапряжению функции поджелудочной железы, что может способствовать развитию диабета.

Недостаток углеводов в питании приводит к снижению массы тела. В качестве источников энергии организм начинает использовать жиры и белки. В результате нарушаются обменные процессы (в норме "жиры сгорают в пламени углеводов"). Недостаточное потребление пищевых волокон приводит к развитию запоров. Увеличивается риск возникновения полипов и рака толстой кишки.

При избыточном потреблении углеводов повышается уровень сахара в крови (избыточная нагрузка на поджелудочную железу), часть их не может быть использована организмом и используется для образования жира. Избыток жира в организме приводит к развитию атеросклероза и связанных с ним сердечно-сосудистых заболеваний. Повышается аллергическая настроенность организма. Избыточное потребление пищевых волокон у здоровых людей может вызывать метеоризм и снижение усвоения белков, жиров и минеральных веществ.

Углеводный обмен

Углеводный обмен представляет собой совокупность процессов превращений углеводов в организме человека и животных.

Процесс превращений углеводов начинается с переваривания их в ротовой полости, где происходит частичное расщепление крахмала под действием фермента слюны - амилазы. В основном углеводы перевариваются и всасываются в тонком кишечнике и затем с током крови разносятся в ткани и органы, а основная часть их, главным образом глюкоза, накапливается в печени в виде гликогена. Глюкоза с кровью поступает в те органы и ткани, где возникает потребность в ней, причем скорость проникновения глюкозы в клетки определяется проницаемостью клеточных оболочек. В клетки печени глюкоза проникает свободно, в клетки мышечной ткани проникновение глюкозы связано с затратой энергии; во

время мышечной работы проницаемость клеточной стенки значительно возрастает. В клетках глюкоза претерпевает процесс превращений на молекулярном уровне в процессе биологического окисления с накоплением энергии.

При окислении глюкозы в пентозном (аэробном) цикле образуется восстановленный никотинамид-адениннуклеотидфосфат, необходимый для восстановительных синтезов. Кроме того, промежуточные продукты этого цикла являются материалом для синтеза многих важных соединений.

Регуляция углеводного обмена в основном осуществляется гормонами и центральной нервной системой. О состоянии углеводного обмена можно судить по содержанию сахара в крови (в норме 75-110 мг%). При сахарной нагрузке эта величина возрастает, но затем быстро достигает нормы. Нарушения углеводного обмена возникают при различных заболеваниях. Так, при недостатке инсулина наступает сахарный диабет, а понижение активности одного из ферментов углеводного обмена - мышечной фосфоорилазы - ведет к мышечной дистрофии.

Таким образом, углеводы играют огромную роль в жизнедеятельности организма человека. С их помощью протекают очень важные биохимические процессы в крови и тканях. Углеводы - неотъемлемая часть рациона питания человека, они являются основным источником обеспечения энергетических затрат организма.

Вопросы для повторения:

1. Как классифицируются углеводы.
2. Дайте понятие моносахариды приведите примеры.
3. Дайте понятие дисахариды приведите примеры.
4. Дайте понятие полисахариды приведите примеры.
5. Охарактеризуйте с помощью уравнений реакций глюкозу как вещество с двойственной функцией — альдегидоспирт.
6. Где находит применение глюкоза, крахмал, целлюлоза, сахароза, фруктоза.
7. Назовите способ получения сахара в промышленности.
8. Назовите способ получения крахмала в промышленности.
9. Расскажите о значении углеводов в организме человека, животных и растений.

Раздел 2. БИОЛОГИЯ

Тема: Многообразие живого мира

Вопросы:

1. Объект изучения биологии — живая природа
2. Признаки живых организмов и их многообразие
3. Уровневая организация живой природы и эволюция
4. Роль биологии в формировании современной естественно-научной картины мира и практической деятельности людей
5. Значение биологии при освоении профессий и специальностей среднего профессионального образования

Вопрос 1. Объект изучения биологии — живая природа

Биология – наука, изучающая свойства живых систем. Однако определить, что такое живая система, достаточно сложно. Поэтому установили критерии живого. Понятие *наука* определяется, как «сфера человеческой деятельности по получению, систематизации объективных знаний о действительности». В соответствии с этим определением объектом науки – биологии является *жизнь* во всех ее проявлениях и формах, а также на разных *уровнях*. Каждая наука, в том числе и биология, пользуется определенными *методами* исследования. Биология тесно связана с другими науками – химией, физикой, экологией, географией. Собственно биология делится на множество частных наук, изучающих различные биологические объекты: биология растений и животных, физиология растений, морфология, генетика, систематика, селекция, микология, гельминтология и множество других наук.



Вопрос 2. Признаки живых организмов и их многообразие

Живые системы имеют общие признаки:

Клеточное строение – все существующие на Земле организмы состоят из клеток. Исключением являются вирусы, проявляющие свойства живого только в других организмах.

Обмен веществ – совокупность биохимических превращений, происходящих в организме и других биосистемах.

Саморегуляция – поддержание постоянства внутренней среды организма (гомеостаза). Стойкое нарушение гомеостаза ведет к гибели организма.

Раздражимость – способность организма реагировать на внешние и внутренние раздражители (рефлексы у животных и тропизмы, таксисы и настии у растений).

Изменчивость – способность организмов приобретать новые признаки и свойства в результате влияния внешней среды и изменений наследственного аппарата – молекул ДНК.

Наследственность – способность организма передавать свои признаки из поколения в поколение.

Репродукция или *самовоспроизведение* – способность живых систем воспроизводить себе подобных. В основе размножения лежит процесс удвоения молекул ДНК с последующим делением клеток.

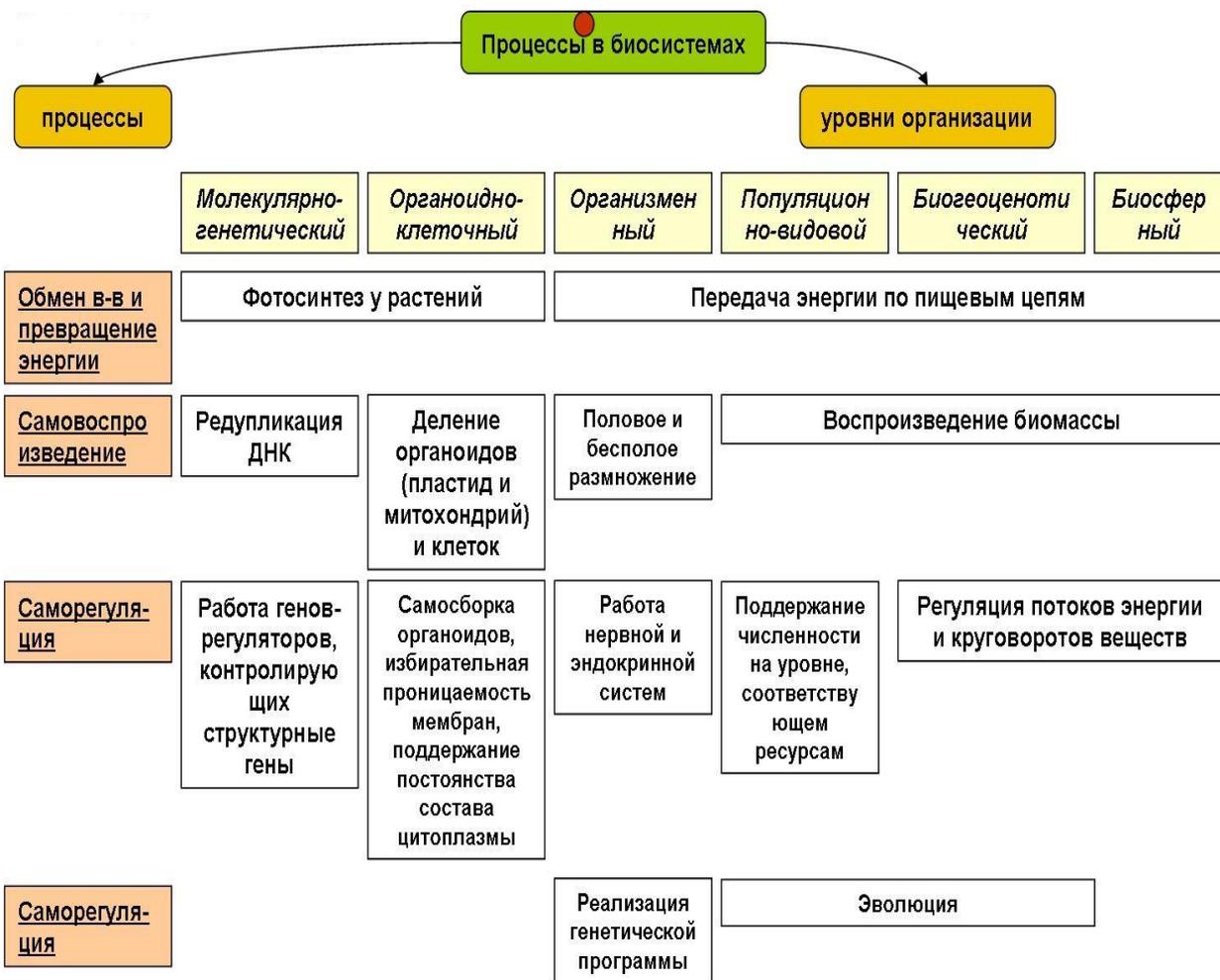
Рост и развитие – все организмы растут в течение своей жизни; под развитием понимают как индивидуальное развитие организма, так и историческое развитие живой природы.

Открытость системы – свойство всех живых систем, связанное с постоянным поступлением энергии извне и удалении продуктов жизнедеятельности. Иными словами, организм жив, пока в нем происходит обмен веществами и энергией с окружающей средой.

Способность к адаптациям – в процессе исторического развития и под действием естественного отбора организмы приобретают приспособления к условиям окружающей среды (адаптации). Организмы, не обладающие необходимыми приспособлениями, вымирают.

Общность химического состава. Главными особенностями химического состава клетки и многоклеточного организма являются соединения углерода – белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты. В неживой природе эти соединения не образуются.

Общность химического состава живых систем и неживой природы говорит о единстве и связи живой и неживой материи. Весь мир представляет собой систему, в основании которой лежат отдельные атомы. Атомы, взаимодействуя друг с другом, образуют молекулы. Из молекул в неживых системах формируются кристаллы горных пород, звезды, планеты, вселенная. Из молекул, входящих в состав организмов формируются живые системы – клетки, ткани, организмы.



Процесс – последовательная смена явлений, химических взаимодействий, качественных состояний

Современные классификации живых организмов построены по иерархическому принципу. Различные уровни иерархии (ранги) имеют собственные названия (от высших к низшим): царство, тип или отдел, класс, отряд или порядок, семейство, род и, собственно, вид. Виды состоят уже из отдельных особей. Принято, что любой конкретный организм должен последовательно принадлежать ко всем семи категориям. В сложных системах часто выделяют дополнительные категории, например, используя для этого приставки над- и под- (надкласс, подтип и т. п.). Этот принцип построения системы получил название Линнеевской иерархии, по имени шведского натуралиста Карла Линнея, труды которого были положены в основу традиции современной научной систематики.

Вопрос 3. Уровневая организация живой природы и эволюция

Уровни организации живых систем отражают соподчиненность, иерархичность структурной организации жизни. Уровни жизни отличаются друг от друга сложностью организации системы. *Уровень жизни – это форма и способ ее существования.* Например, вирус существует в виде молекулы ДНК или РНК, заключенной в белковую оболочку. Это форма существования вируса. Однако

свойства живой системы вирус проявляет, только попав в клетку другого организма. Там он размножается. Это способ его существования.

Молекулярно-генетический уровень представлен отдельными биополимерами (ДНК, РНК, белками, липидами, углеводами и другими соединениями);

Органоидно — клеточный — уровень, на котором жизнь существует в форме клетки — структурной и функциональной единицы жизни. На этом уровне изучаются такие процессы, как обмен веществ и энергии, обмен информацией, размножение, фотосинтез, передача нервного импульса и многие другие.

Организменный — это самостоятельное существование отдельной особи — одноклеточного или многоклеточного организма.

Популяционно-видовой — уровень, который представлен группой особей одного вида — популяцией; именно в популяции происходят элементарные эволюционные процессы — накопление, проявление и отбор мутаций.

Биогеоценотический — представлен экосистемами, состоящими из разных популяций и среды их обитания.

Биосферный — уровень, представляющий совокупность всех биогеоценозов. В биосфере происходит круговорот веществ и превращение энергии с участием организмов. Продукты жизнедеятельности организмов участвуют в процессе эволюции Земли.

Живой мир нашей планеты бесконечно разнообразен и включает огромное число видов организмов, что видно из таблицы.

Таблица 1

Царства	Число видов, известных науке
Животные	Около 1 500 000
Растения	Около 500 000
Грибы	Более 100 000
Бактерии	Около 6000
Вирусы	Около 1000

Вопрос 4. Роль биологии в формировании современной естественно-научной картины мира и практической деятельности людей

На этапе становления биология еще не существовала отдельно от других естественных наук и ограничивалась лишь наблюдением, изучением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира, т. е. была описательной наукой. Однако это не помешало античным естествоиспытателям Гиппократу (ок. 460-377 гг. до н. э.), Аристотелю (384-322 гг. до н. э.) и Теофрасту (настоящее имя Тиртам, 372-287 гг. до н. э.) внести значительный вклад в развитие представлений о строении тела человека и животных, а также о биоло-

гическом разнообразии животных и растений, заложив тем самым основы анатомии и физиологии человека, зоологии и ботаники.

Углубление познаний о живой природе и систематизация ранее накопленных фактов, происходившие в XVI-XVIII веках, увенчались введением бинарной номенклатуры и созданием стройной систематики растений (К. Линней) и животных (Ж.-Б. Ламарк). Описание значительного числа видов со сходными морфологическими признаками, а также палеонтологические находки стали предпосылками к развитию представлений о происхождении видов и путях исторического развития органического мира. Так, опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани и Л. Пастера в XVII-XIX веках опровергли гипотезу спонтанного самозарождения, выдвинутую еще Аристотелем и бытовавшую в средние века, а теория биохимической эволюции А. И. Опарина и Дж. Холдейна, блестяще подтвержденная С. Миллером и Г. Юри, позволила дать ответ на вопрос о происхождении всего живого.

Если сам процесс возникновения живого из неживых компонентов и его эволюция сами по себе уже не вызывают сомнений, то механизмы, пути и направления исторического развития органического мира все еще до конца не выяснены, поскольку ни одна из двух основных соперничающих между собой теорий эволюции (синтетическая теория эволюции, созданная на основе теории Ч. Дарвина, и теория Ж.-Б. Ламарка) все еще не могут предъявить исчерпывающих доказательств.

Применение микроскопии и других методов смежных наук, обусловленное прогрессом в области других естественных наук, а также внедрение практики эксперимента позволило немецким ученым Т. Шванну и М. Шлейдену еще в XIX веке сформулировать клеточную теорию, позднее дополненную Р. Вирховым и К. Бэрм. Она стала важнейшим обобщением в биологии, которое краеугольным камнем легло в основу современных представлений о единстве органического мира.

Открытие закономерностей передачи наследственной информации чешским монахом Г. Менделем послужило толчком к дальнейшему бурному развитию биологии в XX-XXI веках и привело не только к открытию универсального носителя наследственности — ДНК, но и генетического кода, а также фундаментальных механизмов контроля, считывания и изменчивости наследственной информации.

Развитие представлений об окружающей среде привело к возникновению такой науки, как *экология*, и формулировке *учения о биосфере* как о сложной многокомпонентной планетарной системе связанных между собой огромных биологических комплексов, а также химических и геологических процессов, происходящих на Земле (В.И. Вернадский), что в конечном итоге позволяет хотя бы в небольшой степени уменьшить негативные последствия хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, биология сыграла немаловажную роль в становлении современной естественнонаучной картины мира.

Направлений использования человеком знаний по биологии очень много, для примера приведем несколько:

- Знание *законов экологии* позволяет регулировать деятельность человека в пределах сохранения той экосистемы, в которой он живет и работает (рациональное природопользование);
- *Ботаника и генетика* позволяют повышать урожайность, бороться с вредителями и выводить новые, нужные и полезные сорта;
- *Генетика* на данный момент настолько плотно переплелась с *медициной*, что многие заболевания, которые раньше считались неизлечимыми, изучаются и предупреждаются уже на эмбриональных стадиях развития человека;
- С помощью микробиологии ученые всего мира разрабатывают сыворотки и вакцины против вирусов и самые различные противобактериальные препараты.

5) Значение биологии при освоении профессий и специальностей среднего профессионального образования.

Предназначение дисциплины «Биология» обосновано необходимостью сохранения экологического благополучия на Земле, которое всецело зависит, прежде всего, от уровня биологических знаний. На современном этапе человек для удовлетворения своих все возрастающих потребностей вынужден изменять природные экосистемы и даже разрушать их, возможно, и не желая этого. Дисциплина призвана сформировать у обучающихся биологическую позицию, активизировать творческую деятельность студентов в учебном процессе с учетом современных тенденций и содействовать в овладении навыками проведения самостоятельных научных исследований.

Вопросы для повторения

1. Дайте понятие молекулярному уровню организации живой материи.
2. Дайте понятие клеточному уровню организации живой материи.
3. Дайте понятие тканевому уровню организации живой материи.
4. Дайте понятие органному уровню организации живой материи.
5. Дайте понятие организменному уровню организации живой материи.
6. Дайте понятие популяционно-видовому уровню организации живой материи.
7. Дайте понятие биогеоценотическому уровню организации живой материи.
8. Дайте понятие биосферному уровню организации живой материи.
9. Перечислите и охарактеризуйте общие свойства живых систем.

Тема: Химическая организация клетки

Вопросы:

- 1. Органические и неорганические вещества клетки и живых организмов, их роль в функционировании клетки**
- 2. Биологическая роль воды в клетке**

Вопрос 1. Органические и неорганические вещества клетки и живых организмов, их роль в функционировании клетки

Клеткой называют элементарную единицу строения живых организмов. Все живые существа - будь то люди, животные, растения, грибы или бактерии - в своей основе имеют клетку. В чем-то организме этих клеток много - сотни тысяч клеток составляют тело млекопитающих и рептилий, а в чем-то мало - многие бактерии состоят из всего одной клетки. Но не так важно количество клеток, как их наличие.

Давно известно, что клетки обладают всеми свойствами живого: они дышат, питаются, размножаются, приспосабливаются к новым условиям, даже умирают. И, как и у всего живого, в составе клеток есть органические и неорганические вещества.

Неорганических веществ намного больше, ведь неорганические вещества — это и вода, и минеральные вещества. Разумеется, наибольшая часть отдела под названием "неорганические вещества клетки" отводится воде - она составляет 40-98% от всего объема клетки.

Вода в клетке выполняет множество важнейших функций: она обеспечивает упругость клетки, быстроту проходящих в ней химических реакций, перемещение поступивших веществ по клетке и их вывод. Кроме того, в воде растворяются многие вещества, она может участвовать в химических реакциях и именно на воде лежит ответственность за терморегуляцию всего организма, так как вода обладает неплохой теплопроводностью.

Помимо воды, в неорганические вещества клетки входят и многие минеральные вещества, делящиеся на макроэлементы и микроэлементы.

К макроэлементам относятся такие вещества, как железо, азот, калий, магний, натрий, сера, углерод, фосфор, кальций и многие другие.

Микроэлементы — это, в большинстве своем, тяжелые металлы, такие, как бор, марганец, бром, медь, молибден, йод, цинк.

Также в организме есть и ультрамикроэлементы, среди которых золото, уран, ртуть, радий, селен и другие.

Все неорганические вещества клетки играют собственную, важную роль. Так, азот участвует в великом множестве соединений - как белковых, так и небелковых, способствует образованию витаминов, аминокислот, пигментов.

Кальций представляет собой антагонист калия, служит клеем для растительных клеток.

Молибден улучшает устойчивость растений против грибков-паразитов, способствует ускорению синтеза белка.

Железо участвует в процессе дыхания, входит в состав молекул гемоглобина.

Медь отвечает за образование клеток крови, здоровье сердца и хороший аппетит.

Бор отвечает за процесс роста, в особенности у растений.

Калий обеспечивает коллоидные свойства цитоплазмы, образование белков и нормальную работу сердца.

Натрий также обеспечивает правильный ритм сердечной деятельности.

Сера участвует в образовании некоторых аминокислот.

Фосфор участвует в образовании огромного количества незаменимых соединений, таких, как нуклеотиды, некоторые ферменты, АМФ, АТФ, АДФ.

И только роль ультрамикроэлементов пока абсолютно неизвестна.

Но одни только неорганические вещества клетки не смогли бы сделать ее полноценной и живой. Органические вещества важны не менее, чем они.

К органическим веществам относятся углеводы, липиды, ферменты, пигменты, витамины и гормоны.

Углеводы делятся на моносахариды, дисахариды, полисахариды и олигосахариды. Моно- ди- и полисахариды являются основным источником энергии для клетки и организма, а вот нерастворяющиеся в воде олигосахариды склеивают соединительную ткань и защищают клетки от неблагоприятного внешнего воздействия.

Липиды делятся на собственно жиры и липоиды - жироподобные вещества, образующие ориентированные молекулярные слои.

Ферменты являются катализаторами, ускоряющими биохимические процессы в организме. Кроме того, ферменты уменьшают количество потребляемой на придание реакционной способности молекуле энергии.

Витамины необходимы для регуляции окисляемости аминокислот и углеводов, а также для полноценного роста и развития.

Гормоны необходимы для регулирования жизнедеятельности организма.

Вопрос 2. Биологическая роль воды в клетке

Вода — это самый важный составляющий элемент для всего живого. Считается, что для человека она гораздо более необходима, чем, например, пища, ведь в организме человека жидкость занимает 70-75% от всей массы тела.

Одно из свойств воды - универсальная способность растворять химические вещества, благодаря чему она сохраняет упругость биологической клетки, питает ее и участвует в построении мембраны. Все внутренние «соки» человека – кровь и лимфа; секреторная жидкость – слюна, желчь, желудочный сок; выделения из половых органов, моча, пот – это все растворы воды с особыми веществами.

Молекула воды имеет нейтральный электронный заряд, она состоит из соединения атомов кислорода и водорода. Электронный заряд внутри самой молекулы распределен весьма неравномерно: в области водорода преобладают атомы с положительным электронным зарядом, а в расположении кислорода - с отрицательным. Это диполь, а он, как известно, имеет хорошую способность объединяться в соединения с другими веществами и образовывать гидраты. Когда энергия притяжения воды к молекулам другого вещества выше, чем между молекулами воды, вещество в ней просто растворяется.

Концентрация воды в биологических жидкостях определяет быстроту взаимодействия веществ. Быстрее происходят внутренние процессы: выводятся продукты распада биохимических реакций, активизируются процессы восстановления и обновления организма. При растворении вещества его молекулы с помощью воды получают возможность двигаться быстрее, отчего реакционная способность его увеличивается. При снижении содержания воды в организме кровь становится «вязкой», медленнее движется по венам и сосудам, замедляется обмен веществ, общее состояние человека начинает быстро ухудшаться, начинает страдать мозг, который состоит на 85% из жидкости.

При обезвоживании организма первой страдает клеточная жидкость, она уменьшается до 66%, потом внеклеточная и только после сокращается количество жидкости в плазме крови. Природа устроила так, что обеспечение главного органа жизнедеятельности – головного мозга, ведется до последнего. Большая потеря жидкости у человека способна привести к необратимым последствиям, медицине известны случаи не только гибели людей от обезвоживания, но и наступления у них тяжелых недугов, в частности, от недостатка воды, а также от ее переизбытка развивалась шизофрения, больные быстро сходили с ума.

Благодаря теплоемкости воды, ее участие в регулировании температуры тела играет важную роль, осуществляются процессы терморегуляции, поддерживается оптимальная для биологической активности температура клеток в организме. Ускоряется транспортировка питательных веществ и кислорода.

Вода также принимает участие в процессе пищеварения и выведения продуктов переработки организма. Именно она стимулирует к работе стенки кишечника, именно она растворяет продукты переработки, выводя их по мочеточкам.

Любопытно, что вода, по сути, и важнейший защитный фактор для внутренних органов человека. К примеру, печень, почки, селезенка имеют весьма немалый удельный вес, при физической активности теоретически они должны просто оторваться, ведь проводящие каналы и удерживающие связки очень тонки. Уберегает их от этого жидкость, в которой они словно плавают. Жидкость гасит удары, создает биологическую среду, меняет их физический вес, приводя к минимальному (закон Архимеда в действии)

Вопросы для повторения

1. Назовите элементы, которые относятся к макроэлементам.
2. Перечислите элементы, которые относятся к микроэлементам.
3. Перечислите элементы, которые относятся к ультрамикроэлементам.
4. Объясните биологическую роль кальция в живых организмах.
5. Объясните биологическую роль хлора в клетках живых организмах.
6. Объясните биологическую роль азота в клетках живых организмах.
7. Объясните функции воды в клетке.
8. На что влияет концентрации солей внутри клетки.
9. Дайте понятие буферности.
10. О чем свидетельствует сходство химического состава клеток разных организмов?
11. Чем отличается химический состав тел живой и неживой природы?

Тема: Краткая история изучения клетки

Вопросы

- 1. Первые наблюдения над клеткой**
- 2. Появление и развитие клеточной теории**
- 3. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями**

Вопрос 1. Первые наблюдения над клеткой

Изобретение микроскопа и его использование для биологических наблюдений позволило открыть неизвестный до тех пор мир.

Началом изучения клетки можно считать 1665 г., когда английский ученый Роберт Гук впервые увидел в микроскоп на тонком срезе пробки мелкие ячейки; он назвал их клетками. По мере усовершенствования микроскопов появлялись все новые сведения о клеточном строении растительных и животных организмов.

К началу XIX в. представления о клеточном строении живых организмов получили широкое распространение и признание. Однако, что собой представляет клетка, как она устроена, какова ее роль для организма, как она произошла, и множество других вопросов оставались без ответа.

Вопрос 2. Появление и развитие клеточной теории

Очень важное открытие в 30-х годах XIX века сделал шотландский ученый Роберт Броун. Наблюдая в микроскоп строение листа растения, он обнаружил внутри клетки круглое плотное образование, которое назвал ядром. Это было замечательное открытие, поскольку оно создало основу для сопоставления всех клеток.

В 1838 г. немецкий ученый М. Шлейден первым пришел к заключению о том, что ядро является обязательным структурным элементом всех растительных клеток. Познакомившись с этим исследованием, Т. Шванн, соотечественник Шлейдена, был удивлен: точно такие же образования он обнаружил и в животных клетках, изучением которых занимался. Сопоставление большого числа растительных и животных клеток привело его к выводу: все клетки, несмотря на их огромное разнообразие, сходны - у них есть ядра.

Обобщив разрозненные факты, Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали основное положение клеточной теории: все растительные и животные организмы состоят из клеток, сходных по строению.

Немецкий биолог Рудольф Вирхов в 1858 г. внес очень важное дополнение в клеточную теорию. Он доказал, что количество клеток в организме увеличивается в результате клеточного деления, т. е. клетка происходит только от клетки.

Клеточная теория явилась одним из великих открытий XIX века. Клеточная теория лежит в основе представлений о единстве всего живого, общности его происхождения и эволюционного развития. Основные успехи цитологии (от гре-

ческого «цитос» - клетка) - науки о клетке (как, впрочем, и любой науки о природе) связаны с развитием методов исследования.

Благодаря дальнейшему усовершенствованию светового микроскопа и методов окраски клеток открытия следовали одно за другим. За сравнительно короткое время были выделены и описаны не только ядро и цитоплазма клеток, но и многие заключенные в них структурно-функциональные части - органоиды.

С приходом в науку о клетке физических и химических методов исследования было выявлено удивительное единство в строении клеток разных организмов, доказана неразрывная связь между их структурой и функцией. Благодаря этому основные положения клеточной теории, сформулированные более ста лет назад, были развиты и углублены. В настоящее время клетку изучают, применяя физические и химические методы исследования и новейшие приборы. Это и электронные микроскопы, дающие увеличение до 1 000 000 раз, и применение специальных красителей, позволяющих избирательно выявить клеточные структуры, и др.

Для того чтобы изучить химический состав клетки или ее частей, применяют метод центрифугирования. Он основан на том, что разные клеточные органоиды имеют неодинаковую плотность. При очень быстром вращении в ультрацентрифуге различные органоиды предварительно измельченных клеток располагаются слоями: внизу оказываются более плотные, которые осаждаются быстрее, сверху - наименее плотные. Слои разделяют и изучают отдельно.

Основные положения клеточной теории на современном этапе развития биологии формулируются так:

1. Клетка является основной структурной и функциональной единицей жизни. Все организмы состоят из клеток, жизнь организма в целом обусловлена взаимодействием составляющих его клеток.

2. Клетки всех организмов сходны по своему химическому составу, строению и функциям.

3. Все новые клетки образуются при делении исходных клеток.

Клетка является основной структурной и функциональной единицей жизни. Все организмы состоят из клеток, жизнь организма в целом обусловлена взаимодействием составляющих его клеток.

Для всех клеток характерна способность к росту, размножению, дыханию, выделению, использованию и превращению энергии, они реагируют на раздражение. Таким образом, клетки обладают всей совокупностью свойств, необходимых для поддержания жизни. Отдельные их части не могут выполнять весь комплекс жизненных функций, только совокупность структур, образующих клетку, проявляет все признаки живого. Поэтому только клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов. У многоклеточных организмов (растений, животных, грибов) отдельные клетки тесно и слаженно взаимодействуют друг с другом.

Клетки всех организмов имеют сходный химический состав. Химический состав клетки: мелкие капли жира, гранулы крахмала, некоторые пигменты.

Строение большинства клеточных органоидов во всех клетках также очень

сходно. И в то же время форма и размер клеток даже в пределах одного организма очень разнообразны, что зависит от специализации клетки и выполняемой ею функции. Они могут быть в виде многогранников, а также иметь дисковидную, шаровидную, кубическую форму.

Например, клетки покровных тканей плоские и плотно прилегают друг к другу, нервные клетки вытянуты в длинные нити и т. д.

Вопрос 3. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями

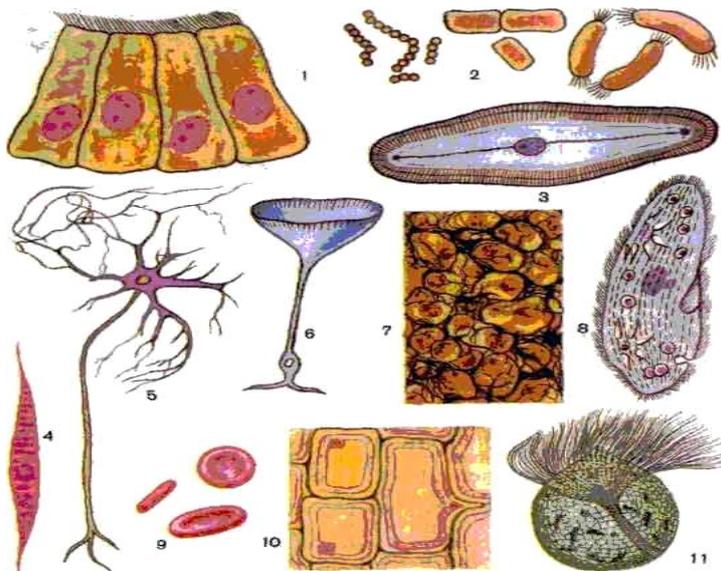


Рис. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями.

1 - клетки эпителия кишечника; 2 - бактерии (кокки, кишечная палочка, спириллы со жгутиками на концах тела); 3 - диатомовая водоросль; 4 - мышечная клетка; 5 - нервная клетка; 6 - одноклеточная водоросль ацетабулярия; 7 - клетки печени; 8 - инфузория; 9 - эритроциты человека; 10 - клетки эпидермиса лука; 11 - жгутиконосец.

Вопросы для повторения:

1. Что изучает цитология
2. Назовите год, когда начали изучать клетку.
3. Назовите первого ученого, который начал изучать клетку.
4. Какое открытие сделал Роберт Броун?
5. К какому заключению пришел немецкий ученый Шлейден в 1838 году?
6. Какое увеличение дают электронные микроскопы?
7. Какими методами можно изучить строение клеток.
8. Когда и кем была создана клеточная теория?
9. Сформулируйте современную клеточную теорию.

Тема: Белки, углеводы, липиды и их роль в клетке

Вопросы:

1. Строение, структура и выполняемые функции белков
2. Денатурация и ренатурация белка
3. Строение, и выполняемые функции углеводов
4. Роль липидов в клетке

Вопрос 1. Строение, структура и выполняемые функции белков

Белки (протеины) составляют 50% от сухой массы живых организмов.

Белки состоят из аминокислот. У каждой аминокислоты есть аминогруппа и кислотная (карбоксильная) группа, при взаимодействии которых получается пептидная связь, поэтому белки еще называют полипептидами.

Структуры белка

Первичная – цепочка из аминокислот, связанных пептидной связью (сильной, ковалентной). Чередую 20 аминокислот в разном порядке, можно получать миллионы разных белков. Если поменять в цепочке хотя бы одну аминокислоту, строение и функции белка изменятся, поэтому первичная структура считается самой главной в белке.

Вторичная – спираль. Удерживается водородными связями (слабыми).

Третичная – глобула (шарик). Четыре типа связей: дисульфидная (серный мостик) сильная, остальные три (ионные, гидрофобные, водородные) – слабые. Форма глобулы у каждого белка своя, от нее зависят функции. При денатурации форма глобулы меняется, и это сказывается на работе белка.

Четвертичная – имеется не у всех белков. Состоит из нескольких глобул, соединенных между собой теми же связями, что и в третичной структуре. (Например, гемоглобин.)

Функции белков

Строение и функции белков тесно коррелируют друг с другом. То есть каждый пептид играет определенную роль, уникальную и специфическую. Встречаются и такие, которые способны выполнять в одной живой клетке сразу несколько значительных операций. Однако можно в обобщенном виде выразить основные функции белковых молекул в организмах живых существ:

1. Обеспечение движения. Одноклеточные организмы, либо органеллы, или некоторые виды клеток способны к передвижениям, сокращениям, перемещениям. Это обеспечивается белками, входящими в состав структуры их двигательного аппарата: ресничек, жгутиков, цитоплазматической мембраны. Если же говорить о неспособных к перемещениям клетках, то белки могут способствовать их сокращению (миозин мышц).

2. Питательная или резервная функция. Представляет собой накопление белковых молекул в яйцеклетках, зародышах и семенах растений для дальнейшего восполнения недостающих питательных веществ. При расщеплении пептиды дают аминокислоты и биологически активные вещества, которые необходимы для нормального развития живых организмов.

3. Энергетическая функция. Помимо углеводов, силы организму могут давать и белки. При распаде 1 г пептида высвобождается 17,6 кДж полезной энергии в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая расходуется на процессы жизнедеятельности.

4. Сигнальная и регуляторная функция. Заключается в осуществлении тщательного контроля за происходящими процессами и передачи сигналов от клеток к тканям, от них к органам, от последних к системам и так далее. Типичным примером может служить инсулин, который строго фиксирует количество глюкозы в крови.

5. Рецепторная функция. Осуществляется путем изменения конформации пептида с одной стороны мембраны и вовлечения в реструктуризацию другого конца. При этом и происходит передача сигнала и необходимой информации. Чаще всего такие белки встраиваются в цитоплазматические мембраны клеток и осуществляют строгий контроль над всеми веществами, проходящими через нее. Также оповещают о химических и физических изменениях окружающей среды.

6. Транспортная функция пептидов. Ее осуществляют белки-каналы и белки-переносчики. Роль их очевидна - транспортировка необходимых молекул к местам с низкой концентрацией из частей с высокой. Типичным примером служит перенос кислорода и диоксида углерода по органам и тканям белком гемоглобином. Ими же осуществляется доставка соединений с невысокой молекулярной массой через мембрану клетки внутрь.

7. Структурная функция. Одна из важнейших из тех, которые выполняет белок. Строение всех клеток, их органелл обеспечивается именно пептидами. Они подобно каркасу задают форму и структуру. Кроме того, они же ее поддерживают и видоизменяют в случае необходимости. Поэтому для роста и развития всем живым организмам необходимы белки в рационе питания. К таким пептидам можно отнести эластин, тубулин, коллаген, актин, кератин и другие.

8. Каталитическая функция. Ее выполняют ферменты. Многочисленные и разнообразные, они ускоряют все химические и биохимические реакции в организме. Без их участия обычное яблоко в желудке смогло бы перевариться только за два дня, с большой вероятностью загнив при этом. Под действием каталазы, пероксидазы и других ферментов этот процесс происходит за два часа. В целом именно благодаря такой роли белков осуществляется анаболизм и катаболизм, то есть пластический и энергетический обмен.

9. Защитная роль. Существует несколько типов угроз, от которых белки призваны оберегать организм. Во-первых, химическая атака травмирующих реагентов, газов, молекул, веществ различного спектра действия. Пептиды способны вступать с ними в химическое взаимодействие, переводя в безобидную форму или же просто нейтрализуя.

Во-вторых, физическая угроза со стороны ран - если белок фибриноген вовремя не трансформируется в фибрин на месте травмы, то кровь не свернется, а значит, закупорка не произойдет. Затем, наоборот, понадобится пептид плазмин, способный сгусток рассосать и восстановить проходимость сосуда.

В-третьих, угроза иммунитету. Строение и значение белков, формирующих иммунную защиту, крайне важны. Антитела, иммуноглобулины, интерфероны - все это важные и значимые элементы лимфатической и иммунной системы человека. Любая чужеродная частица, вредоносная молекула, отмершая часть клетки или целая структура подвергается немедленному исследованию со стороны пептидного соединения. Именно поэтому человек может самостоятельно, без помощи лекарственных средств, ежедневно защищать себя от инфекций и несложных вирусов.

Вопрос 2. Денатурация и ренатурация белка

В процессе приготовления куриных яиц происходит денатурация яичных белков

Денатурация белков (от лат. *de* приставка, означающая отделение, удаление и лат. *nature* природа;) термин биологической химии, означающий потерю белками их естественных свойств (растворимости, гидрофильности и др.) вследствие нарушения пространственной структуры их молекул.

Процесс денатурации отдельной белковой молекулы, приводящий к распаду её «жесткой» трёхмерной структуры, иногда называют *плавлением* молекулы.

Механизмы денатурации

Практически любое заметное изменение внешних условий, например, нагревание или обработка белка щелочью, приводит к последовательному нарушению четвертичной, третичной и вторичной структур белка. Обычно денатурация вызывается повышением температуры, действием сильных кислот и щелочей, солей тяжелых металлов, некоторых растворителей (спирт), радиации и др.

Денатурация часто приводит к тому, что в коллоидном растворе белковых молекул происходит процесс агрегации частиц белка в более крупные. Визуально это выглядит, например, как образование «белка» при жарке яиц.

Ренатурация

Ренатурация (высаливание) процесс, обратный денатурации, при котором белки возвращают свою природную структуру.

Нужно отметить, что не все белки способны ренатурировать; у большинства белков денатурация необратима.

Вопрос 3. Строение, и выполняемые функции углеводов

Углеводами называют вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$, где n и m могут иметь разные значения. Название «углеводы» отражает тот факт, что водород и кислород присутствуют в молекулах этих веществ в том же соотношении, что

и в молекуле воды. Кроме углерода, водорода и кислорода, производные углеводов могут содержать и другие элементы, например азот.

Углеводы — одна из основных групп органических веществ клеток. Они представляют собой первичные продукты фотосинтеза и исходные продукты биосинтеза других органических веществ в растениях (органические кислоты, спирты, аминокислоты и др.), а также содержатся в клетках всех других организмов. В животной клетке содержание углеводов находится в пределах 1-2 %, в растительных оно может достигать в некоторых случаях 85—90 % массы сухого вещества.

Выделяют три группы углеводов:

- моносахариды или простые сахара;
- олигосахариды — соединения, состоящие из 2—10 последовательно соединенных молекул простых сахаров (например, дисахариды, трисахариды и т. д.).
- полисахариды состоят более чем из 10 молекул простых сахаров или их производных (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин).

Моносахариды (простые сахара)

В зависимости от длины углеродного скелета (количества атомов углерода) моносахариды разделяют на триозы (C_3), тетрозы (C_4), пентозы (C_5), гексозы (C_6), гептозы (C_7).

Молекулы моносахаридов являются либо альдегидспиртами (альдозами), либо кетоспиртами (кетозами). Химические свойства этих веществ определяются прежде всего альдегидными или кетонными группировками, входящими в состав их молекул.

Моносахариды хорошо растворяются в воде, сладкие на вкус.

При растворении в воде моносахариды, начиная с пентоз, приобретают кольцевую форму.

Циклические структуры пентоз и гексоз — обычные их формы: в любой данный момент лишь небольшая часть молекул существует в виде «открытой цепи». В состав олиго- и полисахаридов также входят циклические формы моносахаридов.

Кроме сахаров, у которых все атомы углерода связаны с атомами кислорода, есть частично восстановленные сахара, важнейшим из которых является дезоксирибоза.

Олигосахариды

При гидролизе олигосахариды образуют несколько молекул простых сахаров. В олигосахаридах молекулы простых сахаров соединены так называемыми гликозидными связями, соединяющими атом углерода одной молекулы через кислород с атомом углерода другой молекулы.

К наиболее важным олигосахаридам относятся мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар) и сахароза (тростниковый или свекловичный сахар). Эти сахара называют также дисахаридами. По своим свойствам дисахариды блоки к моносахаридам. Они хорошо растворяются в воде и имеют сладкий вкус.

Полисахариды

Это высокомолекулярные полимерные биомолекулы, состоящие из большого числа мономеров — простых сахаров и их производных.

Полисахариды могут состоять из моносахаридов одного или разных типов. В первом случае они называются гомополисахаридами (крахмал, целлюлоза, хитин и др.), во втором — гетерополисахаридами (гепарин). Все полисахариды не растворимы в воде и не имеют сладкого вкуса. Некоторые из них способны набухать и ослизняться.

Наиболее важными полисахаридами являются следующие.

Целлюлоза — линейный полисахарид, состоящий из нескольких прямых параллельных цепей, соединенных между собой водородными связями. Каждая цепь образована остатками β -D-глюкозы. Такая структура препятствует проникновению воды, очень прочна на разрыв, что обеспечивает устойчивость оболочек клеток растений, в составе которых 26—40 % целлюлозы.

Целлюлоза служит пищей для многих животных, бактерий и грибов. Однако большинство животных, в том числе и человек, не могут усваивать целлюлозу, поскольку в их желудочно-кишечном тракте отсутствует фермент целлюлаза, расщепляющий целлюлозу до глюкозы. В то же время целлюлозные волокна играют важную роль в питании, поскольку они придают пище объемность и грубую консистенцию, стимулируют перистальтику кишечника.

Крахмал и гликоген. Эти полисахариды являются основными формами запасания глюкозы у растений (крахмал), животных, человека и грибов (гликоген). При их гидролизе в организмах образуется глюкоза, необходимая для процессов жизнедеятельности.

Хитин образован молекулами β -глюкозы, в которой спиртовая группа при втором атоме углерода замещена азотсодержащей группой NHCOCH_3 . Его длинные параллельные цепи так же, как и цепи целлюлозы, собраны в пучки.

Хитин — основной структурный элемент покровов членистоногих и клеточных стенок грибов.

Функции углеводов

Энергетическая. Глюкоза является основным источником энергии, высвобождаемой в клетках живых организмов в ходе клеточного дыхания (1 г углеводов при окислении высвобождает 17,6 кДж энергии).

Структурная. Целлюлоза входит в состав клеточных оболочек растений; хитин является структурным компонентом покровов членистоногих и клеточных стенок грибов.

Некоторые олигосахариды входят в состав цитоплазматической мембраны клетки (в виде гликопротеидов и гликолипидов) и образуют гликокаликс.

Метаболическая. Пентозы участвуют в синтезе нуклеотидов (рибоза входит в состав нуклеотидов РНК, дезоксирибоза — в состав нуклеотидов ДНК), некоторых коферментов (например, НАД, НАДФ, кофермента А, ФАД), АМФ; принимают участие в фотосинтезе (рибулозодифосфат является акцептором CO_2 в темновой фазе фотосинтеза).

Пентозы и гексозы участвуют в синтезе полисахаридов; в этой роли особенно важна глюкоза.

Вопрос 4. Роль липидов в клетке

Липиды (от греч. *lipos*- жир) — обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся во всех живых клетках. По химическому строению липиды весьма разнообразны.

Нейтральные жиры — наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трех остатков высокомолекулярных жирных кислот к одной молекуле трехатомного спирта глицерина.

Среди соединений этой группы различают жиры, остающиеся твердыми при температуре 20 °С, и масла, которые в этих условиях становятся жидкими. Масла более типичны для растений, но могут встречаться и у животных.

Воска — сложные эфиры, образуемые жирными кислотами и многоатомными спиртами. Они покрывают кожу, шерсть, перья животных, смягчая их и предохраняя от действия воды. Восковой защитный слой покрывает также стебли, листья и плоды многих растений.

Фосфолипиды по своей структуре сходны с жирами, но в их молекуле один или два остатка жирных кислот замещены остатком фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются составным компонентом клеточных мембран.

Липиды могут образовывать сложные соединения с веществами других классов, например с белками — липопротеиды и с углеводами — гликолипиды.

В организме человека и животных липиды играют роль источника энергии. Они участвуют в жизненно важных процессах формирования новых клеток, в обмене веществ, регуляции теплопередачи, жировой прослойки и защиты внутренних органов от смещения и повреждений.

Функции липидов:

Одна из основных функций – энергетическая. При полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. То есть жиры дают более чем в 2 раза больше энергии по сравнению с углеводами. У позвоночных животных примерно половина энергии, потребляемой клетками в состоянии покоя, образуется за счёт окисления жиров.

Жиры являются основным запасующим веществом у животных, а также у некоторых растений. Они могут использоваться также в качестве источника воды (при окислении 1 г жира образуется более 1 г воды). Это особенно ценно для пустынных животных, обитающих в условиях дефицита воды.

Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют защитную функцию, т. е. служат для теплоизоляции организмов. Например, у многих позвоночных животных хорошо выражен подкожный жировой слой, что позволяет им жить в условиях холодного климата, а у китообразных он играет ещё и другую роль – способствует плавучести.

Восковой налёт на различных частях растений препятствует излишнему испарению воды, у животных он играет роль водоотталкивающего покрытия.

Липиды выполняют и строительную функцию, так как нерастворимость в воде делает их важнейшими компонентами клеточных мембран (фосфолипиды, липопротеины, гликолипиды, холестерин).

Многие производные липидов (например, гормоны коры надпочечников, половых желёз, витамины А, D, E) участвуют в обменных процессах, происходящих в организме. Следовательно, этим веществам присуща и регуляторная функция.

Липидами богаты жировые клетки жировой ткани, также липиды содержатся в составе клеточной стенки всех видов клеток всех видов ткани, фосфолипидов больше в клетках нервной ткани (нейроцитах). Велика концентрация липидов в семенах некоторых растений, таких как подсолнечник, лен, арахис. А у отдельных видов растений липиды в больших количествах содержатся в плодах. Особенно богаты жирами плоды тропического растения авокадо.

Вопросы для повторения:

1. Каковы особенности строения белка как полимера?
2. Чем отличаются белки как полимеры от таких природных полимеров как крахмал, целлюлоза?
3. Что представляет собой первичная структура белка?
4. Что представляет собой вторичная, третичная структура белка?
5. Что представляет собой денатурация белка?
6. Охарактеризуйте функции белков.

Тема: Нуклеиновые кислоты и их роль в клетке

Вопросы:

1. Типы нуклеиновых кислот
2. Основные виды, строение и выполняемые функции РНК
3. ДНК — носитель наследственной информации
4. Репликация ДНК
5. Ген. Генетический код

Вопрос 1. Типы нуклеиновых кислот

Открытие нуклеиновых кислот принадлежит швейцарскому химику Ф. Мишеру, который продолжительное время изучал ядра лейкоцитов, входящих в состав гноя. Кропотливая работа замечательного исследователя увенчалась успехом. В 1869 г. Ф. Мишер обнаружил в лейкоцитах новое химическое соединение, которое назвал нуклеином (лат. *nucleus* – ядро). Дальнейшие исследования показали, что нуклеин представляет собой смесь нуклеиновых кислот. Впоследствии нуклеиновые кислоты были обнаружены во всех растительных и животных клетках, бактериях и вирусах. Однако химическое строение нуклеиновых кислот и их основных компонентов устанавливалось с трудом. В природе существуют два вида нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая и рибонуклеиновая. Различие в названиях объясняется тем, что молекула ДНК содержит сахар дезоксирибозу, а молекула РНК – рибозу.

Вопрос 2. Основные виды, строение и выполняемые функции РНК

РНК — полимер, мономерами которой являются рибонуклеотиды.

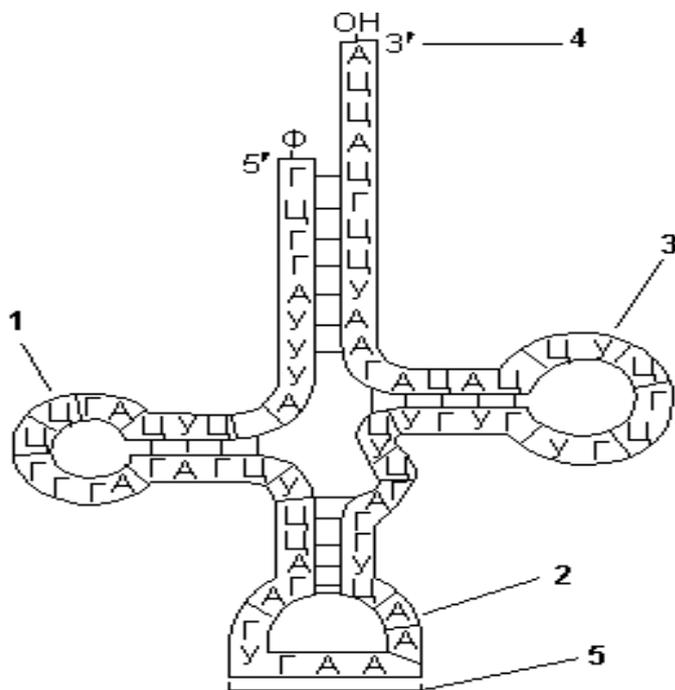
В отличие от ДНК, РНК образована не двумя, а одной полинуклеотидной цепочкой (исключение — некоторые РНК-содержащие вирусы имеют двухцепочечную РНК). Нуклеотиды РНК способны образовывать водородные связи между собой. Цепи РНК значительно короче цепей ДНК.

Мономер РНК — нуклеотид (рибонуклеотид) — состоит из остатков трех веществ: 1) азотистого основания, 2) пятиуглеродного моносахарида (пентозы) и 3) фосфорной кислоты. Азотистые основания РНК также относятся к классам пиримидинов и пуринов.

Пиримидиновые основания РНК — урацил, цитозин, пуриновые основания — аденин и гуанин. Моносахарид нуклеотида РНК представлен рибозой.

Выделяют три вида РНК: 1) информационная (матричная) РНК — иРНК (мРНК), 2) транспортная РНК — тРНК, 3) рибосомная РНК — рРНК.

Все виды РНК представляют собой неразветвленные полинуклеотиды, имеют специфическую пространственную конформацию и принимают участие в процессах синтеза белка. Информация о строении всех видов РНК хранится в ДНК. Процесс синтеза РНК на матрице ДНК называется транскрипцией.



Транспортная РНК:

- 1 – петля 1; 2 – петля 2; 3 – петля 3;
4 – акцепторный конец; 5 – антикодон.

Транспортные РНК содержат обычно 76 (от 75 до 95) нуклеотидов; молекулярная масса — 25 000–30 000. На долю тРНК приходится около 10% от общего содержания РНК в клетке. Функции тРНК: 1) транспорт аминокислот к месту синтеза белка, к рибосомам, 2) трансляционный посредник. В клетке встречается около 40 видов тРНК, каждый из них имеет характерную только для него последовательность нуклеотидов. Однако у всех тРНК имеется несколько внутримолекулярных комплементарных участков, из-за которых тРНК приобретают конформацию, напоминающую по форме лист клевера. У любой тРНК есть петля для контакта с рибосомой (1), антикодонная петля (2), петля для контакта с ферментом (3), акцепторный стебель (4), антикодон (5). Аминокислота присоединяется к 3'-концу акцепторного стебля. Антикодон — три нуклеотида, «опознающие» кодон иРНК. Следует подчеркнуть, что конкретная тРНК может транспортировать строго определенную аминокислоту, соответствующую ее антикодону. Специфичность соединения аминокислоты и тРНК достигается благодаря свойствам фермента аминоацил-тРНК-синтетаза.

Рибосомные РНК содержат 3000–5000 нуклеотидов; молекулярная масса — 1 000 000–1 500 000. На долю рРНК приходится 80–85% от общего содержания РНК в клетке. В комплексе с рибосомными белками рРНК образует рибосомы — органоиды, осуществляющие синтез белка. В эукариотических клетках синтез рРНК происходит в ядрышках. Функции рРНК: 1) необходимый структурный компонент рибосом и, таким образом, обеспечение функционирования рибосом; 2) обеспечение взаимодействия рибосомы и тРНК; 3) первоначальное связывание рибосомы и кодона-инициатора иРНК и определение рамки считывания, 4) формирование активного центра рибосомы.

Информационные РНК разнообразны по содержанию нуклеотидов и молекулярной массе (от 50 000 до 4 000 000). На долю иРНК приходится до 5% от общего содержания РНК в клетке. Функции иРНК: 1) перенос генетической информации от ДНК к рибосомам, 2) матрица для синтеза молекулы белка, 3) определение аминокислотной последовательности первичной структуры белковой молекулы.

Вопрос 3. ДНК — носитель наследственной информации

В 1928 г. Ф. Гриффит обнаружил у пневмококков явление трансформации (преобразование свойств бактерий). Природа трансформирующего агента была установлена Эвери, Маклеодом и Маккарти в 1944 г., им оказалась ДНК. Так открытие и изучение трансформации доказало роль ДНК как материального носителя наследственной информации.

Трехмерная модель пространственного строения двухцепочечной ДНК была описана в аперльском журнале Nature в 1953 г. Дж. Уотсоном, Френсисом Криком и Морисом Уилкинсом. Эти исследования легли в основу молекулярной биологии, изучающей основные свойства и проявления жизни на молекулярном уровне.

Структура ДНК – полимер, структурной единицей которого является нуклеотид.

Нуклеотид состоит из азотистого основания пуринового: аденин (А) или гуанин (Г) или пиримидинового: цитонин (Ц) или тимин (Т), углевода дезоксирибозы (пятиуглеродное сахарное кольцо) и остатка фосфорной кислоты (HPO_3^-). Двойная спираль ДНК правосторонняя. 10 пар оснований составляют полный оборот 360° , следовательно, каждая пара оснований повернута на 36 градусов вокруг спирали относительно следующей пары. Фосфатные группировки находятся снаружи спиралей, а основания – внутри и расположены с интервалом 34нм . Цепи удерживаются вместе водородными связями между основаниями и закручены одна вокруг другой и вокруг общей оси.

В разработке модели ДНК важную роль сыграли наблюдения Чаргаффа (1949) о том, что количественные отношения гаунина всегда равны содержанию цитозина, а содержание аденина соответствует содержанию тимина. Это положение было названо правилом Чаргаффа:



Нуклеотиды соединены в полинуклеотидную цепь связями между $5'$ положения одного пентозного конца и $3'$ положения следующего пентозного кольца через фосфатную группу с образованием фосфодиэфирных мостиков, т.е. сахарно-фосфатный остов ДНК состоит из $5' - 3'$ связей. Генетическая информация записана в последовательности нуклеотидов в направлении от $5'$ конца к $3'$ концу – такая нить принято называть смысловой ДНК, здесь расположены гены. Вторая нить направления $3' - 5'$ считается антисмысловой, но является необходимым "эталоном" хранения генетической информации. Антисмысловая нить играет большую роль в процессах репликации и репарации (восстановление структуры поврежденной ДНК). Основания в антипараллельных нитях образуют за счёт водородных связей комплементарные пары: $A+T; G+C$. Таким образом,

структура одной нити определяет последовательность нуклеотидов другой нити. Следовательно, последовательности оснований в нитях ДНК всегда антипараллельны и комплементарны.

Принцип комплементарности универсален для процессов репликации и транскрипции.

Сегодня описаны несколько модификаций молекулы ДНК. Полиморфизм ДНК - это способность молекулы принимать различные конфигурации.

Знание структуры и функции ДНК крайне важно для понимания сути некоторых генетических процессов, которые являются матричными. Было ясно, что сама ДНК не может играть роль матрицы при синтезе белков из аминокислот, т.к. почти вся она находится в хромосомах, расположенных в ядре, в то время как большинство, в случае если не все, клеточные белки синтезируются в цитоплазме. Таким образом, генетическая информация, заключенная в ДНК, должна передаваться какой-то промежуточной молекуле, которая транспортировалась бы в цитоплазму и участвовала в синтезе полипептидных цепей. Предположение о том, что такой промежуточной молекулой должна быть РНК, стало всеерьез рассматриваться сразу, как только была открыта структура двойной спирали ДНК. В первую очередь, клетки, синтезирующие большое количество белка, содержали много РНК. Во-вторых, еще более важным казалось то, что сахарофосфатные "скелеты" ДНК и РНК чрезвычайно сходны и было бы легко представить себе, как происходит синтез одиночных цепей РНК на одноцепочной ДНК с образованием нестабильных гибридных молекул, одна цепь которых представлена ДНК, а другая РНК. Взаимоотношения ДНК, РНК и белка в 1953 г. были представлены в виде следующей схемы:

транскрипция трансляция
Репликация ДНК-----→ РНК-----→ белок,

где одиночные цепи ДНК служат матрицами при синтезе комплементарных молекул ДНК (репликация). В свою очередь, молекулы РНК служат матрицами для последовательного соединения аминокислот с образованием полипептидных цепей белков в процессе, названном так потому, что "текст", написанный на "языке" нуклеотидов, переводится (транслируется) на "язык" аминокислот. Группа нуклеотидов, кодирующая одну аминокислоту, принято называть кодоном.

РНК – рибонуклеиновая кислота, имеет много общего со структурой ДНК, но отличается от нее рядом признаков:

- углеводом РНК, к которому присоединяются пуриновые или пиримидиновые основания и фосфатные группы, является рибоза;
- в состав РНК, как и в состав ДНК, входят азотистые основания аденин, гуанин и цитозин. Но РНК не содержит тимина, его место в молекуле РНК занимает урацил;
- РНК – одноцепочечная молекула;
- так как молекула РНК одноцепочечная, то правило Чаргаффа, установленное для ДНК, может не выполняться по равенству содержания оснований.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК), присутствующие в клетках как про- так

и эукариот, бывают трех базовых видов: матричные РНК (мРНК), рибосомные РНК (рРНК) и транспортные РНК (тРНК).

В ядре клеток эукариот содержится РНК четвертого типа гетерогенная ядерная РНК (гЯРНК), которая является точной копией (транскриптом) соответствующей ДНК.

Молекулы тРНК узнают в цитоплазме соответствующий триплет (кодон в мРНК) и переносят нужную аминокислоту к растущей полипептидной цепи. Узнавание кодона в мРНК осуществляется с помощью трех последовательных оснований в тРНК, называемых антикодонами. Считают, что для каждой аминокислоты имеется, по крайней мере, одна тРНК.

Вопрос 4. Репликация ДНК

Репликация ДНК — процесс синтеза дочерней молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты на матрице родительской молекулы ДНК. В ходе последующего деления материнской клетки каждая дочерняя клетка получает по одной копии молекулы ДНК, которая является идентичной ДНК исходной материнской клетки. Этот процесс обеспечивает точную передачу генетической информации из поколения в поколение. Репликацию ДНК осуществляет сложный ферментный комплекс, состоящий из 15—20 различных белков, называемый *реплисомой*.

История изучения

Каждая молекула ДНК состоит из одной цепи исходной родительской молекулы и одной вновь синтезированной цепи. Такой механизм репликации называется полуконсервативным. В настоящее время этот механизм считается доказанным благодаря опытам Мэтью Мезельсона и Франклина Стала (1958 г.). Ранее существовали и две другие модели: «консервативная» — в результате репликации образуется одна молекула ДНК, состоящая только из родительских цепей, и одна, состоящая только из дочерних цепей; «дисперсионная» — все получившиеся в результате репликации молекулы ДНК состоят из цепей, одни участки которых вновь синтезированы, а другие взяты из родительской молекулы ДНК.

Общие представления

Репликация ДНК — ключевое событие в ходе деления клетки. Принципиально, чтобы к моменту деления ДНК была реплицирована полностью и при этом только один раз. Это обеспечивается определёнными механизмами регуляции репликации ДНК. Репликация проходит в три этапа:

1. инициация репликации
2. элонгация
3. терминация репликации.

Регуляция репликации осуществляется в основном на этапе инициации. Это достаточно легко осуществимо, потому что репликация может начинаться не с любого участка ДНК, а со строго определённого, называемого сайтом инициации репликации. В геноме таких сайтов может быть как всего один, так и много. С понятием сайта инициации репликации тесно связано понятие *репликон*. Репликон — это участок ДНК, который содержит сайт инициации репликации и реплицируется после начала синтеза ДНК с этого сайта. Геномы бактерий, как правило, представляют собой один репликон, это значит, что репликация всего

генома является следствием всего одного акта инициации репликации. Геномы эукариот (а также их отдельные хромосомы) состоят из большого числа самостоятельных репликонов, это значительно сокращает суммарное время репликации отдельной хромосомы. Молекулярные механизмы, которые контролируют количество актов инициации репликации в каждом сайте за один цикл деления клетки, называются контролем копияности. В бактериальных клетках помимо хромосомной ДНК часто содержатся плазмиды, которые представляют собой отдельные репликоны. У плазмид существуют свои механизмы контроля копияности: они могут обеспечивать синтез как всего одной копии плазмиды за клеточный цикл, так и тысяч копий.

Репликация начинается в сайте инициации репликации с расплетания двойной спирали ДНК, при этом формируется *репликационная вилка* — место непосредственной репликации ДНК. В каждом сайте может формироваться одна или две репликационные вилки в зависимости от того, является ли репликация одно- или двунаправленной. Более распространена двунаправленная репликация. Через некоторое время после начала репликации в электронный микроскоп можно наблюдать *репликационный глазок* — участок хромосомы, где ДНК уже реплицирована, окружённый более протяжёнными участками нереплицированной ДНК.

В репликационной вилке ДНК копирует крупный белковый комплекс (реплисома), ключевым ферментом которого является ДНК-полимераза. Репликационная вилка движется со скоростью порядка 100 000 пар нуклеотидов в минуту у прокариот и 500—5000 — у эукариот.

Молекулярный механизм репликации

Ферменты (хеликаза, топоизомераза) и ДНК-связывающие белки расплетают ДНК, удерживают матрицу в разведённом состоянии и вращают молекулу ДНК. Правильность репликации обеспечивается точным соответствием комплементарных пар оснований и активностью ДНК-полимеразы, способной распознать и исправить ошибку. Репликация у эукариот осуществляется несколькими разными ДНК-полимеразами. Далее происходит закручивание синтезированных молекул по принципу суперспирализации и дальнейшей компактизации ДНК. Синтез энергозатратный.

Цепи молекулы ДНК расходятся, образуют репликационную вилку, и каждая из них становится матрицей, на которой синтезируется новая комплементарная цепь. В результате образуются две новые двуспиральные молекулы ДНК, идентичные родительской молекуле.

Характеристики процесса репликации

- *матричный* — последовательность синтезируемой цепи ДНК однозначно определяется последовательностью материнской цепи в соответствии с принципом комплементарности;
- *полуконсервативный* — одна цепь молекулы ДНК, образовавшейся в результате репликации, является вновь синтезированной, а вторая — материнской;
- идёт в направлении от 5'-конца новой молекулы к 3'-концу;
- *полунепрерывный* — одна из цепей ДНК синтезируется непрерывно, а вторая — в виде набора отдельных коротких фрагментов (фрагментов Оказаки);

- начинается с определённых участков ДНК, которые называются *сайтами инициации репликации*

Вопрос 5. Ген. Генетический код

Ген – участок ДНК, в котором закодирована информация о строении одного белка. Если белок имеет четвертичную структуру и состоит из нескольких полипептидов, то ген будет кодировать один полипептид. В этом случае в синтезе белка будут участвовать несколько генов.

Порядок чередования нуклеотидов в ДНК кодирует определенную последовательность аминокислот в полипептиде (первичной структуре белка). Способ зашифровки белка в ДНК называется генетическим кодом.

В 1954 г. А. Гамов предположил, а в 1961 г. Ф. Крик доказал, что генетический код триплетный. Это значит, что каждую аминокислоту кодируют три нуклеотида (триплет). В состав белка входят 20 аминокислот. Из 4 видов нуклеотидов можно получить 64 триплета. Большинство аминокислот кодируются не одним, а двумя, тремя, четырьмя и даже шестью триплетами. Такое свойство кода называется избыточностью.

Строение всех триплетов было открыто благодаря работам М. Ниренберга, Дж. Маттеи (1961) и С. Очоа (1962).

Основные свойства генетического кода:

- 1) код триплетный (каждую аминокислоту кодируют три нуклеотида);
- 2) избыточный или вырожденный (все аминокислоты, кроме метионина и триптофана, кодируются двумя или большим числом триплетов);
- 3) не перекрывается (триплеты не накладываются друг на друга);
- 4) не содержит разделительных знаков между триплетами;
- 5) специфичный (один кодон кодирует одну определенную аминокислоту);
- 6) коллинеарный (расположение триплетов в ДНК соответствует расположению аминокислот в белке);
- 7) в основном универсальный (одинаковые триплеты у разных видов организмов кодируют одни и те же аминокислоты);
- 8) три триплета (УАА, УАГ и УГА) не кодируют аминокислоты, они находятся в конце гена и означают окончание синтеза (кодона – терминаторы).

Вопросы для повторения:

1. Какие виды нуклеиновых кислот обнаружены в клетке?
2. Какова биологическая роль ДНК?
3. Какова биологическая роль РНК?
4. Какие виды РНК имеются в клетке?
5. Сравните структуру ДНК и РНК?

Тема: Строение и функции клетки

Вопросы:

1. Прокариотические и эукариотические клетки
2. Цитоплазма и клеточная мембрана
3. Органоиды клетки

Вопрос 1. Прокариотические и эукариотические клетки

Все живые организмы могут быть распределены в одну из двух групп (прокариоты или эукариоты) в зависимости от основной структуры их клеток. Прокариоты — живые организмы, состоящие из клеток, которые не имеют клеточного ядра и мембранных органелл. Эукариоты — живые организмы, клетки которых содержат ядро, а также мембранные органеллы. Клетка является фундаментальной составляющей нашего современного определения жизни и живых существ. Клетки рассматриваются в качестве основных строительных блоков жизни и используются в определении того, что значит быть «живым».

Прокариоты — организмы, состоящие из клеток, которые не имеют клеточного ядра или любых мембранных органелл. Это означает, что генетический материал ДНК у прокариот не связан в ядре. Кроме того, ДНК прокариот менее структурировано, чем у эукариот. У прокариот ДНК одноконтурный, ДНК эукариот организовано в хромосомы. Большинство прокариот состоят только из одной клетки (одноклеточные), но есть несколько и многоклеточных. Ученые разделяют прокариот на две группы: бактерии и археи. Типичная клетка прокариота содержит следующие части: клеточные стенки; плазматическая (клеточная) мембрана; цитоплазма; рибосомы; жгутики и пили; нуклеоид; плазмиды.

Эукариоты — живые организмы, клетки которых содержат ядро и мембранные органеллы. Генетический материал у эукариот находится в ядре, а ДНК организовано в хромосомы. Эукариотические организмы могут быть одноклеточными и многоклеточными. Все животные являются эукариотами. Также эукариоты включают растения, грибы и простейших. Типичная клетка эукариота содержит следующие части: плазматическая (клеточная) мембрана; ядрышко; ядро; хромосомы; рибосомы; эндоплазматический ретикулум; аппарат (комплекс) Гольджи; цитоскелет; цитоплазма; лизосома; центриоль; митохондрии.

Вопрос 2. Цитоплазма и клеточная мембрана

Клетка — сложная целостная физиологическая система, в которой происходят все процессы жизнедеятельности: обмен веществ и энергии, раздражимость, рост, самовоспроизведение.

Основные элементы клетки — *клеточная мембрана, цитоплазма, органеллы и ядро*. Клетка может жить и нормально функционировать только при наличии этих компонентов, которые тесно взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой.

Клеточная мембрана. Каждая клетка окружена мембраной (толщина которой приблизительно 10 нм), которая отделяет её от внешней среды.

Основой мембраны является двойной слой жироподобных веществ (*билипидный*). Толщю этого слоя липидов пронизывают молекулы белков, которые образуют в мембране функциональные отверстия (поры), через которые может происходить проникновение небольших по размеру полярных молекул в клетку или наружу. Некоторые неполярные молекулы (например, органические растворители — спирты, эфиры, ацетон) могут проникать в клетку непосредственно через *билипидный слой*. Большие органические и неорганические молекулы обычно через мембрану не проходят. Но при необходимости клетка может активно поглощать или выделять их наружу, используя на это энергию.



Рис. Схематическое строение клетки: 1 — клеточная мембрана; 2 — цитоплазма; 3 — эндоплазматическая сетка; 4 — реснички; 5 — ядро; 6 — ядрышко; 7 — лизосома; 8 — митохондрия; 9 — центросома; 10 — аппарат Гольджи

Поскольку не все молекулы свободно проникают через клеточную мембрану, говорят о её избирательной проницаемости, которая создаёт в клетке свой, особенный химический состав. Обеспечивая избирательность проникновения во внутрь клетки питательных веществ, и задерживая вредные для неё, клеточная мембрана выполняет защитную функцию и способствует сохранению постоянства внутренней среды клетки.

Из-за разницы в проницаемости мембраны к ионам Калия, Натрия, Хлора и некоторых других элементов на ней формируется электрический заряд. Величина его, например, в нервной клетке — всего 0,07 В. При этом внешняя поверхность клеточной мембраны заряжена положительно, а внутренняя отрицательно, что является основой для возникновения *возбуждения* — электрического процесса, который является первой реакцией клетки на действие раздражителя.

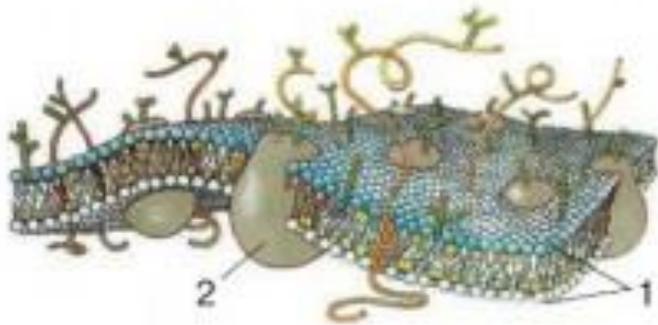


Рис. Клеточная мембрана: 1 — двойной слой жироподобных веществ; 2 — белок

На внешней поверхности мембраны прикрепляются молекулы *белков-рецепторов*, которые могут воспринимать различные раздражители (химические, механические, электрические). Воспринимая действие раздражителя, клетки изменяют свою активность: нервная генерирует электрический импульс и передаёт его, мышечная сокращается, а секреторная выделяет секрет. На внутренней поверхности мембраны также крепятся молекулы белков, чаще всего — белки-ферменты.

Цитоплазма — это внутреннее содержание клетки, состоящее из водянистого коллоидного вещества — цитозоля и включений — нерастворимых продуктов обмена веществ клетки. Ими бывают капли жира (например, в подкожной основе) или комочки животного крахмала гликогена (в печени или скелетных мышцах), которые отложились в клетке впрок.

Органеллы — это постоянно действующие структурные компоненты клетки: *митохондрии* (обеспечивают процесс внутриклеточного дыхания — окисление углеводов, жиров и белков с выделением энергии), *эндоплазматическая сеть с рибосомами*, (принимают участие в синтезе белков), *аппарат Гольджи* (накапливает ферменты, гормоны), *лизосомы* (переваривают лишние для клетки вещества, бактерии и т. п.), *центросома* (играет значительную роль в делении клетки).

Ядро — обязательный и самый большой компонент клетки. В нём сосредоточена основная масса наследственного материала молекулы нуклеиновых кислот, которые собраны в надмолекулярные образования хромосомы. В ядрах клеток человека имеется 23 пары хромосом. При этом одна хромосома в каждой паре — материнская, другая — отцовская. Ядро имеют все клетки организма человека, кроме зрелых эритроцитов. Как правило, в клетке есть одно ядро, преимущественно шаровидной формы.

Вопрос 3. Органоиды клетки

В этой таблице рассматриваются все имеющиеся органоиды клетки, как растительной, как и животной.

Органоид (Органелла)	Строение	Функции
Цитоплазма	Внутренняя полужидкая субстанция, основа клеточной среды, образована мелкозернистой структурой. Содержит ядро и набор органоидов.	Взаимодействие между ядром и органоидами. Транспорт веществ.
Ядро	Шаровидной или овальной формы. Образовано ядерной оболочкой, состоящей из двух мембран, имеющих поры. Имеется полужидкая основа, называемая кариоплазма или клеточный сок. Хроматин или нити ДНК, образуют плотные структуры, называемые хромосомами. Ядрышки – мельчайшие, округлые тельца ядра.	Регулирует все процессы биосинтеза, такие как обмена веществ и энергии, осуществляет передачу наследственной информации. Кариоплазма ограничивает ядро от цитоплазмы, кроме того, дает возможность осуществлять обмен между непосредственно ядром и цитоплазмой. В ДНК заключена наследственная информация клетки, поэтому ядро – хранитель всей информации об организме. В ядрышках синтезируются РНК и белки, из которых образуются в последствие рибосомы.
Клеточная мембрана	Образована мембрана двойным слоем липидов, а также белком. У растений снаружи покрыта дополнительно слоем клетчатки.	Защитная, обеспечивает форму клеток и клеточную связь, пропускает внутрь клетки необходимые вещества и выводит продукты обмена. Осуществляет процессы фагоцитоза и пиноцитоза.
ЭПС (гладкая и шероховатая)	Образована эндоплазматическая сеть системой каналов в цитоплазме. В свою очередь, гладкая эпс образована, соответственно, гладкими мембранами, а шероховатая ЭПС – мембранами, покрытыми рибосомами.	Осуществляет синтез белков и некоторых других органических веществ, а также является главной транспортной системой клетки.
Рибосомы	Отростки шероховатой мембраны эпс шарообразной формы.	Главная функция – синтез белков.

Лизосомы	Пузырек, окруженный мембраной.	Пищеварение в клетке
Митохондрии	Покрываются наружной и внутренней мембранами. Внутренняя мембрана имеет многочисленные складки и выступы, называемые кристами	Синтезирует молекулы АТФ. Обеспечивает клетку энергией.
Пластиды	Тельца, окруженные двойной мембраной. Различают бесцветные (лейкопласты) зеленые (хлоропласты) и красные, оранжевые, желтые (хромoplastы)	Лейкопласты — накапливают крахмал. Хлоропласты — участие в процессе фотосинтеза. Хромoplastы — Накопление каротиноидов.
Клеточный Центр	Состоит из центриолей и микротрубочек	Участвует в формировании цитоскелета. Участие в процессе деления клетки.
Органоиды движения	Реснички, жгутики	Осуществляют различные виды движения
Комплекс (аппарат) Гольджи	Состоит из полостей, от которых отделяются пузырьки разных размеров	Накапливает вещества, которые синтезируются собственно клеткой. Использование этих веществ или вывод во внешнюю среду.

Вопросы для повторения:

1. Перечислите органоиды клетки.
2. Объясните роль клеточного центра.
3. Объясните роль рибосом.
4. Объясните роль лизосом.
5. Объясните роль ядра клетки.

Тема: Вирусы как неклеточная форма жизни

Вопросы:

1. Строение вирусов и их типы
2. Жизненный цикл вирусов (на примере вируса СПИДа или гепатита)
3. Клетка-хозяин и вирус-паразит: стратегии взаимодействия
4. Борьба с вирусными инфекциями

Вопрос 1. Строение вирусов и их типы

Вирусы — это мельчайшие частицы жизни, размером они раз в 50 меньше бактерий. Обычно вирусы нельзя увидеть в световой микроскоп, так как их особи более чем вдвое меньше длины световой волны. Особей вируса, находящихся в состоянии покоя, называют *вирионом*. Вирусы существуют в двух формах: *покоящейся*, или внеклеточной (вирусные частицы, или вирионы), и *репродуцирующей*, или внутриклеточной (комплекс «вирус — клетка хозяина»).

Формы вирусов различны, они могут быть *нитевидными, сферическими, пулевидными, палочковидными, многоугольными, кирпичеобразными, кубическими*, при этом некоторые имеют кубическую головку и отросток. Каждый вирион состоит из нуклеиновой кислоты и белков.

В вирионах вирусов всегда присутствует только один тип нуклеиновой кислоты — либо РНК, либо ДНК. Причем как та, так и другая может быть одноцепочечной и двуцепочечной, а ДНК может быть линейной или кольцевой. РНК в вирусах всегда только линейная, но она может быть представлена набором фрагментов РНК, каждый из которых несёт определённую часть генетической информации, необходимой для репродукции. По наличию той или иной нуклеиновой кислоты вирусы называют ДНК-содержащими и РНК-содержащими. Особо следует отметить, что в царстве вирусов функцию хранителя генетического кода выполняет не только ДНК, но и РНК (она может быть и двуцепочечной).

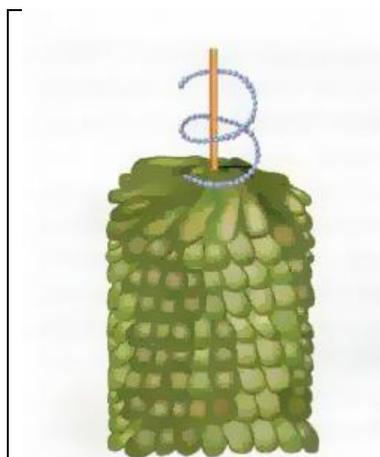
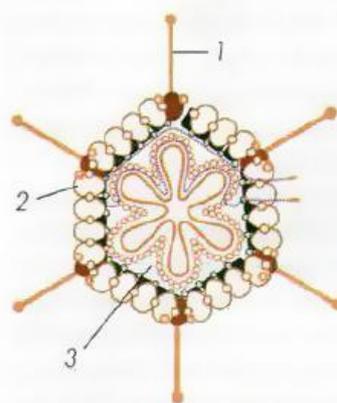


Схема строения вируса табачной мозаики



Модель вириона аденовируса:
1 — фибры; 2 — белки капсида;
3 — сердцевина

У вирусов очень простое строение. Каждый вирус состоит всего из двух частей — *сердцевины* и *капсида*. Сердцевина вируса, в которой находится ДНК или РНК, окружена белковой оболочкой — капсидом (лат. *capsa* — «вместилище», «ящик», «футляр»). Белки защищают нуклеиновую кислоту, а также обуславливают ферментативные процессы и мелкие изменения белков в капсиде. Капсид состоит из определённым образом уложенных однотипных белковых молекул — *капсомеров*. Обычно это или спиральный тип укладки или тип *симметричного многогранника* (изометрический тип).

Все вирусы условно разделяют на *простые* и *сложные*. Простые вирусы состоят только из сердцевины с нуклеиновой кислотой и капсида. Сложные вирусы на поверхности белкового капсида имеют ещё внешнюю оболочку, или *суперкапсид*, содержащий двухслойную липопротеидную мембрану, углеводы и белки (ферменты). Эта внешняя оболочка (суперкапсид) обычно бывает построена из мембраны клетки-хозяина.

На поверхности капсида находятся различные выросты — шипы, или «гвоздики» (их называют *фибрами*), и отростки. Ими вирион прикрепляется к поверхности клетки, в которую затем проникает. Следует отметить, что на поверхности вируса имеются ещё специальные *прикрепительные белки*, связывающие вирион со специфическими группами молекул — *рецепторами* (лат. *recipio* — «получаю», «принимаю»), находящимися на поверхности клетки, в которую проникает вирус. Одни вирусы прикрепляются к белковым рецепторам, другие — к липидам, третьи узнают углеводные цепочки в составе белков и липидов. В процессе эволюции вирусы «научились» узнавать чувствительные к ним клетки по наличию специальных рецепторов на клеточной поверхности хозяев.

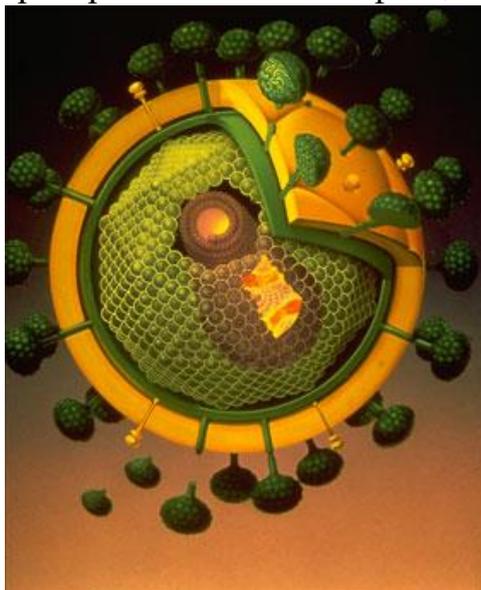
Вопрос 2. Жизненный цикл вирусов (на примере вируса СПИДа или гепатита)

Синдром приобретенного иммунного дефицита впервые описан американскими учеными в 1981 г. Более правильно это заболевание, которое мы называем СПИД, следует определять как ВИЧ-инфекция. Возбудителем ВИЧ-инфекции является особый вирус, который был почти одновременно открыт в 1983 г. французскими и американскими учеными (Л.Монтанье, Р.Галло).

На земном шаре циркулирует два типа вируса: ВИЧ-1 (открыт в 1983 г.) и ВИЧ-2 (1986 г.). ВИЧ-1 распространен в странах Северной Америки и Европы, ВИЧ-2 – в Западной Африке. В 1987 - 1988 годах больные СПИД, у которых заболевание было вызвано вирусом 2-го типа, зарегистрированы в США, Франции, Германии, Великобритании и других странах.

Существует несколько гипотез о происхождении вируса, но большинство ученых склоняется к мысли, что ВИЧ возник в результате мутаций (внезапного изменения отдельных генов при воздействии различных факторов) вирусов обезьян, сходных с ВИЧ. Появившись вначале на территории африканского континента, вирус многие годы циркулировал в отдельных, изолированных от внешнего мира, группах коренных жителей Африки. Экономическое освоение этих

территорий, расширение контактов и миграция населения способствовали распространению ВИЧ-инфекции в другие страны.



Возбудитель ВИЧ-инфекции относится к семейству ретровирусов, генетический аппарат которого представлен РНК. Вирусы представляют собой сферические частицы размером от 80 до 100 нм, которые состоят из нуклеиновой кислоты и белковой оболочки. Так же, как и другие вирусы, они способны жить и размножаться только в клетках других организмов. Важнейшей особенностью ретровирусов (в результате чего они и были названы ретровирусы) является наличие фермента обратной транскриптазы, который позволяет вирусу преобразовывать свою РНК в вирусную ДНК, а затем внедрять её в ДНК клетки-хозяина.

ВИЧ малоустойчив во внешней среде и не способен к репродукции вне организма человека! Он легко погибает под воздействием 5%-ного раствора перекиси водорода, раствора хлорамина, эфира, ацетона, 70⁰-ного спирта. При температуре 56⁰ С вирус погибает в течение 30 минут, при кипячении – мгновенно. Вместе с тем, вирус сохраняет жизнеспособность в высушенном состоянии 4-6 суток при +22⁰С, в растворе героина около 3-х недель.

Вирус малочувствителен к ионизирующему излучению и ультрафиолетовому облучению, устойчив к замораживанию.

Жизненный цикл возбудителя ВИЧ-инфекции включает определённые фазы:



Рис. Вирус связывается со специфическими рецепторными молекулами на поверхности Т-лимфоцита (CD4-клетки) и проникает в клетку, сбрасывая оболочку.

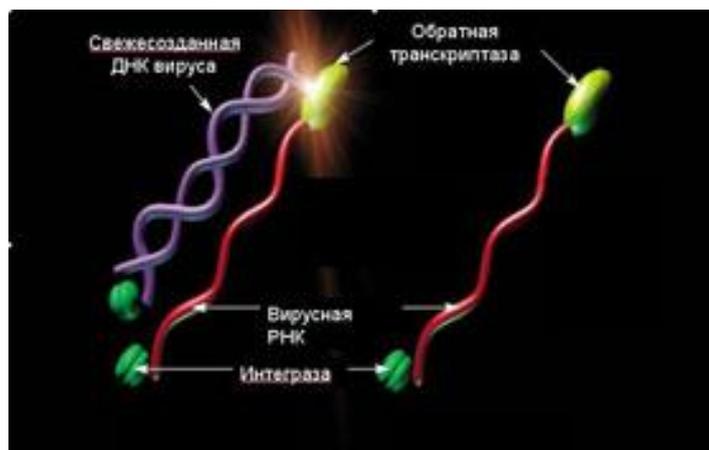


Рис. На матрице вирусной РНК с помощью фермента обратной транскриптазы синтезируется ДНК-копия, которая затем достраивается в двухцепочную ДНК-копию.

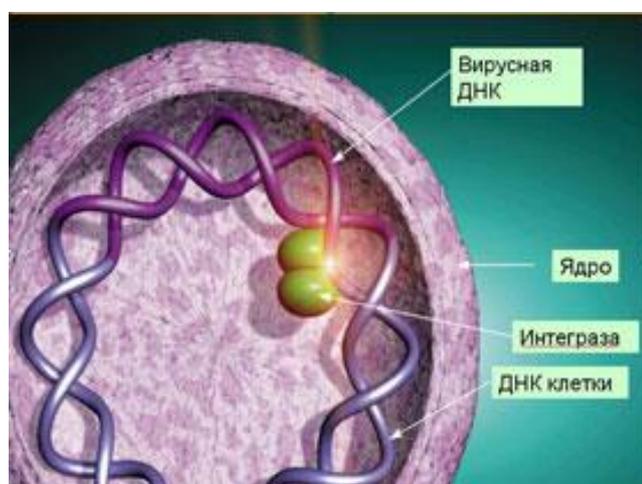


Рис. ДНК-копия перемещается в ядро клетки (действующий фермент на данном этапе – интеграна). Там она образует кольцевую структуру и встраивается в ДНК клетки.

ДНК-копия может сохраняться в клетке в течение нескольких лет. Ее присутствие обнаруживается в крови со специфическими антителами.

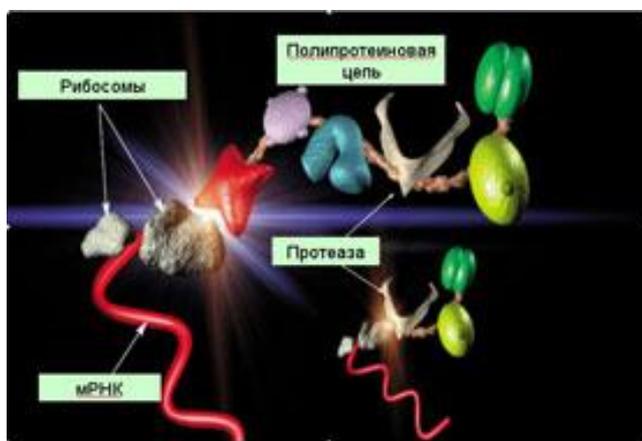


Рис. Вторичная инфекция организма стимулирует транскрипцию ДНК-копии - синтез вирусной матричной РНК.

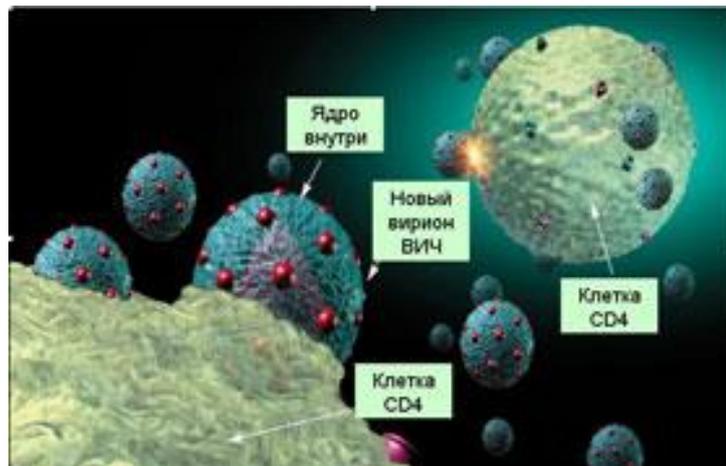


Рис. На вирусной матричной РНК клеточные рибосомы осуществляют синтез вирусных белков.

Из вновь синтезированных вирусных белков и вирусной РНК происходит сборка новых вирусных частиц; выход их из клетки часто заканчивается гибелью клетки.

Влияние ВИЧ на иммунную систему.

Назначение иммунной системы – защищать организм от внешних вторжений (антигенов). Вторгающиеся элементы распознаются как "не свои", то есть, не являющиеся частью организма, что вызывает защитную реакцию иммунной системы. Вирусы, бактерии, простейшие, грибки, трансплантированные ткани и органы, дрожжи, пыльца – это всё антигены.

Иммунная система состоит из специальных органов (вилочковой железы, костного мозга, лимфатических узлов, селезёнки и пр.) и клеток (лимфоцитов, макрофагов, моноцитов), расположенных по всему организму. Решающую роль в иммунном ответе играют Т – лимфоциты хелперы, которые распознают ВИЧ как антиген и выделяют целый ряд веществ, ускоряющих созревание других клеток иммунной системы, необходимых для борьбы с инфекцией. Одни из этих созревающих клеток продуцируют специфические белки – антитела, другие непосредственно узнают и разрушают заражённые возбудителем клетки. ВИЧ поражает клетки (Т-лимфоциты, моноциты, клетки головного мозга, толстого кишечника и лёгких), которые имеют на своей поверхности специфические рецепторы – CD4. Но в первую очередь поражаются Т-хелперы, что приводит к сбою работы иммунной системы и развитию иммунодефицита.

Проникая в клетки, вирус иммунодефицита человека какое-то время, часто до 1-5 лет, живет в них, не обнаруживая себя. При этом происходит выработка небольшого числа антител к вирусу, циркулирующих в кров (по их присутствию делается вывод об инфицировании). С момента проникновения вируса в кровь человек является носителем вируса способным заразить других людей. Заболевание развивается медленно, в течение нескольких лет, единственным признаком болезни может быть лишь увеличение нескольких групп лимфатических узлов. В последующем вирус активизируется, начинает стремительно размножаться,

уничтожая Т-лимфоциты. Причиной снижения количества Т-лимфоцитов является прямое разрушающее действие вируса на клетки и слияние их с инфицированными клетками.

Таким образом, поражается звено иммунитета, отвечающее за «запуск» работы иммунной системы, ее командный пункт. Т.е. иммунная система ждет сигнала отражать атаки, но не получает его, и человек, заражённый ВИЧ, становится беззащитным перед возбудителями различных инфекций, которые не представляют угрозы для практически здорового человека. Кроме того, развиваются опухоли, поскольку их возникновение и развитие обусловлено в большей степени иммунодефицитом. В патологический процесс вовлекается нервная система, куда ВИЧ проникает с инфицированными моноцитами. Поражение клеток ткани мозга может приводить к нарушению мозговой деятельности и в конечном итоге – развитию слабоумия (СПИД-деменции).

Вопрос 3. Клетка-хозяин и вирус-паразит: стратегии взаимодействия

Взаимодействие вируса с клеткой хозяина — это сложный многоступенчатый процесс, который начинается с адсорбции вирусных частиц на рецепторах клетки хозяина и продолжается после их проникновения внутрь клетки. В результате такого взаимодействия развивается либо продуктивная, либо abortивная, либо интегративная форма клеточной инфекции.

При продуктивной форме происходит размножение, точнее репродукция вируса, при abortивной - ее нарушение на одном из этапов, при интегративной - интеграция вирусной нуклеиновой кислоты в клеточный геном.

Вирусы - самореплицирующаяся форма, неспособная к бинарному делению, в отличие от микроорганизмов с клеточной организацией.

Размножение, или репродукция вирусов происходит путем репликации их нуклеиновой кислоты, и биосинтеза белков с последующей самосборкой вириона.

Вирусная репродукция представляет собой уникальную форму выражения чужеродной (вирусной) информации в клетках человека и животных, насекомых, растений и бактерий, которая состоит в подчинении клеточных матрично-генетических механизмов вирусной информации.

Жизненный цикл вирусов начинается с их адсорбции на мембране клетки-мишени и заканчивается выходом вновь синтезированных вирионов из клетки. Цикл включает в себя следующие стадии:

1. Адсорбция.

2. Внедрение вириона в клетку, сопряженное с одновременным разрушением его суперкапсидных и капсидных белков и высвобождением его геномной нуклеиновой кислоты.

3. Внутриклеточное размножение вируса, включающее в себя целую серию последовательных событий, заканчивающихся формированием зрелых вирионов и выходом их из клетки.

Адсорбция вируса на мембране клетки является пусковым моментом реализации его патогенных свойств, ибо без этого вирус не может проникнуть в клетку и размножиться в ней, он просто обречен на гибель.

Для каждого вируса на мембране клеток существуют специфические рецепторы, с которыми вирусы связываются с помощью своих рецепторов на основе так называемой органотропности вирусов. В связи с разнообразием клеточных и вирусных рецепторов на одних и тех же клетках могут адсорбироваться разные вирусы. Например, рецепторами для вируса гриппа являются мукопептиды, содержащие свободную N -ацетилнейраминовую кислоту, а рецептором вируса, распознающим его, является белок - гемагглютинин.

Проникновение вируса в клетку. Известны два механизма проникновения вируса в клетку:

- посредством слияния суперкапсида вируса с мембраной клетки. Благодаря этому происходит высвобождение нуклеокапсида в цитоплазму с последующей реализацией свойств вирусного генома.

- механизм пиноцитоза (виropексиса). В этом случае вирус связывается со специфическими рецепторами в области "окаймленной" ямки. Она впячивается внутрь клетки и превращается в окаймленный пузырек. Пузырек, содержащий поглощенный вирион, быстро сливается с промежуточным пузырьком - эндосомой, который сливается с лизосомой. Благодаря особым свойствам вирусных суперкапсидных белков происходит слияние липидных слоев суперкапсида и мембраны лизосомы, в результате этого нуклеокапсид оказывается в цитоллизе клетки, где происходит дальнейшее "раздевание" нуклеокапсида и высвобождение геномной нуклеиновой кислоты.

Внутриклеточное размножение. Проникнув в клетку, вирусный геном полностью подчиняет жизнь клетки своим интересам и с помощью ее белоксинтезирующей системы и систем генераций энергии осуществляет собственное воспроизводство, очень часто ценой жизни клетки.

Транскрипция и репликация вирусных геномов осуществляется несколькими путями:

1. Вирусы с негативным геномом РНК (минус-нитевые) имеют в своем составе вирусспецифическую РНК-полимеразу или транскриптазу. Они синтезируют и РНК на матрице геномной РНК. Подобный фермент отсутствует в нормальных клетках, но синтезируется клетками, зараженными вирусами.

2. У вирусов с положительным геномом РНК (плюс-нитевые) функцию и РНК выполняет сам геном, который транслирует содержащуюся в нем информацию на рибосомы хозяина.

3. РНК - содержащие ретровирусы стоят особняком, так как в их составе есть фермент обратная транскриптаза или ревертаза, способная переписывать информацию с РНК на ДНК.

4. Репликация вирусной ДНК происходит на обеих нитях ДНК при участии ДНК - полимеразы.

Сборка вириона состоит прежде всего в образовании нуклеокапсидов. Поскольку синтез вирусных белков и нуклеиновых кислот происходит в разных структурах клетки. Необходима транспортировка составных частей вириона в одно место сборки. При этом вирусные белки и нуклеиновые кислоты обладают способностью узнавать и самопроизвольно соединяться друг с другом. Многие

простые вирионы собираются на репликативных комплексах - мембранах цитоплазматического ретикулума. У сложных вирионов сборка нуклеокапсида начинается на репликативных комплексах, а заканчивается на плазматической мембране. После отделения почки, содержащей нуклеокапсид и суперкапсидные белки, образуются свободные вирионы. Они через клеточную плазматическую мембрану проходят во внеклеточное пространство, дальнейшее формирование вириона происходит в мембранах цитоплазматического ретикулума и в аппарате Гольджи, откуда вирус транспортируется на поверхность клетки.

Выход вирусных частиц из клетки - происходит двумя путями - простые вирусы, лишенные суперкапсида, например, пикорнавирусы вызывают деструкцию клетки и попадают во внеклеточное пространство.

Другие вирусы, имеющие липопротеидную оболочку, выходят из клетки путем почкования, в результате чего она еще сохраняет свою жизнеспособность (вирус гриппа и др.).

Вопрос 4. Борьба с вирусными инфекциями

На сегодняшний день в мире известно более тысячи видов бактерий и вирусов, и с каждым годом их число только растет. Специалисты в области медицины стараются идти в ногу со временем, создавая новые лекарства и вакцины, однако количество инфекционных больных становится все больше.

Вирусы, бактерии и грибки, которые являются причиной человеческих недугов, мгновенно адаптируются к любым нововведениям в сфере микробиологии и иммунологии.

В чем же заключается борьба с инфекциями, и каковы ее правила? Для ответа на этот вопрос потребуется почерпнуть знания из медицинской литературы.

Инфекция: значение и типы

Дословно термин «инфекция» с латинского означает «заражение, загрязнение». Иными словами, микроорганизмы проникают в человеческий организм и начинают вести с ним борьбу. Инфекционные заболевания делятся на вирусные и бактериальные, которые отличаются не только областью заражения, симптоматическими признаками, но и особенностью лечения.

Бактериальные инфекции способны вызвать такие болезни как: ангина, менингит, холера, сибирская язва, дифтерия и другие. Симптомы разные, в основном это боли в животе и тошнота.

Причинами появления болезней, возбудителями которых являются бактерии, служат низкий уровень иммунитета, а также внешние факторы: общение с больным, неправильная обработка продуктов, несоблюдение чистоты и гигиены.

Для борьбы с инфекциями используют антибиотики, которые делятся на два вида: первые убивают микроорганизмы, а вторые препятствуют их росту и развитию. От некоторых болезней может спасти вовремя сделанная прививка.

Вирусные инфекции являются источниками многих болезней: гриппа, ге-

патита Б, ВИЧ, бешенства и др. Основные симптомы: слабость, повышение температуры, озноб, потливость во время сна, стабильное снижение веса.

Причинами заражения могут быть контакт с носителями вируса, слабый иммунитет, неправильно обработанные продукты и т.д. Вывести вирусы из организма практически невозможно, бессильны даже антибиотики. Лечащий врач может назначить противовирусные препараты, но они лишь смягчают симптомы.

Один из надежных средств защиты против вирусной инфекции является вакцинация, которая помогает иммунной системе вырабатывать антитела.

Естественная защита

За способность организма противостоять различным бактериям и вирусам отвечает иммунная система, основная работа которой — это борьба с инфекциями. Соответственно, если у человека сильный иммунитет, значит у него высокая сопротивляемость к микроорганизмам и наоборот.

Частые простудные заболевания и обострение хронических свидетельствуют о слабой иммунной системе. Усилить защитные свойства организма можно с помощью витаминов (А, С, Е) и микроэлементов (цинк, селен).

Профилактика

Лучшим методом борьбы с инфекциями служит профилактика. Желательно придерживаться здорового образа жизни: правильное питание, полноценный сон, физическая нагрузка, прием поливитаминов (особенно Витамина С в холодное время года). В таком режиме иммунитет будет оставаться в тонусе, а риск подхватить инфекционное заболевание снизится до минимума.

Так же важно соблюдать чистоту и гигиену: мыть руки перед едой, регулярно убирать жилые помещения, проветривать комнаты. Зимой полезно делать ароматерапию с маслом пихты или апельсина и, конечно, не забывать про народные средства – лук и чеснок.

Вопросы для повторения:

1. Какие формы вирусов вы знаете?
2. Объясните строение вирусов.
3. Перечислите методы борьбы с вирусами.
4. Как вирусы проникают в клетку?
5. Как вирусы выходят из клетки?
6. Объясните происхождение вирусов.
7. Объясните, зачем нужно проводить вакцинацию населения.

Тема: Жизненный цикл клетки

Вопросы:

1. Клеточный цикл
2. Митоз
3. Цитокинез

Вопрос 1. Клеточный цикл

Период жизни клетки от момента её рождения в результате деления материнской клетки до следующего деления или смерти называется жизненным (клеточным) циклом клетки.

Клеточный цикл способных к размножению клеток включает две стадии: - ИНТЕРФАЗУ (стадия между делениями, интеркинез); - ПЕРИОД ДЕЛЕНИЯ (митоз). В интерфазе происходит подготовка клетки к делению – синтез различных веществ, но главным является удвоение ДНК. По продолжительности она составляет большую часть жизненного цикла. Интерфаза состоит из 3-х периодов:

1) Предсинтетический – G1 (джи один) – наступает сразу после окончания деления. Клетка растет, накапливает различные вещества (богатые энергией), нуклеотиды, аминокислоты, ферменты. Готовится к синтезу ДНК. Хромосома содержит 1 молекулу ДНК (1 хроматида).

2) Синтетический – S происходит удвоение материала – репликация молекул ДНК. Усиленно синтезируются белки и РНК. Происходит удвоение числа центриолей.

3) Постсинтетический G2 – предмитотический, продолжается синтез РНК. Хромосомы содержат 2 свои копии – хроматиды, каждая из которых несет по 1-ой молекуле ДНК (двунитевидная). Клетка готова к делению хромосома спирализуется.

Далее наступает процесс деления. Описано 3 способа деления эукариотических клеток:

- амитоз – прямое деление
- митоз – не прямое деление
- мейоз – редукционное деление

АМИТОЗ – встречается редко, особенно у стареющих клеток или при патологических состояниях (репарация тканей), ядро остаётся в интерфазном состоянии, хромосомы не спирализуются. Ядро делится путем перетяжки. Цитоплазма может и не делиться, тогда образуются двуядерные клетки.

Строение и функции хромосом

Хромосомы — структуры клетки, хранящие и передающие наследственную информацию. Хромосома состоит из ДНК и белка. Комплекс белков, связанных с ДНК, образует хроматин. Белки играют важную роль в упаковке молекул ДНК в ядре.

ДНК в хромосомах упакована таким образом, что умещается в ядре, диаметр

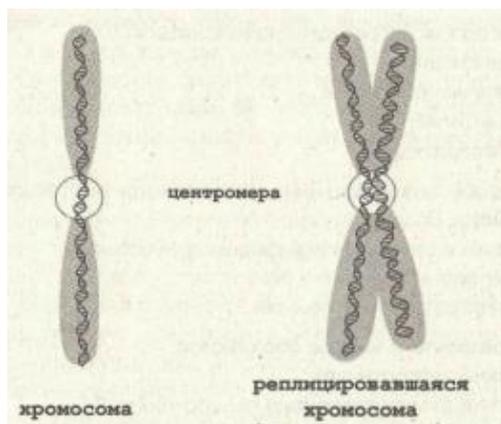
которого обычно не превышает 5 мкм (5-10- 4 см). Упаковка ДНК приобретает вид петельной структуры, похожей на хромосомы типаламповых щеток амфибий или политенных хромосом насекомых. Петли поддерживаются с помощью белков, которые узнают определенные последовательности нуклеотидов и сближают их. Строение хромосомы лучше всего видно в метафазе митоза.

Хромосома представляет собой палочковидную структуру и состоит из двух сестринских хроматид, которые удерживаются центромерой в области первичной перетяжки. Каждая хроматида построена из хроматиновых петель. Хроматин не реплицируется. Реплицируется только ДНК.

С началом репликации ДНК синтез РНК прекращается. Хромосомы могут находиться в двух состояниях: конденсированном (неактивном) и деконденсированном (активном).

Диплоидный набор хромосом организма называют кариотипом. Современные методы исследования позволяют определить каждую хромосому в кариотипе. Для этого учитывают распределение видимых под микроскопом светлых и темных полос (чередование АТ и ГЦ-пар) в хромосомах, обработанных специальными красителями. Поперечной исчерченностью обладают хромосомы представителей разных видов. У родственных видов, например у человека и шимпанзе, очень сходный характер чередования полос в хромосомах.

Каждый вид организмов обладает постоянным числом, формой и составом хромосом. В кариотипе человека 46 хромосом — 44 аутосомы и 2 половые хромосомы. Мужчины гетерогаметны (ХУ), а женщины гомогаметны (ХХ). У-хромосома отличается от Х-хромосомы отсутствием некоторых аллелей (например, аллеля свертываемости крови). Хромосомы одной пары называют гомологичными. Гомологичные хромосомы в одинаковых локусах несут аллельные гены.



Вопрос 2. Митоз

Митоз — процесс деления клеток, при котором хромосомы из ядра материнской клетки равномерно распределены между двумя новыми клетками. После завершения митоза, производятся две дочерние клетки с идентичным генетическим материалом.

Фазы митоза:

Препрофаза (в клетках растений) Препрофаза является дополнительной

фазой во время митоза в клетках растений, которая не встречается у других эукариот, таких как животные или грибы. Она предшествует профазе и характеризуется двумя различными событиями. Изменения, которые происходят в препрофазе: Образование полосы препрофазы — плотного микротрубочного кольца под плазматической мембраной. Начало зарождения микротрубочек в ядерной оболочке.

Профаза. В профазе хроматин конденсируется в дискретные хромосомы. Ядерная оболочка ломается, а веретено деления образуются на противоположных полюсах клетки. Профаза (по сравнению с интерфазой) является первым истинным шагом митотического процесса. Изменения, которые происходят в профазе: Хроматиновые волокна превращаются в хромосомы, имеющие по две хроматиды, соединенные в центромер. Волокна деления, состоящие из микротрубочек и белков, образуются в цитоплазме. В клетках животных волокна деления первоначально появляется как структуры, называемые астерами, которые окружают каждую пару центриолей. Две пары центриолей (сформированных из репликации одной пары в интерфазе) отходят друг от друга к противоположным полюсам клетки из-за удлинения микротрубочек, образующихся между ними.

Прометафаза — фаза митоза после профазы и предшествующая метафазе в эукариотических соматических клетках. Некоторые источники относят процессы, протекающие в прометафазе к поздней профазе и начальной стадии метафазы. Изменения, которые происходят в прометафазе: Ядерная оболочка распадается. Полярные волокна, которые представляют собой микротрубочки, составляющие волокна веретена, перемещаются от каждого полюса до экватора клетки. Кинетохоры, которые являются специализированными областями в центромерах хромосом, прикрепляются к типу микротрубочек, называемых кинетохорными нитями. Нити кинетохора «взаимодействуют» с веретеном деления. Хромосомы начинают мигрировать к центру клетки.

Метафаза. В метафазе полностью развиваются волокна деления, а хромосомы выравниваются на метафазной (экваториальной) пластине (плоскость, которая одинаково удалена от двух полюсов). Изменения, которые происходят в метафазе: Ядерная мембрана полностью исчезает. В клетках животных две пары центриолей расходятся в противоположных направлениях к полюсам клетки. Полярные волокна (микротрубочки, составляющие волокна веретена) продолжают распространяться от полюсов к центру. Хромосомы перемещаются случайным образом, пока не присоединяют (при помощи своих кинетохор) к полярным волокнам с обеих сторон центромеров. Хромосомы выравниваются на метафазной пластине под прямым углом к полюсам веретена. Хромосомы удерживаются на метафазной пластине равными силами полярных волокон, которые нажимают на их центромеры.

Анафаза. В анафазе парные хромосомы (сестринские хроматиды) отделяются и начинают двигаться к противоположным концам (полюсам) клетки. Волокна веретена, не связанные с хроматидами, вытягиваются и удлиняют клетку. В конце анафазы каждый полюс содержит полную копию хромосом. Из-

менения, которые происходят в анафазе: Парные центромеры в каждой отдельной хромосоме начинают раздвигаться. Как только парные сестринские хроматиды отделены друг от друга, каждая из них считается «полной» хромосомой. Они называются дочерними хромосомами. При помощи веретена деления, дочерние хромосомы перемещаются к полюсам на противоположные концы клетки. Дочерние хромосомы сначала мигрируют в центромер, а кинетохорные нити становятся короче, чем хромосомы вблизи полюсов. При подготовке к телофазе два полюса клетки также отдаляются друг от друга во время анафазы. В конце анафазы каждый полюс содержит полную копию хромосом. Начинается процесс цитокинеза (разделение цитоплазмы исходной клетки), который завершается после телофазы.

Телофаза. В телофазе хромосомы достигают ядер новых дочерних клеток. Изменения, которые происходят в телофазе: Полярные волокна продолжают удлиняться. Ядра начинают формироваться на противоположных полюсах. Ядерные оболочки новых ядер образуются из остатков ядерной оболочки материнской клетки и кусочков эндомембранной системы. Появляются ядрышка. Разматываются хроматиновые волокна хромосом. После этих изменений телофаза и митоз в основном завершены, а генетическое содержание одной клетки поделено на две части.

Вопрос 3. Цитокинез

Цитокинез — это разделение цитоплазмы клетки. Он начинается до конца митоза в анафазе и заканчивается вскоре после телофазы. В конце цитокинеза образуются две генетически идентичные дочерние клетки. Дочерние клетки. В конце митоза и цитокинеза хромосомы распределены поровну между двумя дочерними клетками. Эти клетки являются идентичными диплоидными клетками, причем каждая из которых содержит полный набор хромосом. Клетки, продуцируемые через митоз, отличаются от клеток, продуцируемых через мейоз. В мейозе образуются четыре дочерние клетки. Эти клетки представляют собой гаплоидные клетки, содержащие половину числа хромосом от исходной клетки. Половые клетки подвергаются мейозу.

Вопросы для повторения:

1. Какие изменения в клетке происходят перед процессом деления?
2. Как называется эта фаза?
3. Перечислите фаза митоза
4. Какова роль веретена деления в ходе митоза?
5. Какие изменения происходят в профазе?
6. Какие изменения происходят в метофазе?
7. Какие изменения происходят в анафазе?
8. Какие изменения происходят в телофазе?
9. В чем заключается биологическое значение митоза?

Тема: Размножение организмов

Вопросы:

1. Организм — единое целое
2. Многообразие организмов
3. Размножение — важнейшее свойство живых организмов
4. Половое и бесполое размножение

Вопрос 1. Организм — единое целое

Особь, или индивидуум (от лат. *individuum* – неделимое), – это неделимая единица жизни. Самый главный признак любого живого организма – строгая взаимозависимость отдельных его частей. Разделение особи на части приведёт к потере её целостной уникальной индивидуальности. Человек, птица, дерево – это особи, но печень, мозг, крыло, клюв, лист или ветка не обладают признаками целого организма. Организм – это не простая сумма клеток, тканей и органов. Лишь строгое соподчинение и взаимодействие формируют новое единство и придают особи черты и свойства, отсутствующие у отдельных её компонентов.

Любой живой организм имеет клеточное строение. Исключение, как нам уже известно, составляют вирусы, но и они не способны существовать вне клеток. Учёные до сих пор спорят, относить ли вирусы к живым существам. С одной стороны, они обладают свойствами живой материи – наследственностью и изменчивостью, но в то же время не способны к самостоятельному существованию и размножению, проявляя эти свойства только внутри про- или эукариотических клеток.

Вопрос 2. Многообразие организмов

Многообразие живых существ нашей планеты, образующих единую биосферу, огромно и с трудом поддаётся описанию и подсчёту. По самым приблизительным оценкам, сейчас на Земле обитает несколько миллионов видов живых организмов. Только беспозвоночных насчитывают более 1,5 млн. видов, при этом каждый год описывают сотни новых видов, и учёные считают, что большинство беспозвоночных животных, в основном пауков, насекомых и круглых червей, до сих пор неизвестны науке. Более 350 тыс. видов растений, около 100 тыс. видов грибов, огромное число видов бактерий и сине-зелёных водорослей населяют нашу планету, создавая то неповторимое единство, частью которого являемся и мы с вами.

Для любого организма характерны все признаки живого: обмен веществ и превращение энергии, рост, развитие и размножение, наследственность и изменчивость. Эти свойства мы рассмотрим с вами в последующих параграфах этой главы.

Все организмы разделяют на одноклеточные и многоклеточные.

Одноклеточные организмы. К этой группе относят организмы, тело которых состоит из одной клетки, т. е. для них клеточный и организменный уровни едины. Одноклеточные прокариоты – это бактерии и сине-зелёные водоросли

(циано-бактерии). Одноклеточные эукариоты встречаются во всех трёх царствах эукариот. У грибов – это одноклеточные дрожжи, в царстве растений – одноклеточные зелёные водоросли (например, хламидомонада и хлорелла), среди животных – более 40 тыс. видов простейших, например амёбы и инфузории, споровики и фораминиферы. Клетки одноклеточных обладают всеми признаками самостоятельных организмов и способны осуществлять все функции, необходимые для жизнедеятельности. В отличие от клеток многоклеточных организмов, у одноклеточных существуют органоиды специального назначения, помогающие им выполнять все необходимые функции. Способность к движению и захвату пищи обеспечивают ложноножки, жгутики и реснички. Для реализации выделительной функции существуют сократительные вакуоли. Свойство живых организмов – раздражимость обеспечивают специализированные внутриклеточные структуры, например светочувствительный глазок у эвглены зелёной позволяет ей определять направление движения к источнику света. Клетки одноклеточных устроены гораздо более сложно, нежели клетки, входящие в состав многоклеточного организма.

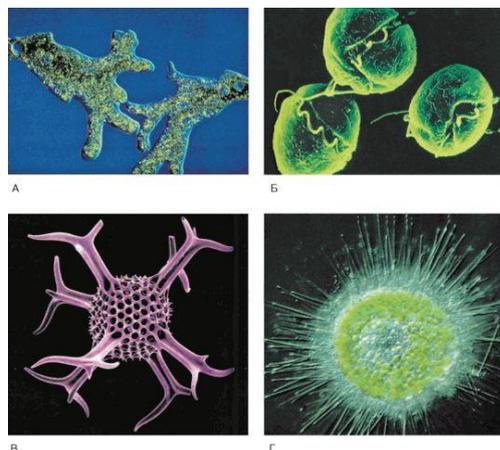


Рис. Многообразие одноклеточных организмов: А – амёба; Б – зелёные водоросли; В – радиолярия; Г – солнечник

Многоклеточные организмы. В многоклеточном организме клетки специализированы, т. е. они способны выполнять только какую-то определённую функцию и не могут самостоятельно существовать вне целого организма. У представителя кишечнополостных – гидры – организм состоит из семи типов клеток, а организм человека образован клетками более ста типов. Совокупность клеток различных типов и межклеточного вещества, связанных выполнением ряда одинаковых функций, называют *тканью*. Ткани и органы характерны не для всех многоклеточных организмов. Так, у кишечнополостных и губок, у водорослей разные типы клеток не объединены в ткани, не образуют органы и системы органов. У высших растений и у большинства животных усложняется внутреннее строение, и появляются специализированные системы органов, выполняющие отдельные функции. Специализация клеток у многоклеточных организмов повышает эффективность работы всего организма в целом, обеспечивает более сложные формы поведения и увеличивает продолжительность жизни.

Колонии одноклеточных организмов. Среди живых организмов существует группа, занимающая промежуточное положение между одноклеточными и многоклеточными организмами. Колониальные организмы – это совокупность одноклеточных особей, ведущих совместный образ жизни. Типичным представителем таких организмов является вольвокс – заполненный слизью шар, поверхность которого образована тысячами клеток. Двухжгутиковые клетки колонии связаны друг с другом цитоплазматическими мостиками, что позволяет вольвоксу согласованно работать жгутиками и плыть в направлении источника света. Отдельные клетки вольвокса уходят внутрь шара, образуя там «дочерние» молодые колонии. Новые колонии растут, порой образуя внутри себя уже «внучатые» колонии. Спустя некоторое время материнская колония лопаётся и погибает, а «дочерние» и «внучатые» колонии выходят наружу.

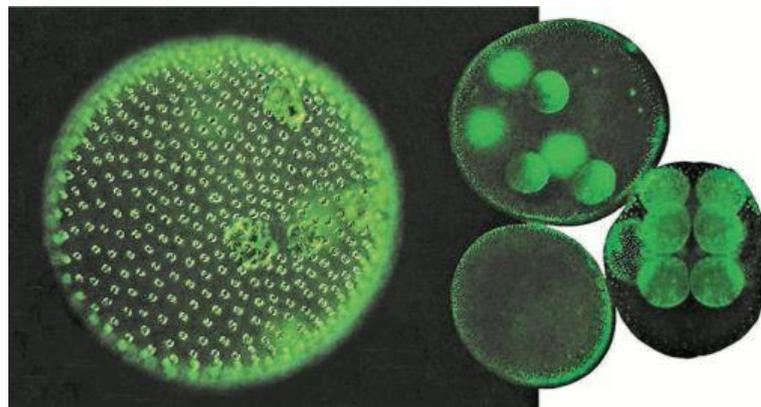


Рис. Вольвокс

Вопрос происхождения многоклеточных организмов представляет большой интерес, так как является основой для понимания эволюции живой природы. В настоящее время наиболее серьёзно аргументированы колониальные гипотезы происхождения многоклеточности. Согласно этим гипотезам, многоклеточные организмы в процессе эволюции возникли в результате усложнения организации некоторых колоний простейших.

Происхождение многоклеточности. Первую колониальную гипотезу происхождения многоклеточных предложил в 1874 г. зоолог-эволюционист Эрнст Генрих Геккель. Его гипотеза получила название «гипотеза гастрей». Учёный считал, что предком многоклеточных была шаровидная колония жгутиковых. В ходе эволюции из этой колонии путём впячивания могли возникнуть первые двуслойные многоклеточные с кишечной полостью. Этому гипотетического предка Геккель назвал гастреей. Наружный слой жгутиковых клеток выполнял в первую очередь двигательную функцию, а внутренний слой – пищеварительную.

В 1888 г. русский биолог Илья Ильич Мечников опубликовал другую колониальную гипотезу – «гипотезу фагоцителлы». По мнению учёного, предок многоклеточных (фагоцителла) мог возникнуть из шаровидных колоний жгутиконосцев путём перемещения части клеток внутрь колонии. При этом наружные

жгутиковые клетки продолжали выполнять двигательную функцию, а внутренние утрачивали жгутики, становились похожими на амёб и выполняли функцию фагоцитоза (отсюда и возникло название предковой формы).

Гипотеза фагоцителлы И. И. Мечникова завоевала широкое признание и нашла дальнейшее развитие в трудах многих современных учёных.

Вопрос 3. Размножение — важнейшее свойство живых организмов

Среди многообразных проявлений жизнедеятельности организмов особая роль принадлежит *размножению*. В определенном смысле существование самого организма является подготовкой к выполнению им главной биологической задачи – участию в размножении. В основе способности организмов к размножению лежат определенные клеточные механизмы – митоз, мейоз и оплодотворение. Эти процессы обеспечивают сохранение и передачу основных признаков данного вида организмов от родительского поколения к потомкам.

Способность к размножению является неотъемлемым свойством живых существ. Благодаря размножению осуществляется материальная преемственность и непрерывность поколений, а следовательно, непрерывность и преемственность жизни. Таким образом, биологическое значение размножения состоит в том, что оно обеспечивает *смену поколений* определенного вида организмов. При размножении в ряду поколений осуществляется передача генетического материала (ДНК), т.е. определенной, специфической для данного вида биологической информации. Наследственные изменения организмов в ряду поколений приводят к изменчивости вида и к эволюции.

Размножение возникло на самом раннем этапе исторического развития органического мира одновременно с образованием клетки. В зависимости от характера клеточного материала, используемого в целях размножения, выделяют различные способы и формы размножения. В живой природе встречаются два главных способа размножения: *бесполое* и *половое*.

Вопрос 4. Половое и бесполое размножение

Бесполое размножение – различные формы размножения организмов, при которых новый организм возникает из соматических клеток одного родителя, потомки являются точной копией его.

1. Формы бесполого размножения у одноклеточных.

1. Деление надвое (митозом) - из одной материнской клетки образуются две дочерние клетки, имеющие одинаковую наследственную информацию с материнской клеткой (саркодовые).

1. Множественное деление (шизогония) – ряд последовательных делений ядра с последующим делением цитоплазмы и образованием множества одноядерных клеток (споровики).

2. Почкование – формирование дочерней клетки (почки) меньшего раз-

мера на материнской клетке. Дочерняя клетка может отпочковываться от материнской клетки (дрожжи).

3. Спорообразование – формирование спор – одноклеточных образований, окруженных плотной оболочкой, служащих для распространения и переживания неблагоприятных условий (плесень мукор).

4. Эндогония – внутреннее почкование, когда ядро делится на 2 части, каждая даёт дочернюю особь (токсоплазма).

II Формы бесполого размножения у многоклеточных.

1. Вегетативное размножение – образование новой особи из части родительской, приводящее к появлению генетически однородных групп особей.

а) у грибов происходит путем отделения специализированных или неспециализированных участков таллома; у растений – черенками, клубнями, листьями, луковичками, усами и др.

б) у животных вегетативное размножение осуществляется:

- путем обособления частей тела с последующим восстановлением до целого организма – фрагментация (ресничные и дождевые черви);

- почкованием – образованием на материнском организме почки – выроста, из которого развивается новая особь (гидра).

1. Спорообразование – один из этапов цикла воспроизведения с помощью спор у семенных растений, у высших споровых.

2. Полиэмбриония – развитие нескольких зародышей (близнецов) из одной зиготы (броненосцы, человек).

Половое размножение – различные формы размножения организмов, при которых новый организм возникает из специализированных половых клеток или особей, выполняющих эти функции. При половом размножении необходимо, как правило, наличие двух родительских особей. Потомки, как правило, неидентичны.

I. Формы полового размножения у одноклеточных.

1. Копуляция – процесс слияния двух половых клеток или особей, не различающихся между собой (изогаметы) – у споровиков, жгутиковых.

2. Конъюгация – половой процесс, заключающийся во временном соединении двух особей и обмене частями их ядерного аппарата, а также небольшим количеством цитоплазмы (у бактерий, инфузорий).

II. Формы полового размножения у многоклеточных

1. С оплодотворением.

Оплодотворению предшествует осеменение – процессы, обуславливающие встречу гамет. Оно бывает наружное и внутреннее.

Оплодотворение – (сингамия) – слияние мужской половой клетки (сперматозоид, спермий) с женской (яйцо, яйцеклетка), приводящее к образованию зиготы, которая дает начало новому организму. Когда в яйцеклетку проникает один спермий, то такое явление называют моноспермией, если несколько – полиспермией.

2. Без оплодотворения.

Партеногенез – форма полового размножения, при котором женские организмы развиваются из неоплодотворенной яйцеклетки.

Различают естественный и искусственный партеногенез.

Естественный партеногенез открыт Ш.Бонне, происходит в природе без вмешательства человека. Он в свою очередь подразделяется на:

а) факультативный

б) облигатный

(а) При факультативном партеногенезе любое яйцо может дробиться как без оплодотворения, так и после него.

(б) При облигатном или обязательном партеногенезе развитие яйца возможно только без оплодотворения. Такой вид партеногенеза открыт в 1886г. А.А. Тихомировым. При этой форме партеногенеза развитие организма из неоплодотворенного яйца происходит после его механического или химического раздражения в лабораторных условиях.

Андрогенез – форма размножения организмов, при которой в развитии зародыша участвуют одно или два ядра, привнесенные в яйцо сперматозоидами, а женское ядро - не участвует. (встречается у тутового шелкопряда)

Гиногенез – форма размножения организмов, при которой сперматозоид стимулирует начало дробления яйцеклетки, но ядро его не сливается с ядром яйца и не участвует в последующем развитии зародыша. Иногда гиногенез рассматривают как одну из форм партеногенеза. Встречается гиногенез у покрытосеменных растений, некоторых видов рыб и земноводных, круглых червей.

Биологическая роль полового размножения.

При половом размножении наблюдается рекомбинация наследственных признаков родителей, поэтому появляются разнообразные генотипически и фенотипически потомки. Таким образом, половое размножение дает источник изменчивости, благодаря чему появляется возможность лучшего приспособления организмов к среде обитания, к сохранению различных видов организмов.

Вопросы для повторения:

1. В чем отличие бесполого размножения от полового?
2. Как осуществляется вегетативное размножение растений?
3. Перечислите виды полового размножения.
4. Перечислите виды партеногенеза.

Тема: Мейоз

Вопросы:

1. Ход мейоза

2. Образование половых клеток и оплодотворение

Вопрос 1. Ход мейоза

Мейоз – это особый способ деления эукариотических клеток, при котором исходное число хромосом уменьшается в два раза (от древнегреч. «мейон» – меньше – и от «мейозис» – уменьшение).

Главной особенностью мейоза является конъюгация (спаривание) гомологичных хромосом с последующим расхождением их в разные клетки. Поэтому в первом делении мейоза вследствие образования бивалентов к полюсам клетки расходятся не однохроматидные, а двуххроматидные хромосомы. В результате число хромосом уменьшается в два раза, и из диплоидной клетки образуются гаплоидные клетки.

Исходное число хромосом в клетке, которая вступает в мейоз, называется диплоидным ($2n$). Число хромосом в клетках, образовавшихся в ходе мейоза, называется гаплоидным (n).

Мейоз состоит из двух последовательных клеточных делений, которые соответственно называются мейоз I и мейоз II. В первом делении происходит уменьшение числа хромосом в два раза, поэтому его называют редукционным. Во втором делении число хромосом не изменяется; поэтому его называют эквационным (уравнивающим).

Предмейотическая интерфаза отличается от обычной интерфазы тем, что процесс репликации ДНК не доходит до конца: примерно 0,2...0,4 % ДНК остается не удвоенной. При наличии центриолей происходит их удвоение. Таким образом, в клетке имеется две диплосомы, каждая из которых содержит пару центриолей.

Первое деление мейоза (редукционное, или мейоз I)

Сущность редукционного деления заключается в уменьшении числа хромосом в два раза: из исходной диплоидной клетки образуется две гаплоидные клетки с двуххроматидными хромосомами (в состав каждой хромосомы входит 2 хроматиды).

Профаза I (профаза первого деления) включает ряд стадий.

Лептотена (стадия тонких нитей). Хромосомы видны в световой микроскоп в виде клубка тонких нитей.

Зиготена (стадия сливающихся нитей). Происходит конъюгация гомологичных хромосом (от лат. *conjugatio* – соединение, спаривание, временное слияние). Гомологичные хромосомы (или гомологи) – это парные хромосомы, сходные между собой в морфологическом и генетическом отношении. В результате конъюгации образуются биваленты. Бивалент – это относительно устойчивый комплекс из двух гомологичных хромосом. Гомологи удерживаются друг около

друга с помощью белковых синаптонемальных комплексов. Количество бивалентов равно гаплоидному числу хромосом. Иначе биваленты называются тетрады, так как в состав каждого бивалента входит 4 хроматиды.

Пахитена (стадия толстых нитей). Хромосомы спирализуются, хорошо видна их продольная неоднородность. Завершается репликация ДНК. Завершается кроссинговер – перекрест хромосом, в результате которого они обмениваются участками хроматид.

Диплотена (стадия двойных нитей). Гомологичные хромосомы в бивалентах отталкиваются друг от друга. Они соединены в отдельных точках, которые называются хиазмы (от древнегреч. буквы χ – «хи»).

Диакинез (стадия расхождения бивалентов). Хиазмы перемещаются к теломерным участкам хромосом. Биваленты располагаются на периферии ядра. В конце профазы I ядерная оболочка разрушается, и биваленты выходят в цитоплазму.

Метафаза I (метафаза первого деления). Формируется веретено деления. Биваленты перемещаются в экваториальную плоскость клетки. Образуется метафазная пластинка из бивалентов.

Анафаза I (анафаза первого деления). Гомологичные хромосомы, входящие в состав каждого бивалента, разъединяются, и каждая хромосома движется в сторону ближайшего полюса клетки. Разъединения хромосом на хроматиды не происходит.

Телофаза I (телофаза первого деления). Гомологичные двуххроматидные хромосомы полностью расходятся к полюсам клетки. В норме каждая дочерняя клетка получает одну гомологичную хромосому из каждой пары гомологов. Формируются два гаплоидных ядра, которые содержат в два раза меньше хромосом, чем ядро исходной диплоидной клетки. Каждое гаплоидное ядро содержит только один хромосомный набор, то есть каждая хромосома представлена только одним гомологом.

В большинстве случаев (но не всегда) телофаза I сопровождается цитокинезом.

После первого деления мейоза наступает интеркинез – короткий промежуток между двумя мейотическими делениями. Интеркинез отличается от интерфазы тем, что не происходит репликации ДНК, удвоения хромосом и удвоения центриолей: эти процессы произошли в предмейотической интерфазе и, частично, в профазе I.

Второе деление мейоза (эквационное, или мейоз II)

В ходе второго деления мейоза уменьшения числа хромосом не происходит. Сущность эквационного деления заключается в образовании четырех гаплоидных клеток с однохроматидными хромосомами (в состав каждой хромосомы входит одна хроматида).

Профаза II (профаза второго деления). Не отличается существенно от профазы митоза. Хромосомы видны в световой микроскоп в виде тонких нитей. В каждой из дочерних клеток формируется веретено деления.

Метафаза II (метафаза второго деления). Хромосомы располагаются в

экваториальных плоскостях гаплоидных клеток независимо друг от друга. Эти экваториальные плоскости могут быть параллельны друг другу или взаимно перпендикулярны.

Анафаза II (анафаза второго деления). Хромосомы разделяются на хроматиды (как при митозе). Получившиеся однохроматидные хромосомы в составе анафазных групп перемещаются к полюсам клеток.

Телофаза II (телофаза второго деления). Однохроматидные хромосомы полностью переместились к полюсам клетки, формируются ядра. Содержание ДНК в каждой из клеток становится минимальным и составляет 1с.

Таким образом, в результате описанной схемы мейоза из одной диплоидной клетки образуется четыре гаплоидные клетки. Дальнейшая судьба этих клеток зависит от таксономической принадлежности организмов, от пола особи и ряда других факторов.

Типы мейоза. При зиготном и споровом мейозе образовавшиеся гаплоидные клетки дают начало спорам (зооспорам). Эти типы мейоза характерны для низших эукариот, грибов и растений. Зиготный и споровый мейоз тесно связан со спорогенезом. При гаметном мейозе из образовавшихся гаплоидных клеток образуются гаметы. Этот тип мейоза характерен для животных. Гаметный мейоз тесно связан с гаметогенезом и оплодотворением. Таким образом, мейоз – это цитологическая основа полового и бесполого (спорового) размножения.

Биологическое значение мейоза. Немецкий биолог Август Вайсман (1887) теоретически обосновал необходимость мейоза как механизма поддержания постоянного числа хромосом. Поскольку при оплодотворении ядра половых клеток сливаются (и, тем самым, в одном ядре объединяются хромосомы этих ядер), и поскольку число хромосом в соматических клетках остается константным, то постоянному удвоению числа хромосом при последовательных оплодотворениях должен противостоять процесс, приводящий к сокращению их числа в гаметах ровно вдвое. Таким образом, биологическое значение мейоза заключается в поддержании постоянства числа хромосом при наличии полового процесса. Мейоз обеспечивает также комбинативную изменчивость – появление новых сочетаний наследственных задатков при дальнейшем оплодотворении.

Вопрос 2. Образование половых клеток и оплодотворение

Сперматогенез начинается с того, что незрелая половая клетка увеличивается в размерах и приступает к первому делению мейоза. Из исходной образуются две клетки, которые претерпевают второе деление мейоза. В результате двух мейотических делений из каждой незрелой мужской половой клетки образуются четыре зрелые клетки с гаплоидным набором хромосом (n). Превращение этих клеток в сперматозоиды связано со сложными процессами роста и специализации, но не сопровождается клеточным делением.

Образование женских половых гамет — овогенез идет по той же схеме, но с некоторыми существенными отличиями.

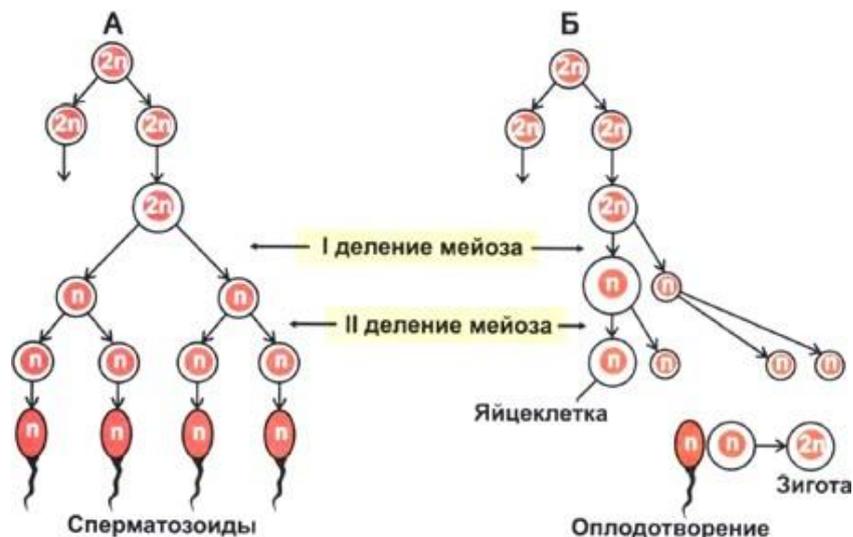


Рис. Образование половых клеток

Сперматогенез (А) и овогенез (Б); $2n$ - диплоидный набор хромосом; n - гаплоидный набор хромосом

В результате неравномерного распределения цитоплазмы как при первом, так и при втором делениях мейоза только в одной клетке оказывается большой запас питательных веществ, необходимых для развития будущего зародыша. Следовательно, образуется только одна зрелая яйцеклетка с гаплоидным набором хромосом (n) и три маленькие клеточки (направительные тельца), которые впоследствии погибают. При овогенезе наряду с мейозом происходит так называемое созревание яйцеклетки, во время которого значительно увеличивается ее объем.

Рассмотренное различие сперматогенеза и овогенеза способствует образованию во много раз большего числа сперматозоидов по сравнению с яйцеклетками. Это необходимо для обеспечения оплодотворения наибольшего числа яйцеклеток и, следовательно, для сохранения вида.

Строение половых клеток. Яйцеклетки разных организмов различаются по своему строению и размерам. Так, у мыши яйцеклетка имеет диаметр около 60 мкм, у человека — 150—200 мкм, а у страуса он равен нескольким сантиметрам. Форма яйцеклетки обычно округлая, в ее цитоплазме расположены митохондрии, рибосомы и большое количество запасных питательных веществ в виде желточных зерен и белка. Ядро яйцеклетки активно функционирует, что связано с процессами биосинтеза белка.

Сперматозоиды намного мельче яйцеклеток. У разных животных они разной формы, но большинство из них имеет головку и хвостик. При созревании сперматозоидов в отличие от яйцеклетки происходит уменьшение их размеров. Ядро также уменьшается и вместе с комплексом Гольджи формирует головку сперматозоида. Митохондрии сосредоточены у основания хвостика и поставляют энергию для его колебаний. Благодаря колебаниям хвостика зрелые сперматозоиды активно движутся в окружающей их среде и достигают яйцеклеток.

Оплодотворение у животных.

Число и размеры половых клеток различны у разных животных и растений.

Однако наблюдается такая закономерность: чем меньше вероятность встречи яйцеклетки и сперматозоида, тем большее число половых клеток образуется в организме. Например, рыбы мечут икру (яйцеклетки) и сперму прямо в воду. Количество икринок у некоторых из них огромно (треска выметывает около 10 млн икринок). У высших растений и животных образуется обычно небольшое количество яйцеклеток (до нескольких десятков), так как у них вероятность оплодотворения при значительно большем количестве сперматозоидов (или пыльцы) очень велика.

Процесс оплодотворения состоит из нескольких этапов: проникновения сперматозоида в яйцо, слияния гаплоидных ядер обеих гамет с образованием диплоидной зиготы, активации ее дробления и дальнейшего развития.

На примере лягушки рассмотрим, как происходит оплодотворение у животных. Неоплодотворенная икринка (яйцеклетка) покрыта несколькими защитными оболочками, предохраняющими ее от воздействия неблагоприятных внешних условий. Сперматозоиды активно передвигаются в воде и передним концом головки с помощью ферментов пробуравливают защитные оболочки яйцеклетки. Как только сперматозоид проник в яйцеклетку, ее оболочки приобретают свойства, препятствующие доступу других сперматозоидов. Это обеспечивает слияние ядра яйца с ядром одного сперматозоида. У некоторых животных в яйцеклетку проникают два или несколько сперматозоидов, но в оплодотворении принимает участие лишь один, остальные погибают. В результате образуется зигота, содержащая уже двойной, диплоидный, набор хромосом.

Оплодотворение у растений.

Оплодотворение у растений в принципе сходно с таковым у животных, но имеет свои особенности. Рассмотрим пример оплодотворения у цветкового растения с диплоидным набором хромосом. В этом случае в пыльнике образуются гаплоидные микроспоры — пыльцевые зерна.

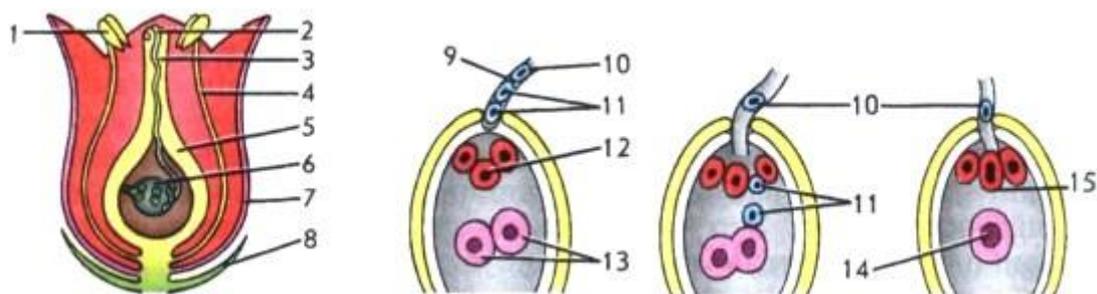


Рис. Двойное оплодотворение у цветковых растений.

Слева — продольный разрез цветка; справа — проникновение пыльцевой трубки в зародышевый мешок; 1 — пыльник; 2 — прорастающее пыльцевое зерно; 3 — рыльце; 4 — тычиночная нить; 5 — завязь; 6 — зародышевый мешок; 7 — венчик; 8 — чашечка; 9 — пыльцевая трубка; 10 — вегетативное ядро; 11 — спермии; 12 — яйцеклетка; 13 — центральные клетки; 14 — зачаток эндосперма; 15 — зигота

Гаплоидное ядро пыльцевого зерна делится на два ядра: вегетативное и генеративное. Обычно в это время пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика и,

образуя пыльцевую трубку, прорастает по направлению к завязи. В завязи находится зародышевый мешок с несколькими гаплоидными клетками, одна из которых — яйцеклетка. В пыльцевой трубке генеративное ядро делится еще раз, образуя два спермия. Один из них сливается с ядром яйцеклетки, и в результате образуется зигота с диплоидным набором хромосом. Из нее развивается диплоидный зародыш семени — будущее растение, другой спермий сливается с двумя ядрами центральных клеток. В результате возникает триплоидный эндосперм, т. е. содержащий три набора хромосом. В клетках такого эндосперма содержится запас питательных веществ, необходимых для развития зародыша растения. Этот процесс называют двойным оплодотворением.

Двойное оплодотворение было открыто известным русским ботаником С. Г. Навашиным.

Биологическое значение оплодотворения. Биологическое значение оплодотворения состоит в том, что при слиянии женской и мужской половых клеток (происходящих, как правило, от двух разных особей) образуется новый организм, несущий в себе признаки и матери, и отца. При образовании половых клеток в мейозе возникают гаметы с разным сочетанием хромосом, поэтому образующиеся после оплодотворения новые организмы могут сочетать в себе признаки обоих родителей в самых различных комбинациях. В результате этого происходит колоссальное увеличение наследственного разнообразия организмов.

Вопросы для повторения

1. Какие изменения в клетке происходят перед процессом деления?
2. Как называется эта фаза?
3. Перечислите фазы митоза
4. Какова роль веретена деления в ходе митоза?
5. Какие изменения происходят в профазе?
6. Какие изменения происходят в метафазе?
7. Какие изменения происходят в анафазе?
8. Какие изменения происходят в телофазе?
9. В чем заключается биологическое значение митоза?

Тема: Эмбриональное развитие организма

Вопросы:

1. Эмбриональный этап онтогенеза
2. Основные стадии эмбрионального развития
3. Сходство зародышей представителей разных групп позвоночных как свидетельство их эволюционного родства
4. Органогенез

Вопрос 1. Эмбриональный этап онтогенеза

Онтогенез (гр. *ontos* – существо, *genesis* - развитие)– индивидуальное развитие особи, в основе которого лежит реализация наследственной информации в определенных условиях среды.

Филогенез – исторический процесс развития вида.

Выделяют следующие типы онтогенеза:

I. Прямой (прямое развитие)

II. Непрямой (непрямое развитие)

При прямом онтогенезе особь после вылупления из-под яйцевых оболочек или рождения похожа на взрослый организм.

Виды прямого онтогенеза:

1) Неличиночный (у рыб, пресмыкающихся, птиц и некоторых беспозвоночных, яйца которых богаты лецитином (желтком), достаточным для завершения онтогенеза).

2) Внутриутробный (у млекопитающих; развитие зародыша происходит в матке и все функции его осуществляются через материнский организм. Этот вид онтогенеза наилучшим образом обеспечивает выживание эмбриона, но новорождённые существа нуждаются некоторое время во вскармливании молоком матери).

Непрямой онтогенез (личиночный тип развития) характеризуется развитием с превращением (метаморфозом). Встречается у видов, яйца которых бедны лецитином.

Различают следующие виды метаморфоза:

1. Полный – в цикле развития имеются стадии: яйцо → личинка → куколка → имаго.

2. Неполный – в цикле развития имеются стадии: яйцо → личинка → имаго.

3. Сложный – например, у земноводных.

Из икринки образуется головастик, имеющий ряд временных органов (жабры, плавники, хвост), которые затем исчезают и у взрослых особей отсутствуют.

Взаимная связь онтогенеза и филогенеза была раскрыта И.Мюллером и Э.Геккелем в биогенетическом законе: «Онтогенез есть краткое повторение филогенеза», а позднее – в учении академика А.Н. Северцова.

Единой теории, объясняющей причины и механизм онтогенеза нет. Но уже в античном мире Гиппократ высказал мысль о том, что в яйце или теле матери должен находиться маленький, но полностью сформированный организм. Систематические исследования онтогенеза начались в XVII веке, когда М. Мальпиги описал подробно эмбриональное развитие курицы и сделал заключение, что в яйце курицы на ранних стадиях развития уже имеется преобразованный зародыш со всеми органами и процесс развития заключается лишь в количественных изменениях. Позднее подобные высказывания делались Левенгуком, Боннэ, Галлером и получили название – теория преформизма. В основе преформизма лежали метафизические представления о том, что никакого развития, по существу, нет, а идут лишь количественные накопления в заранее предшествующих частях тела.

После открытия Левенгуком анималькулей (мужских половых клеток - сперматозоидов) преформисты разделились на два лагеря: анималькулистов, считавших, что зародыш находится в мужской половой клетке и овистов – утверждавших, что зародыш заложен в яйцеклетке. Но суть их одна и не противоречила религиозным представлениям о сотворении живых существ богом. Пытаясь примирить религию и науку, Ш. Боннэ выступил с теорией «вложения», согласно которой, в яичнике зародыша уже содержатся зародыши следующего поколения, а в них – зародыши последующих и т.д. (по принципу русской куклы - матрёшки).

Отсюда приходили к выводу, что уже первая женщина, созданная согласно библейскому преданию, богом, содержала в своих яичниках зачатки всех будущих поколений человечества.

Первый удар по метафизическим представлениям преформистов нанес академик Российской академии наук К.Ф. Вольф (1759г.), который развил принцип эпигенеза, высказанный ранее Р. Декартом и В. Гарвеем.

Согласно учению об эпигенезе, органы формируются заново из гомогенной массы не одновременно, а в известной последовательности. Процесс развития является эпигенезом – подлинным новообразованием.

А вот как и почему это происходит, К. Вольф научно обосновать не смог и дал идеалистическое понятие о существовании «существенной силы», которая направляет развитие по тому, или иному пути. Современники К. Вольфа не поняли его учения и забыли о нём.

Согласно современным представлениям в клетках, с которых начинается онтогенез, заложена определённая программа развития организма в виде кода наследственной информации. В ходе индивидуального развития эта программа реализуется, определяя все процессы онтогенеза.

Периодизация онтогенеза.

Существует несколько схем периодизации онтогенеза, каждая из которых является наиболее подходящей для решения конкретных научных или практических задач.

У человека и высших животных общепринятым является деление онтогенеза на два этапа:

- 1) пренатальный (дородовый),
- 2) постнатальный (послеродовый).

Некоторые авторы роды называют интранатальным этапом.

С общебиологической точки зрения, важнейшим событием онтогенеза является возможность полового размножения. Поэтому онтогенез делят на периоды:

- 1) дорепродуктивный (ювенильный)
- 2) репродуктивный (пубертатный, зрелый)
- 3) пострепродуктивный (старость)

Наиболее употребляемым в биологии является деление онтогенеза на два периода: 1) эмбриональный 2) постэмбриональный.

Эмбриональный период, или эмбриогенез, начинается с образованием зиготы. Окончание этого периода при разных типах онтогенеза связано с различными моментами развития: при личиночном типе – с выходом из яйцевых оболочек; при неличиночном – с выходом из зародышевых оболочек, при внутриутробном – с моментом рождения.

Эмбриональный период делится на стадии зиготы, дробления, бластулы, гастрюлы, гисто- и органогенеза. Зародыш млекопитающих и человека до образования зачатков органов (до 12 недель) принято называть эмбрионом, а в дальнейшем – плодом.

Вопрос 2. Основные стадии эмбрионального развития

Эмбриональный период развития имеет несколько стадий:

1. Зигота. При оплодотворении мужская половая клетка, достигая яйцеклетки, провоцирует её развитие. В ней начинают происходить химические и физические процессы, которые способствуют образованию симметрии яйцеклетки, ликвидации мембран ядер, в результате чего, ядра двух клеток соединяются, и образуется ДНК.

2. Дробление (первый этап развития зиготы) – начинается деление зиготы. В яйцеклетке, которая продвигается по фаллопиевой трубе, образуются борозды, благодаря чему происходит деление клеток. Образовавшиеся таким путём клетки называются морулы. Эту стадию проходят все многоклеточные организмы, которые размножаются половым путём, различным является только процесс деления клеток (радиальное, билатеральное, спиральное).

Особенностью деления клеток является то, что они не растут. Этот процесс предполагает образование из одной крупной клетки (яйцеклетки) большого количества клеток мелких, с меньшим количеством цитоплазмы возле ядер.

Эмбриональный период на этом не заканчивается, рассмотрим следующие стадии развития эмбриона.

3. Бластула (образование многоклеточной структуры в форме пузырька) – состоит из слоя клеток, которые именуются эмбриональными. Размер бластулы приближается к размерам яйцеклетки, поэтому при делении клеток, возрастает число ядер и ДНК.

4. Гастрюляция – стадия движения клеток эмбриональных, в результате чего образуются три слоя зародышевых листов. Эта стадия характеризуется воз-

растанием синтеза белков и рибосом, в этот период происходит выпячивание полюса (вегетативного) внутрь бластулы, противоположные полюса соединяются, и полость бластулы ликвидируется. При этом образуется новая полость, которая получила название бластопор или первичный рот.

Таким образом, гастрюляция является необходимым моментом развития эмбриона, поскольку эмбриональный период на этой стадии даёт возможность формированию его органов и тканей, а также систем организма.

Следует отметить, формирование тканей и органов эмбриона в разные периоды имеют разную чувствительность к повреждающим воздействиям среды, например, к инфекциям, радиации или химическим агентам. Эти периоды повышенной чувствительности называют критическими, здесь повышается вероятность развития отклонений.

Так, эмбриональный период имеет несколько критических моментов. Рассмотрим их более детально:

1. Период бластулы (первые две недели после зачатия) – эмбрион либо погибает, либо продолжает развиваться без отклонений. В это время погибает большое количество эмбрионов (40%), которые начали своё развитие из мутированных половых клеток.

2. С двадцатого по семидесятый день после оплодотворения – период наибольшей ранимости эмбриона, поскольку начинают закладываться и формироваться все жизненно важные органы.

3. Плодный период характеризуется быстрым ростом плода. Здесь довольно часто могут возникать нарушения его развития только в тех органах, которые не закончили своего формирования.

Таким образом, эмбриональный период онтогенеза характеризуется формированием и развитием эмбриона путём деления клеток, образования у него тканей, органов и систем. У различных живых организмов этот период разнится по времени, но в любом случае, начинается он с момента зачатия и заканчивается рождением новой жизни.

Вопрос 3. Сходство зародышей представителей разных групп позвоночных как свидетельство их эволюционного родства

Эмбриология - наука об индивидуальном развитии организмов.

Биологические законы:

I закон - «Закон зародышевого сходства»

В 1828 г. Карл фон Бэр сформулировал закономерность, которую называют Законом Бэра:

"Чем более ранние стадии индивидуального развития сравниваются, тем больше сходства удастся обнаружить".

II закон – «Биогенетический закон». (Закон Геккеля-Мюллера)

«Каждое живое существо в своем индивидуальном развитии (онтогенез) повторяет в известной степени формы, пройденные его предками или его видом».

«Данные эмбриологии»

Легко установить родство между организмами при сравнении их эмбриональных стадий развития. Оказывается, любой организм в своём индивидуальном развитии повторяет стадии развития предковых форм.

В эмбриогенезе у всех позвоночных закладывается хорда, которая у ланцетника остаётся на всю жизнь, а у всех позвоночных в дальнейшем замещается позвоночником.

В возрасте нескольких недель зародыши человека и других млекопитающих обнаруживают многие черты сходства с рыбами.

По бокам шейного и головного отделов развиваются жаберные борозды. Кровеносная система сходна с характерной для рыб: двухкамерное сердце, хвостовая артерия, кровеносные сосуды в составе шести дуг аорты, подходящие к жаберным дужкам. А также общая форма тела зародыша, хвост, жаберные борозды, нитевидное продолжение заднего отдела спинного мозга.

На следующей стадии наблюдается сходство с земноводными: сюда относятся плавательные перепонки, развивающиеся между пальцами у человеческого зародыша. В нижней части стенки живота человека унаследованы от земноводных сухожильные перетяжки прямых мышц, седалищную артерию (ветвь нижней ягодичной артерии, унаследованную от древних амфибий).

У некоторых взрослых людей можно обнаружить в скелете запястья свободную центральную косточку, характерный признак строения земноводных предков.

В обонятельном отделе человек унаследовал от земноводных часть, называемую яacobсоновым органом: он развивается к пятому месяцу утробной жизни в виде канала, идущего из носовой полости в ротовую. Хотя в конце утробного развития этот орган и редуцируется, но его все же можно найти у взрослого человека в виде короткого, слепо оканчивающегося канала, к которому подходят окончания специальных нервов.

И наконец, остаток мигательной перепонки в виде так называемой полулунной складки во внутреннем углу глаза. Этой складке соответствует хорошо развитая у современных земноводных, пресмыкающихся и птиц мигательная перепонка. Среди млекопитающих мигательная перепонка подверглась сильной редукции, особенно у китообразных и большинства приматов, но значительно развита, например, у кроликов, кошек и некоторых обезьян.

От пресмыкающихся человек унаследовал ряд признаков, которые обнаруживаются преимущественно в утробный период, например, в развитии головного мозга, в строении и характере причленения конечностей у плода нескольких месяцев.

О родстве человека с низшими млекопитающими свидетельствуют и другие примитивные черты, обнаруживающиеся в его онтогении. Например, у чело-

веческого шестинедельного зародыша формируются зачатки нескольких пар молочных желез вдоль млечных линий. По всему телу (кроме ладоней и подошв) развивается довольно густой, хотя и мелкий волосяной пушок (лануго). В ротовой полости на мягком нёбе образуются валики, характерные для обезьян, хищных и других млекопитающих.

В возрасте 1,5-3 месяцев заметно выражен хвостовой отдел, в котором можно обнаружить и конечный отдел зачаточного позвоночного столба с 8-9 закладками позвонков. К концу этого срока наружный отдел хвоста редуцируется. Во внутреннем участке хвостового отдела сохраняется 4 (от 6 до 2) позвонка, сросшись, образуют копчик.

Из внутреннего зародышевого листка развиваются органы пищеварения и легкие. В матке зародыш покрывается несколькими оболочками. На одной из них, с брюшной стороны зародыша, образуются пальцеобразные выросты — ворсинки. Они врастают в ткань матки. Так образуется плацента. На этой стадии длина зародыша около 2 мм. И он почти неотличим от зародыша лягушки. У него вместо легких - жабры. Позднее жабры исчезают, а жаберные щели зарастают. Сердце тоже претерпевает изменения. Из двухкамерного оно становится трехкамерным, так как предсердие делится перегородкой на две части. А еще позднее сердце приобретает четырехкамерное строение. Все эти особенности, сходные со строением тела позвоночных животных, имеются у зародыша человека до 4—5 недель. И если сперва он имеет сходство с зародышами рыб, то позже появляются особенности, свойственные амфибиям и рептилиям.

Позднее всего проявляются черты строения млекопитающего и в последнюю очередь приматов. На шестом-седьмом месяце развития человеческий зародыш больше всего похож на зародыш человекообразных обезьян — гориллы и шимпанзе. Его тело почти сплошь покрыто волосами, которые к рождению исчезают. Пропорции тела зародыша в это время ближе к таковым у обезьян, чем у людей и мозг сходен с мозгом обезьяны.

Сходство с зародышами антропоидов сохраняется наибольшее время. В процессе развития зародыша общие признаки, присущие типам и классам животных, проявляются раньше, чем особенности рода и вида. Эта закономерность является общей в развитии зародышей позвоночных животных и получила название биогенетического закона. Сходство на ранних стадиях развития зародыша человека и животных объясняется тем, что человек прошел сложный путь исторического развития, продолжавшийся миллионы лет. Этот путь в основных чертах отражается в развитии человеческого зародыша.

Таким образом, в процессе индивидуального развития каждый вид повторяет своё историческое развитие.

Вопрос 4. Органогенез

Гистогенез – процесс формирования тканей в эмбриогенезе.

Органогенез – процесс формирования систем органов в эмбриогенезе.

На этом этапе эмбрионального развития выделяют две фазы.

1. Нейруляция – образование осевых органов: нервной трубки, хорды. Зародыш на этой стадии называется нейрула.

Эта фаза протекает следующим образом: из эктодермы на спинной стороне зародыша происходит уплощение группы клеток и формируется нервная пластинка. Края нервной пластинки приподнимаются и образуются нервные валики. По средней линии нервной пластинки происходит перемещение клеток и возникает углубление – нервный желобок. Края нервной пластинки смыкаются.

В результате этих процессов возникает нервная трубка с полостью – нервоцелом. Нервная трубка погружается под эктодерму. Передний отдел нервной трубки образует головной мозг, а остальная часть нервной трубки – спинной мозг.

Условно процесс образования нервной трубки можно разделить на 3 стадии:

- образование нервной пластинки,
- формирование нервного желобка,
- срастание краев нервной пластинки с образованием нервной трубки.

Часть клеток эктодермы спинной стороны зародыша не входит в состав нервной трубки и образует скопление клеток вдоль нервной трубки, называемой ганглиозная пластинкой. Из которой образуются пигментные клетки эпидермиса кожи, волос, перьев, нервные клетки спинномозговых и симпатрических нервных узлов.

Образование хорды тоже происходит на раннем этапе нейруляции из энтодермального (общего с эктодермой и мезодермой) зачатка стенки первичной кишки. Хорда расположена под нервной трубкой

Вторая фаза гисто – и органогенеза эмбрионального развития связана с *развитием отдельных органов и тканей*.

Из материала эктодермы образуется эпителий пищевода, желудка и кишечника, клетки печени, часть клеток поджелудочной железы, эпителий легких и воздухоносных путей, секреторные клетки гипофиза и щитовидной железы.

Из материала эктодермы развивается эпидермис кожи и его производные – перо, когти, волосы, молочные железы, кожные железы (сальные и потовые), нервные клетки органов зрения, слуха, обоняния, эпителий ротовой полости, эмаль зубов.

Третий зародышевый листок – мезодерма к началу органогенеза дифференцируется на сегменты: сомиты, ножки сомитов, спланхнотом.

Клетки сомитов не однородны. *Сомиты* в свою очередь дифференцируются на следующие части:

Дерматом – наружная часть сомита, прилегающая к эктодерме. Из дерматома развивается соединительная ткань кожи (дерма)

Склеротом – внутренняя часть сомита. Из склеротома образуется костная и хрящевая ткань.

Миотом – находится между дерматомом и склеротомом. Из миотома развивается поперечнополосатая мускулатура.

В области *ножек сомитов* располагается *нефротом и гонотом*, из которых образуется мочеполовая система.

Спланхнотом состоит из двух листков: париетального (наружного), висцерального (внутреннего)

Между двумя листками находится целом. Из париетального и висцерального листов спланхнотома образуется мышечная ткань сердца, плевра, брюшина, элементы сердечно-сосудистой и лимфатической систем.

Еще до того, как мезодерма подразделилась на сомиты, из нее вычлняются клетки, к которым присоединяются часть клеток эктодермы и всё это образует мезенхиму.

Из мезенхимы развивается соединительная ткань, гладкая мышечная ткань, сосуды, клетки крови, мозговые оболочки.

Вопросы для повторения:

1. Есть ли черты сходства между митозом и мейозом?
2. Есть ли черты различия между митозом и мейозом?
3. Охарактеризуйте понятия диплоидной набор хромосом.
4. Охарактеризуйте понятия гаплоидной набор хромосом.
5. В чем заключается биологическое значение мейоза?
6. Как происходит процесс дробления?
7. Дробление идет методом митоза или мейоза?
8. Что происходит с клетками в процессе деления.
9. Когда заканчивается процесс деления, что образуется?
10. Как эта сфера называется?
11. Как происходит образование 2 слойного зародыша?
12. Как называется наружный слой?
13. Как называется внутренний слой?
14. Как называется слой между эктодермой и энтодермой?
15. Как можно доказать влияние одних частей зародыша на другие.
16. Какие органы развиваются из эктодермы?
17. Какие органы развиваются из энтодермы?
18. Какие органы развиваются из мезодермы?

Тема: Постэмбриональное развитие

Вопросы:

1. Прямое и не прямое развитие
2. Постэмбриональные периоды
3. Жизненный цикл организмов

Вопрос 1. Прямое и не прямое развитие

Тот момент, когда эмбрион покидает плодные оболочки, является переходным из эмбрионального периода в постэмбриональный. В народе это время называется рождением. Стоит отметить, что у разных живых организмов данный процесс сильно отличается.

Виды развития живого организма

Постэмбриональный период может характеризоваться двумя видами развития. Науке известно прямое и не прямое преобразование живого организма.

Прямое развитие

К данному виду относится преобразование организма, который очень похож на взрослый. Так, постэмбриональное развитие человека имеет прямой вид. Сюда же можно отнести развитие животных и некоторых пресмыкающихся.

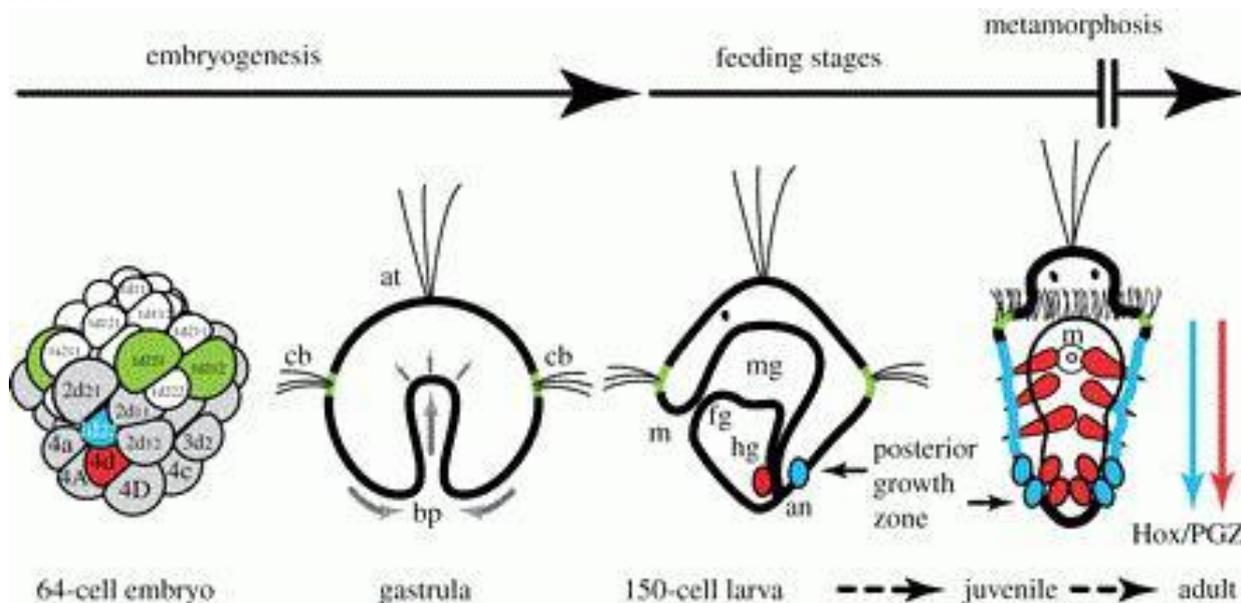
После появления на свет эмбрион очень сильно похож на взрослый организм. Однако он отличается размерами и отсутствием навыков.



Не прямое развитие, или метаморфоз

Постэмбриональный период может иметь не прямой вид (метаморфоз). В этом случае из плодных оболочек появляется организм, который сильно отличается от взрослого. Сюда можно отнести некоторых беспозвоночных, моллюсков и пресмыкающихся. В качестве примера можно взять обычную бабочку. Постэмбриональное развитие организма в этом случае характеризуется нахождением

в виде личинки. Лишь после этого бабочка становится похожей на взрослую особь.



Вопрос 2. Постэмбриональные периоды

Как уже говорилось выше, сразу после того, как новый организм покидает плодные оболочки, начинается новый этап в развитии. Постэмбриональное развитие человека делится на несколько ступеней. Завершающим этапом является половое созревание. Рассмотрим основные ступени постэмбрионального периода.

Первый этап развития: от рождения до полугода

На этом этапе малыш приспосабливается к новой окружающей среде. Он учится слышать и фокусировать свой взгляд на определенных вещах. Питание на этой ступени развития исключительно жидкое. Малыш еще не может самостоятельно кушать взрослую пищу и полностью зависит от матери. Некоторые дети более быстры в развитии, чем остальные. Они переходят на следующую степень постэмбрионального периода быстрее. Так, некоторые малыши в полгода уже могут стоять, сидеть и ползать. Однако это лишь физические навыки. Науке неизвестен еще случай, когда ребенок на данном этапе начал изъясняться понятным взрослому языком.

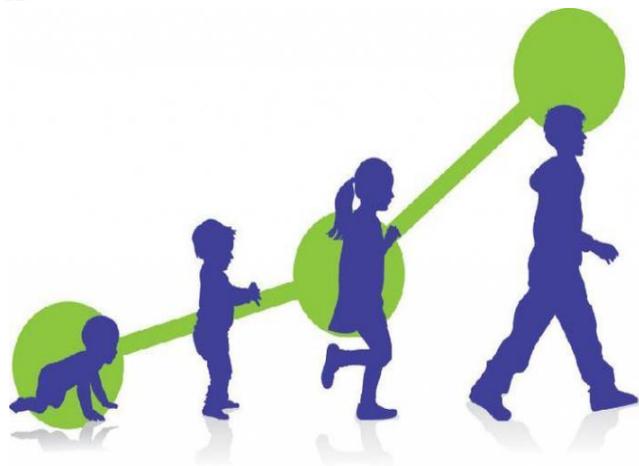
Стоит отметить, что многие животные и пресмыкающиеся, которые проходят прямой путь постэмбрионального развития, живут примерно так же. Однако у них данный период может проходить гораздо быстрее, чем у человека.

Второй этап развития: до одного года

На этом этапе маленький человек учится сидеть ползать и ходить. Данная ступень характеризуется приобретением физических навыков. Также молодой организм начинает постепенно привыкать к новой пище. Многие детки на этом этапе начинают издавать новые звуки. Так они учатся разговаривать на понятном

взрослому человеку языке. Если ребенок развивается быстрее, то на данном этапе он может уже говорить некоторые слова или даже простые предложения.

Пресмыкающиеся и животные в этот период уже полностью готовы ко взрослой жизни. Они сами могут добывать себе еду и уже не зависят от взрослых особей.



Третий период: рост и обучение

Человеческий организм характеризуется самым длительным постэмбриональным развитием. На данной ступени ребенок уже вполне может сам себя обслуживать, однако прожить без родителей ему еще очень трудно. В обычной жизни дети на этой ступени посещают дошкольные, а потом и школьные учреждения. Они растут, развиваются и обучаются всему, что пригодится им во взрослой жизни.

Млекопитающие и животные на этом этапе уже полностью прошли постэмбриональный период и считаются взрослыми особями.

Четвертый период: половое созревание

Итак, какое развитие называют постэмбриональным, вы уже знаете. У человека оно заканчивается примерно в 16-20 лет. На данной ступени начинают работать важные части организма. Гипофиз и надпочечники вырабатывают определенные гормоны. У женщин начинают функционировать яичники и появляется менструация. Мужчины же приобретают половую зрелость и способны продолжать свой род.

Завершается постэмбриональный период переходом во взрослую жизнь. Человек уже в состоянии самостоятельно жить и создавать собственную семью.

Характеристика непрямого постэмбрионального развития

Как и в предыдущем случае, данное развитие делится на несколько основных этапов. Рассмотрим их подробно.

Первый этап: после рождения

Сразу после того, как организм покидает плодные оболочки, начинается его дальнейшее преобразование. На этом этапе новая особь совершенно не похожа на взрослую. Она сильно отличается внешним видом и внутренним развитием.

Второй этап: преобразование

На данной ступени происходит сильное преобразование нового организма. У каждого вида живого существа оно происходит по-разному. Особь становится похожа на взрослое животное или млекопитающее. Однако многие организмы на этой ступени еще нуждаются в уходе и защите. Они не могут пока самостоятельно себя обеспечивать.

Третий этап: приобретение навыков

Непрямое постэмбриональное развитие имеет завершающий этап, который характеризуется приобретением определенных навыков. Они помогут будущему организму жить самостоятельно и не зависеть от посторонних особей.

Вопрос 3. Жизненный цикл организмов

Все процессы в живых организмах происходят, повторяясь во времени. Жизненным циклом называют совокупность всех фаз, начиная с образования зиготы, дающей начало новому организму и кончая фазой зрелости, на который этот организм способен дать начало новому поколению.

Каждое живое существо сначала зарождается (из зиготы), затем растет, взрослеет и в определенную пору приступает к размножению, когда оно дает начало новому поколению, которое проходит те же этапы (фазы развития). Это и есть цикличность (повторяемость) этапов жизни. Цикл развития, как правило, замкнутый.

Пример жизненных циклов:

Папоротник

У папоротников споры образуются на нижней стороне листьев в спорангиях, имеющих вид бурых бугорков. Спорообразование – это бесполое размножение. Половые клетки формируются при прорастании споры. Заросток сердцевидной формы имеет ризоиды, прикрепляющие его к почве. На его нижней стороне, обращенной к почве, образуются женские половые клетки архегонии и мужские антеридии. Во время дождя или обильной росы антеридии раскрываются, сперматозоиды проникают в архегонии и оплодотворяют яйцеклетку. Образуется зигота. Из зиготы развивается зародыш, из которого постепенно вырастает молодое растение папоротника. Через несколько лет оно способно само дать первые спорангии со спорами. Цикл повторяется.

Горох

У цветковых растений могут быть различные жизненные циклы, самый короткий – однолетний, например у гороха. Из семян гороха весной прорастает молодое растение, через некоторое время оно зацветает. В его двуполоых цветках есть мужская часть (тычинки с пыльцой, несущей мужские половые клетки). И женская (пестик с женскими половыми клетками в семизачатках завязи). Происходит опыление – попадание пыльцы на рыльце пестика, затем двойное оплодотворение, образование семян и плода-боба. Семена созревают и готовы дать начало новому растению. Материнское растение отмирает, его жизнь завершена.

У многолетних растений после образования семян материнское растение остается жить еще много лет, давая начало новому поколению через определенные промежутки, с определенной цикличностью.

У животных жизнь тоже проходит циклично. Зарождение живого организма начинается с зиготы – оплодотворенного яйца. Развитие животных может быть прямым (без превращения) и непрямым (с полным превращением).

Рассмотрим жизненный цикл бабочки-капустницы, который состоит из нескольких фаз и начинается с яйца. Их часто можно встретить на капусте с нижней стороны листа. Через несколько дней из них выходят небольшие личинки – гусеницы, которые совсем не похожи на взрослых бабочек. У них грызущий ротовой аппарат, они питаются листьями, быстро растут, линяют и затем превращаются в куколок – неподвижных, ничем не питающихся. В этой стадии они зимуют, а весной из куколок образуются взрослые насекомые-бабочки: самки и самцы. Происходит оплодотворение, и самка откладывает яйца на листья капусты.

Жизненные циклы живых организмов связаны с циклическими явлениями природы, например, сезонностью – сменой времен года. Даже если развитие зародыша идет внутриутробно (как это происходит у большинства млекопитающих).

Млекопитающие – раздельнополые животные. Согревание половых клеток происходит, как правило, ранней весной, с пробуждением всех природных процессов. У животных наступает пора размножения, связанная с образованием половых клеток и гормонов, затем наступает период образования пар.

Развитие с полным превращением дает возможность насекомым лучше сохраняться в природе, так как их личинки питаются другой пищей, это исключает конкуренцию и переносить неблагоприятные условия среды.

Волк

На примере жизненного цикла волка мы видим, что у млекопитающих внутреннее оплодотворение, развитие плода происходит внутри организма матери, затем живорождение, выбор места для выкармливания потомства, забота о потомстве. У млекопитающих развит инстинкт заботы о потомстве. Самки выкармливают детенышей, согревают их теплом своего тела, защищает от врагов, учат находить пищу. Иногда самцы также принимают в этом участие. Потомство подрастает и через некоторое время само становится половозрелым.

Один из самых сложных жизненных циклов имеют паразиты. Каждое поколение приспособлено к существованию в организме определенного носителя.

У человека, который относится к млекопитающим и является исключением из мира живой природы, есть определенные фазы развития, начинающиеся, как и у всех живых существ, с оплодотворения и образования зиготы. Затем следуют другие фазы.

Зародышевый период, то есть период внутриутробного развития (от зиготы до трех месяцев)

Плодный период начинается с образования плаценты (от 3-х месяцев) и продолжается до родов

Роды

Период новорожденности (первые четыре недели)

Грудной период (от 4-х недель до года)

Ясельный период (с 1 года до 3-х лет)

Дошкольный период (от 3 до 6 лет)

Школьный период (от 6 до 17 лет)

Юношеский период (от 17 до 25 лет)

Зрелый период (от 25 до 60 лет)

Старческий период (после 60 лет)

Оптимальный детородный период у человека 20–30 лет.

Вопросы для повторения

1. Когда начинается постэмбриональное развитие?
2. Назовите виды постэмбрионального развития.
3. В чем суть прямого развития?
4. В чем суть непрямого развития?
5. Приведите примеры продолжительности жизни у животных.
6. Приведите примеры продолжительности жизни у растений.
7. Перечислите фазы развития у человека.

Тема: Основы учения о наследственности и изменчивости

Вопросы:

- 1. Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов**
- 2. Г. Мендель — основоположник генетики**
- 3. Генетическая терминология и символика**

Вопрос 1. Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов

Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости.

Наследственность – это свойство живых организмов передавать из поколения в поколение особенности морфологии, физиологии, биохимии и индивидуального развития в определённых условиях среды.

Изменчивость – это свойство, противоположное наследственности, — это способность дочерних организмов отличаться от родителей морфологическими, физиологическими, биохимическими особенностями и отклонениями в индивидуальном развитии.

Наследственность и изменчивость реализуются в процессе наследования, то есть, при передаче генетической информации от родителей потомкам через половые клетки (при половом размножении) или через соматические клетки (при бесполом размножении).

Основные задачи генетики:

- изучение способов хранения генетической информации у разных групп организмов;
- изучение материальных носителей генетической информации;
- анализ способов передачи наследственной информации из поколения в поколение;
- изучение закономерностей реализации генетической информации в процессе индивидуального развития и влияния на них условий внешней среды;
- изучение механизмов изменчивости и роли изменчивости в эволюционном процессе;
- изыскание способов исправления повреждённой генетической информации.

Методы генетики:

-метод гибридологического анализа был разработан Г. Менделем, он изучает закономерности наследования отдельных признаков при половом размножении, его сущность в том, что:

- а) скрещиваемые организмы принадлежат одному виду;
- б) скрещиваемые организмы отличаются по 1, 2 или нескольким парам альтернативных признаков;
- в) проводится анализ наследования по отдельным альтернативным признакам;
- г) прослеживается передача этих признаков в ряду поколений;

д) проводится точный количественный учёт наследования каждого альтернативного признака;

е) выявляется характер потомства каждого гибрида в отдельности;

-цитогенетический метод состоит в изучении кариотипа (набора хромосом) клеток организма и выявлении геномных и хромосомных мутаций;

-генеалогический метод состоит в изучении родословных человека и животных, что позволяет установить характер наследования (доминантный, рецессивный) и вероятность проявления признаков в последующих поколениях, он широко используется в селекции и работе медико-генетических консультаций;

-близнецовый метод основан на изучении проявления признаков у однояйцевых и двуяйцевых близнецов, он позволяет выявить роль наследственности и внешней среды в формировании данных признаков;

-биохимические методы основаны на изучении химического состава клеток и выявлении генных мутаций;

-популяционно-статистический позволяет рассчитать частоту встречаемости генов и генотипов в популяциях.

Кроме теоретических задач генетика решает и практические задачи:

- выбор наиболее эффективных типов скрещивания и способов отбора;

- разработка методов закрепления ценных признаков и методов подавления нежелательных признаков;

- искусственное получение новых форм живых организмов;

- разработка методов защиты от мутагенных факторов;

- разработка методов генной инженерии для получения высокоэффективных продуцентов различных биологически активных соединений.

Генетика тесно связана со многими биологическими науками: биохимией, молекулярной биологией, цитологией, эмбриологией, теорией эволюции.

Элементарной дискретной единицей наследственности и изменчивости является ген.

Ген или наследственный фактор – это участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов РНК), который определяет последовательность аминокислот конкретного полипептида (или первичную структуру полипептида) или нуклеотидов РНК.

Свойства гена:

-ген дискретен в своём действии, то есть, обособлен в своём действии от других генов;

-ген специфичен в своём проявлении, то есть, отвечает за отдельный признак;

-один ген может влиять на проявление многих признаков, в этом состоит множественное действие гена;

-разные гены могут влиять на проявление одного и того же признака

-ген может взаимодействовать с другими генами, что приводит к появлению новых признаков, такое взаимодействие осуществляется через взаимодействие веществ, которые синтезируются под контролем этих генов;

-действие гена может изменяться при изменении его местоположения (эффект положения);

-ген может усиливать степень проявления признаков при увеличении числа

доминантных аллелей.

Ген выступает как кодирующая система, обладает способностью к ауторе-продукции, способен к мутациям, способен к рекомбинации.

В гене различают:

1. цистрон – единица генетической информации;
2. мутон – единица генетической изменчивости, тождественна 1 паре нуклеотидов;
3. рекон – единица генетической рекомбинации при кроссинговере, также равна 1 паре нуклеотидов;
4. нитрон – участок гена, не несущий информацию;
5. экзон – участок гена, несущий информацию о структуре белка.

Вопрос 2. Г. Мендель — основоположник генетики

Изучение характера и способов передачи признаков потомству началось в 17 веке, когда были проведены первые опыты при гибридизации у растений немецким учёным Кельрейтером, который обнаружил у гибридов первого поколения признаки вегетативной крепости; сейчас это явление получило название гетерозис. Английский селекционер Найт обратился к опытам по скрещиванию гороха и установил, что признаки одного родителя преобладают у гибридов F_1 и далее в поколениях проявляются ранее скрытые признаки, поэтому он сделал вывод о том, что наследственность дискретна. Французский учёный Ноден применил метод количественного подсчёта, но закономерность установить не смог, так как изучал наследование нескольких признаков сразу.

Механизмы и закономерности наследования были вскрыты Г. Менделем. Он родился в 1822 г. в Моравии. Его отец был садоводом и привил сыну интерес к селекционному делу. После 6 классов гимназии из-за материальных трудностей учиться дальше он не смог и попал в монастырь, где принял сан. В монастыре Мендель изучал богословие (монастыри в то время способствовали возрождению чешской культуры, а монахи были одновременно преподавателями) и одновременно проявил интерес к исследовательской работе. Первые 2 года Мендель проводил опыты по определению чистоты сортов гороха, а затем в течение 8 лет изучал наследование 7 пар признаков.

В 1865 году он публикует работу «Опыты над растительными гибридами». Умер Мендель за 16 лет до всеобщего признания его работ.

В 1900 году одновременно и независимо друг от друга голландец Де Фриз (на энотере), немец Корренс (на маке), австриец Чермак (на дурмане) обнаружили те же закономерности, что и Г. Мендель, однако приоритет всё же остался за Менделем.

Главная заслуга Менделя в том, что он установил закономерности наследования с помощью гибридологического метода (характеристика приведена в методах генетики).

Мендель очень удачно выбрал объект – горох:

- неприхотлив;
- легко выращивается;

- даёт многочисленное потомство;
- самоопыляющееся растение;
- возможно искусственное опыление;
- отличается большим количеством альтернативных признаков.

Вопрос 3. Генетическая терминология и символика

Основные понятия генетики:

-признак – это любая особенность организма, по которой можно различить 2 особи (окраска цветков, плодов, скорость созревания, способность или неспособность к синтезу какого-либо вещества и т. д);

-альтернативные признаки – это противоположные или взаимоисключающие признаки;

-аллельные гены или аллели – это гены, которые располагаются в идентичных локусах гомологичных хромосом и отвечают за проявление у особей альтернативных признаков, их обозначают одинаковыми буквами, доминантный признак – заглавной (А), рецессивный – строчной (а);

-доминантный признак – это альтернативный признак (и ген, обуславливающий его проявление), который проявляется у гибридов первого поколения, этот признак проявляется в гомо- и гетерозиготном состоянии;

-рецессивный признак или подавляемый – это альтернативный признак (и ген, обуславливающий его появление), который не проявляется у гибридов первого поколения этот признак проявляется только в гомозиготном состоянии;

-доминирование – это преобладание признаков одного из родителей;

-гомозиготный организм (гомозигота) – это организм, который образует один тип гамет и не даёт расщепления при скрещивании с таким же по генотипу организмом (может быть доминантным (АА) или рецессивным (аа));

-гетерозиготный организм (гетерозигота) – это организм образует два типа гамет и даёт расщепление при скрещивании с таким же по генотипу организмом;

-генотип – это совокупность генов организма (каждый ген испытывает на себе воздействие других генов и сам оказывает влияние на них, поэтому один и тот же ген в разных генотипах может проявляться по-разному);

-фенотип – это совокупность всех свойств и признаков организма (этот термин можно употреблять и по отношению к одному альтернативному признаку), фенотипические признаки:

а) морфологические (цвет, форма, окраска);

б) анатомические (объём, строение);

в) биохимические (концентрация глюкозы, мочевины, углекислоты), фенотип развивается на базе определённого генотипа и воздействия условий внешней среды, поэтому организмы, имеющие одинаковые генотипы могут отличаться друг от друга в зависимости от условий внешней среды, отдельный признак - фен;

В онтогенезе действует весь генотип, как целостная исторически сложившаяся система со сложными связями и взаимоотношениями между генами и средой обитания.

- моногибридное скрещивание – это скрещивание, при котором родительские особи отличаются друг от друга по одной паре альтернативных признаков;
- дигибридное скрещивание – это скрещивание, при котором родительские особи отличаются друг от друга по двум парам альтернативных признаков;
- анализирующее скрещивание — это скрещивание особей с неизвестным генотипом с гомозиготной особью;
- возвратное скрещивание — это скрещивание гибридов первого поколения с гомозиготной родительской особью;
- реципрокное скрещивание – это скрещивание 2-х форм между собой в двух разных направлениях, одно из скрещиваний – прямое, второе – обратное);
- чистые линии – это особи, которые при скрещивании друг с другом в ряду поколений не давали расщепления.

Обозначения для записи результатов скрещивания:

♀ («зеркало Венеры») женский организм

♂ («щит и копье Марса») мужской организм

× знак скрещивания

P родительские организмы

F1, F2 дочерние организмы первого и второго поколения

A, B, C... гены, кодирующие доминантные признаки

a, b, c... аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки

AA, BB, CC. генотипы особей, моногетерозиготных по доминантному признаку

Aa, Bb, Cc... генотипы моногетерозиготных особей

aa, bb, cc... генотипы рецессивных особей

AaBb, AaBbCc генотипы ди- и тригетерозигот.

Вопросы для повторения:

1. Объясните такое понятие как наследственность.
2. Объясните такое понятие как изменчивость.
3. Объясните такое понятие как ген.
4. Объясните такое понятие как генотип.
5. Объясните такое понятие как фенотип
6. Какой год считается годом открытия генетики.
7. Кто первый из ученых заложил фундамент в генетику?
8. Объясните такое понятие как доминантный признак.
9. Объясните такое понятие как рецессивный признак.
10. Как буквенно обозначается гомозиготный организм?
11. Как буквенно обозначается гетерозиготный организм?
12. Как обозначается женский организм?
13. Как обозначается мужской организм?
14. Как символом написать гибрид 1 и 2 поколения?
15. Какие признаки были изучены Г. Менделем?

Тема: Первый и второй закон Г. Менделя

Вопросы:

1. Законы генетики, установленные Г. Менделем
2. Моногибридное скрещивание

Вопрос 1. Законы генетики, установленные Г. Менделем

Грегор Мендель - австрийский ботаник, изучивший и описавший закономерность наследования признаков. Законы Менделя - это основа генетики, по сей день играющие важную роль в изучении влияния наследственности и передачи наследственных признаков.

В своих экспериментах ученый скрещивал различные виды гороха, отличающиеся по одному альтернативному признаку: оттенок цветов, гладкие -морщинистые горошины, высота стебля. Кроме того, отличительной особенностью опытов Менделя стало использование так называемых "чистых линий", т.е. потомства, получившегося от самоопыления родительского растения. Законы Менделя, формулировка и краткое описание будут рассмотрены ниже.

Многие годы изучая и скрупулезно подготавливая эксперимент с горохом: специальными мешочками ограждая цветки от внешнего опыления, австрийский ученый достиг невероятных на тот момент результатов. Тщательный и длительный анализ полученных данных позволил вывести исследователю законы наследственности, которые позже получили название "Законы Менделя".

Прежде чем приступить к описанию законов, следует ввести несколько понятий, необходимых для понимания данного текста:

Доминантный ген - ген, признак которого проявлен в организме. Обозначается заглавной буквой: А, В. При скрещивании такой признак считается условно более сильным, т.е. он всегда проявится в случае, если второе родительское растение будет иметь условно менее слабые признаки. Что и доказывают законы Менделя.

Рецессивный ген - ген в фенотипе не проявлен, хотя присутствует в генотипе. Обозначается прописной буквой а, в.

Гетерозиготный - гибрид, в чьем генотипе (наборе генов) есть и доминантный, и рецессивный ген некоторого признака. (Аа или Вв)

Гомозиготный - гибрид, обладающий исключительно доминантными или только рецессивными генами, отвечающими за некий признак. (АА или вв)

Ниже будут рассмотрены Законы Менделя, кратко сформулированные.

Первый закон Менделя, также известный как закон единообразия гибридов, можно сформулировать следующим образом: первое поколение гибридов, получившихся от скрещивания чистых линий отцовских и материнских растений, не имеет фенотипических (т.е. внешних) различий по изучаемому признаку. Иными словами, все дочерние растения имеют одинаковый оттенок цветков, высоту стебля, гладкость или шероховатость горошин. Более того, проявленный признак фенотипически в точности соответствует исходному признаку одного из родителей.

Второй закон Менделя, или закон расщепления, гласит: потомство от гетерозиготных гибридов первого поколения при самоопылении или родственном скрещивании имеет как рецессивные, так и доминантные признаки. Причем расщепление происходит по следующему принципу: 75% - растения с доминантным признаком, остальные 25% - с рецессивным. Проще говоря, если родительские растения имели красные цветки (доминантный признак) и желтые цветки (рецессивный признак), то дочерние растения на 3/4 будут иметь красные цветки, а остальные - желтые.

Третий и последний закон Менделя, который еще называют закон независимого наследования признаков, в общих чертах означает следующее: при скрещивании гомозиготных растений, обладающих 2 и более разными признаками (то есть, например, высокое растение с красными цветками(AABB) и низкое растение с желтыми цветками(aabb), изучаемые признаки (высота стебля и оттенок цветков) наследуются независимо. Иными словами, результатом скрещивания могут стать высокие растения с желтыми цветками (Aabb) или низкие с красными(aaBb).

Законы Менделя, открытые еще в середине 19 века, много позже получили признание. На их основе была построена вся современная генетика, а вслед за ней - селекция. Кроме того, законы Менделя являются подтверждением великого разнообразия существующих ныне видов.

Вопрос 2. Моногибридное скрещивание

Моногибридное скрещивание – это скрещивание, при котором родительские особи отличаются друг от друга по одной паре альтернативных признаков.

В своих опытах Мендель в качестве родителей брал особей чистых линий и исследовал 1 пару альтернативных признаков - окраску семян.

P: AA × aa
 жёл. зел.
G: A a
F₁: Aa
 жёл.

Гомозиготный организм даёт 1 тип гамет, а гетерозиготный организм даёт 2 типа гамет.

При анализе результатов этого скрещивания оказалось, что все потомки в первом поколении оказались одинаковы по фенотипу, так как наблюдается проявление доминантного признака – жёлтая окраска семян, а настоящее время мы знаем, что и генотип потомков первого поколения единообразен – все особи являются гетерозиготными (Aa).

(согласно Менделю: 1) наследуются не признаки, а наследственные задатки, то есть, материальные частицы, передающиеся потомкам, таким образом, явление наследственности дискретно; 2) наследственные задатки, которые определяют данный признак парные, то есть, один задаток от матери, а другой – от отца. В 1902 г. Бетсон назвал наследственные задатки аллелями, а затем их стали

называть генами. Ген может находиться в 2 аллельных состояниях: доминантном и рецессивном. В 1909 Г. Иогансен ввёл понятие *генотип*, а особи могут быть гомозиготными и гетерозиготными.)

На основании анализа потомков первого поколения при моногибридном скрещивании Мендель сформулировал первый закон наследования.

Первый закон Менделя – это закон единообразия гибридов первого поколения:

при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по 1 паре альтернативных признаков, наблюдается единообразие гибридов первого поколения, как по фенотипу, так и по генотипу.

При скрещивании гибридов первого поколения (гетерозиготных особей) получается следующий результат:

$$\begin{array}{l} P (F_1): \text{ Аа} \quad \times \quad \text{Аа} \\ \quad \text{жёл.} \quad \quad \quad \text{жёл.} \\ \\ G: \quad \text{А} \quad \text{а} \quad \text{А} \quad \text{а} \\ \\ F_2: \quad \text{АА} \quad \text{Аа} \quad \text{Аа} \quad \text{аа} \\ \quad \text{жёл.} \quad \text{жёл.} \quad \text{жёл.} \quad \text{зел.} \end{array}$$

Расщепление по фенотипу в F_2 наблюдается в отношении 3:1 (три части потомков с жёлтыми семенами и одна часть – с зелёными).

По генотипу расщепление: 1АА (1 часть – жёлтые гомозиготы): 2Аа (2 части жёлтые гетерозиготы): 1аа (одна часть – зелёные гомозиготы).

На основании результатов расщепления второго поколения при моногибридном скрещивании был сформулирован второй закон наследования.

Второй закон Менделя – закон расщепления:

при скрещивании гибридов второго поколения наблюдается расщепление в соотношении 3:1 по фенотипу и 1:2:1 по генотипу.

Взаимодействие аллельных генов или внутриаллельное взаимодействие:

а) полное доминирование – это наследование, при котором доминантный ген полностью подавляет рецессивный, при этом типе доминирования доминантные аллели (гены) проявляют своё действие, как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии, а рецессивные аллели фенотипически проявляются только в гомозиготном состоянии.

Гомо- и гетерозиготы неотличимы;

б) неполное доминирование – это наследование, при котором доминантный ген не полностью подавляет рецессивный, в этом случае гибриды первого поколения имеют промежуточный признак, то есть имеет место промежуточный характер наследования, например, наследование окраски цветков у ночной красавицы, или голубого оперения у кур, окраска шерсти у крупного рогатого скота и др.

Гомо- и гетерозиготы отличаются друг от друга.

Наследование окраски цветков у ночной красавицы:

P: AA × aa
 красн. бел.
 G: A a
 F₁: Aa
 роз.

P (F₁): Aa × Aa
 роз. роз.

G: A a A a

F₂: AA Aa Aa aa
 крас. роз. роз. бел.

В первом поколении все особи будут иметь розовую окраску цветков, во втором поколении наблюдается расщепление и по фенотипу, и по генотипу в соотношении 1:2:1.

в) кодоминирование – это наследование, при котором признак детерминирован серией множественных аллелей, то есть ген может находиться не в 2, а в нескольких аллельных состояниях (с помощью серии множественных аллелей детерминируется окраска шерсти у кроликов, окраска цветков фиалки, группы крови у человека и др.). Фенотипическое выражение признака обусловлено сочетанием разных членов серии множественных аллелей:

I гр. крови J^o J^o
 II гр. крови J^A J^A ; J^A J^o
 III гр. крови J^B J^B ; J^B J^o
 IV гр. крови J^A J^B

Причём ген A > 0 или J^A > J^o; ген B > 0 или J^B > J^o, а гены J^A ↔ J^B, то есть гены A и B являются кодоминатными или равноценными.

Для объяснения закономерностей, установленных Менделем, Бетсон предложил гипотезу чистоты гамет:

а) у гибридного организма гены не смешиваются, а находятся в чистом аллельном состоянии;

б) в процессе мейоза в гамету попадает только 1 ген из аллельной пары.

По результатам моногибридного скрещивания легко убедиться в том, что у гетерозигот проявляется только доминантный признак, а рецессивный не сливается с доминантным, не разбавляется, не изменяется, а остаётся в чистом аллельном состоянии. В процессе мейоза аллельные гены попадают в разные гаметы, то есть, в гамете может присутствовать только один аллельный ген, который обуславливает развитие 1 альтернативного признака, поэтому гаметы являются «чистыми» по этому признаку.

Таким образом, гипотеза чистоты гамет подтверждает, что расщепление

при наследовании – это результат случайного сочетания гамет.

Однако при наследовании наблюдается статистическая закономерность в результате большого числа равновероятностных встреч гамет.

Цитологические основы гипотезы чистоты гамет и 1, и 2 законов Менделя:

- равновероятностное расхождение гомологичных хромосом при мейозе;
- равновероятностная встреча гамет при оплодотворении.

Анализирующее скрещивание

Для установления генотипа особи с доминантным признаком используют анализирующее скрещивание, так как особь с доминантным признаком при полном доминировании может быть как гомозиготой, так и гетерозиготой, однако фенотипически эти особи неразличимы.

При анализирующем скрещивании организм с неизвестным генотипом скрещивают с гомозиготным рецессивным организмом, при этом возможны 2 варианта скрещивания:

1) P: AA × aa
 красн. бел.
G: A a
F₁: Aa
 красн.

2) P: Aa × aa
 красн. бел.
G: A a a
F₁: Aa aa
 красн. бел.

Если получается единообразие гибридов первого поколения, значит анализируемый организм является гомозиготным.

Если в первом поколении происходит расщепление 1:1, то анализируемый организм является гетерозиготным.

Анализирующее скрещивание широко применяется в селекции.

Вопросы для повторения:

1. Объясните на примере 1 закон Г. Менделя.
2. Объясните на примере 2 закон Г. Менделя.
3. Объясните на примере неполное доминирование.
4. Решите задачу: Ген черной масти у крупнорогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство F₁ получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство F₂ получится от скрещивания между собой гибридов?
5. Решите задачу: При скрещивании двух морских свинок с черной шерстью (доминантный признак) получено потомство, среди которого особи с

белой шерстью составили 25%, каковы генотипы родителей?

6. Решите задачу: Гибриды F₁, полученные при скрещивании растений земляники с красными и белыми плодами, имели плоды розового цвета. О чем это свидетельствует?

7. Решите задачу: Каковы генотипы родительских особей, если их потомство в F₁ дало расщепление по фенотипу 3:1

8. Решите задачу: Что получится при скрещивании растений гороха с карликовым (aa) и с высоким ростом (Aa) в поколении F₁.

9. Решите задачу: Какой процент растений ночной красавицы с розовыми цветками можно ожидать от скрещивания растений с красными и белыми цветками (неполное доминирование).

10. Решите задачу: Растения томатов с округлыми (A) плодами скрестили с растениями, обладающими грушевидными (a) плодами. В потомстве получено 50% растений с округлыми плодами и 50% – с грушевидными плодами. Укажите генотипы родителей.

11. Решите задачу: По закону расщепления чему равно соотношение фенотипов в F₂ (при полном доминировании).

Тема: Третий закон Г. Менделя

Вопросы:

1. Дигибридное скрещивание
2. Независимое наследование
3. Статистический характер законов Г. Менделя

Вопрос 1. Дигибридное скрещивание

Дигибридное скрещивание – это скрещивание, при котором родительские особи отличаются друг от друга по двум парам альтернативных признаков.

Мендель наряду с изучением наследования 1 признака, также изучал наследование 2 признаков одновременно, для этого были использованы растения гороха, которые отличались по 2 парам альтернативных признаков: семена желтые гладкие и семена зеленые морщинистые.

В результате такого скрещивания он получил растения, у которых были желтые гладкие семена, этот результат подтвердил тот факт, что 1 закон Менделя проявляется не только при моногибридном скрещивании, но и при ди- и полигибридном скрещивании:

P: AABV × aавв
жёл.,гл. зел.,морщ
G: AV ав
F₁: AaBb
жёл.,гл.

Полученные гибриды первого поколения будут давать 4 типа гамет в равном соотношении. При оплодотворении возможны 16 типов их сочетания.

Во втором поколении наблюдается следующий результат (для удобства используем решётку Пеннета):

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABV жёл, гл.	AABb жёл, гл.	AaBV жёл, гл.	AaBb жёл, гл.
Ab	AABb жёл, гл.	AAbb жёл, морщ.	AaBb жёл, гл.	Aabb жёл, морщ.
aB	AaBV жёл, гл.	AaBb жёл, гл.	aaBV зел, гл.	aaBb зел, гл.
ab	AaBb жёл, гл.	Aabb жёл, морщ.	aaBb зел, гл.	Aabb зел, морщ.

Во втором поколении наблюдается следующее расщепление: 9:3:3:1

- 9 частей желтых гладких (A-B-);
- 3 части желтых морщинистых (A-вв);
- 3 части зеленых гладких (aaB-);

- 1 часть зелёных морщинистых (аавв).

Если учесть расщепление по одной паре признаков, то получится:

9+3: 3+1 или 3:1, то есть, при дигибридном скрещивании каждая пара признаков наследуется независимо от другой пары.

Третий закон Менделя – закон независимого комбинирования признаков:

при скрещивании гомозиготных особей, которые отличаются по 2 или нескольким парам альтернативных признаков, во втором поколении наблюдается независимое комбинирование генов разных аллельных пар, а соответственно и признаков.

Вопрос 2. Независимое наследование

Определение

Закон независимого наследования (третий закон Менделя) — при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях (как и при моногибридном скрещивании). Когда скрещивались растения, отличающиеся по нескольким признакам, таким как белые и пурпурные цветы и желтые или зелёные горошины, наследование каждого из признаков следовало первым двум законам и в потомстве они комбинировались таким образом, как будто их наследование происходило независимо друг от друга. Первое поколение после скрещивания обладало доминантным фенотипом по всем признакам. Во втором поколении наблюдалось расщепление фенотипов по формуле 9:3:3:1, то есть 9:16 были с пурпурными цветами и желтыми горошинами, 3:16 с белыми цветами и желтыми горошинами, 3:16 с пурпурными цветами и зелёными горошинами, 1:16 с белыми цветами и зелёными горошинами.

Объяснение

Менделю попались признаки, гены которых находились в разных парах гомологичных хромосом гороха. При мейозе гомологичные хромосомы разных пар комбинируются в гаметах случайным образом. Если в гамету попала отцовская хромосома первой пары, то с равной вероятностью в эту гамету может попасть как отцовская, так и материнская хромосома второй пары. Поэтому признаки, гены которых находятся в разных парах гомологичных хромосом, комбинируются независимо друг от друга. (Впоследствии выяснилось, что из исследованных Менделем семи пар признаков у гороха, у которого диплоидное число хромосом $2n=14$, гены, отвечающие за одну из пар признаков, находились в одной и той же хромосоме. Однако Мендель не обнаружил нарушения закона независимого наследования, так как сцепления между этими генами не наблюдалось из-за большого расстояния между ними).

Основные положения теории наследственности Менделя

В современной интерпретации эти положения следующие:

- За наследственные признаки отвечают дискретные (отдельные, не смешивающиеся) наследственные факторы — гены (термин «ген» предложен в 1909 г. В. Иоганнсенем)
- Каждый диплоидный организм содержит пару аллелей данного гена, отвечающих за данный признак; один из них получен от отца, другой — от матери.
- Наследственные факторы передаются потомкам через половые клетки. При формировании гамет в каждую из них попадает только по одному аллелю из каждой пары (гаметы «чисты» в том смысле, что не содержат второго аллеля).

Условия выполнения законов Менделя

В соответствии с законами Менделя наследуются только моногенные признаки. Если за фенотипический признак отвечает более одного гена (а таких признаков абсолютное большинство), он имеет более сложный характер наследования.

Условия выполнения закона расщепления при моногибридном скрещивании

Расщепление 3 : 1 по фенотипу и 1 : 2 : 1 по генотипу выполняется приближенно и лишь при следующих условиях:

1. Изучается большое число скрещиваний (большое число потомков).
2. Гаметы, содержащие аллели А и а, образуются в равном числе (обладают равной жизнеспособностью).
3. Нет избирательного оплодотворения: гаметы, содержащие любой аллель, сливаются друг с другом с равной вероятностью.
4. Зиготы (зародыши) с разными генотипами одинаково жизнеспособны.

Условия выполнения закона независимого наследования

1. Все условия, необходимые для выполнения закона расщепления.
2. Расположение генов, отвечающих за изучаемые признаки, в разных парах хромосом (несцепленность).

Условия выполнения закона чистоты гамет

1. Нормальный ход мейоза. В результате нерасхождения хромосом в одну гамету могут попасть обе гомологичные хромосомы из пары. В этом случае гамета будет нести по паре аллелей всех генов, которые содержатся в данной паре хромосом.

Вопрос 3. Статистический характер законов Г. Менделя

В опытах с горохом при моногибридном скрещивании Г. Мендель получил соотношение по изучаемому признаку 3,0095 : 1,0, т.е. близкое к теоретически ожидаемому 3:1. Учёный оперировал сравнительно крупными числами (им было проанализировано более 8 тыс. семян), поэтому его результат был близок к рас-

чётному. Более или менее точное выполнение соотношения 9:3:3:1 при дигибридном скрещивании также возможно лишь при анализе большого фактического материала. В частности, Г. Менделем было получено соотношение 9,84:3,38:3,16:1,0. Результаты такого анализа не свидетельствуют о невыполнении законов Менделя. Законы генетики носят статистический характер. Из этого следует, что чем больше материала будет по расщеплению признаков будет рассмотрено и проанализировано, тем точнее будут выполняться статистические закономерности.

При локализации генов в половых хромосомах или в ДНК пластид, митохондрий и других органоидов, результаты скрещиваний могут не следовать законам Менделя.

Вероятность позволяет нам судить о том, как часто можно ожидать появления того или иного события при заданном числе испытаний. Если на основании каких-то данных можно ожидать, что событие произойдет в трех случаях из десяти, то говорят, что его вероятность равна 3/10. Теория вероятностей позволяет предсказать, какие отклонения и как часто встречаются при данном числе испытаний. Один из законов теории вероятности состоит в том, что вероятность одновременного совершения двух независимых событий равна произведению вероятностей каждого из них в отдельности.

Вопросы для повторения

1. Дать понятие 3 закону Г. Менделя.
2. Решить задачи:
 - * Написать возможные типы гамет, продуцируемых организмами со следующими генотипами: *AABB*, *CcDd*, *EeFf*, *gghh* (гены наследуются независимо).
 - * У морских свинок ген черной окраски шерсти *W* доминирует над аллелем *w*, обуславливающим белую окраску. Короткошерстность определяется доминантным геном *L*, а длинношерстность – его рецессивным аллелем *l*. Гены окраски и длины шерсти наследуются независимо. Гомозиготное черное длинношерстное животное было скрещено с гомозиготным белым короткошерстным. Какое потомство получится от возвратного скрещивания свинок из F_1 с родительской особью?
 - * У человека альбинизм и способность преимущественно владеть левой рукой – рецессивные признаки, наследующиеся независимо. Каковы генотипы родителей с нормальной пигментацией и владеющих правой рукой, если у них родился ребенок альбинос и левша?
 - * Тыкву, имеющую желтые плоды дисковидной формы, скрестили с тыквой, у которой были белые шаровидные плоды. Все гибриды от этого скрещивания имели белую окраску и дисковидную форму плодов. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомства?
 - * Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона

родился ребёнок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребёнка?

* Темноволосый (доминантный признак), не имеющий веснушек мужчина женился на светловолосой женщине с веснушками (доминантный признак). У них родился светловолосый сын без веснушек. Определить вероятность рождения у них темноволосого ребёнка с веснушками.

* У голубоглазой близорукой женщины от брака с кареглазым мужчиной с нормальным зрением родилась кареглазая близорукая девочка и голубоглазый с нормальным зрением мальчик. Ген близорукости (**B**) доминантен по отношению к гену нормального зрения (**b**), а генкареглазости (**C**) доминирует над геном голубоглазости (**c**). Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого с нормальным зрением ребенка?

* У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. Охотник купил черную с короткой шерстью собаку и хочет быть уверен, что его собака чистопородна. Какого партнера по скрещиванию ему нужно подобрать, чтобы убедиться в чистоте породы?

* Полидактилия (многопалость) и отсутствие малых коренных зубов передаются как доминантные признаки. Признаки наследуются независимо. Какова вероятность рождения детей без аномалий в семье, где оба родителя страдают обеими болезнями и гетерозиготны по этим парам генов?

Тема: Генетика пола

Вопросы:

- 1) Хромосомная теория наследственности
- 2) Взаимодействие генов
- 3) Сцепленное с полом наследование
- 4) Наследственные болезни человека, их причины и профилактика

Вопрос 1. Хромосомная теория наследственности

Основные положения хромосомной теории наследственности. Хромосомный анализ. Формирование хромосомной теории.

В 1902—1903 гг. американский цитолог У. Сеттон и немецкий цитолог и эмбриолог Т. Бовери независимо друг от друга выявили параллелизм в поведении генов и хромосом в ходе формирования гамет и оплодотворения. Эти наблюдения послужили основой для предположения, что гены расположены в хромосомах. Однако экспериментальное доказательство локализации конкретных генов в конкретных хромосомах было получено только в 1910 г. американским генетиком Т. Морганом, который в последующие годы (1911—1926) обосновал хромосомную теорию наследственности. Согласно этой теории, передача наследственной информации связана с хромосомами, в которых линейно, в определенной последовательности, локализованы гены. Таким образом, именно хромосомы представляют собой материальную основу наследственности. Хромосомная теория наследственности — теория, согласно которой хромосомы, заключённые в ядре клетки, являются носителями генов и представляют собой материальную основу наследственности, то есть преемственность свойств организмов в ряду поколений определяется преемственностью их хромосом. Хромосомная теория наследственности возникла в начале 20 в. на основе клеточной теории и использовалась для изучения наследственных свойств организмов гибридологического анализа.

Основные положения хромосомной теории наследственности.

1. Гены локализованы в хромосомах. При этом различные хромосомы содержат неодинаковое число генов. Кроме того, набор генов каждой из негомологичных хромосом уникален.

2. Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.

3. Гены расположены в хромосоме в линейной последовательности.

4. Гены одной хромосомы образуют группу сцепления, то есть наследуются преимущественно сцепленно (совместно), благодаря чему происходит сцепленное наследование некоторых признаков. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом данного вида (у гомогаметного пола) или больше на 1 (у гетерогаметного пола).

5. Сцепление нарушается в результате кроссинговера, частота которого прямо пропорциональна расстоянию между генами в хромосоме (поэтому сила

сцепления находится в обратной зависимости от расстояния между генами). 6. Каждый биологический вид характеризуется определенным набором хромосом — кариотипом.

Вопрос 2. Взаимодействие генов

Отношение между генами и признаками достаточно сложное. В организме не всегда один ген определяет только один признак и, наоборот, один признак определяется только одним геном. Чаще один ген может способствовать проявлению сразу нескольких признаков, и наоборот. Генотип организма нельзя рассматривать как простую сумму независимых генов, каждый из которых функционирует вне связи с другими. Фенотипное проявление того или иного признака является результатом взаимодействия многих генов.

Множественное действие генов (плейотропия) — процессы влияния одного гена на формирование нескольких признаков.

Например, у человека ген, определяющий рыжую окраску волос, обуславливает более светлую кожу и появление веснушек.

Иногда гены, определяющие морфологические признаки, влияют на физиологические функции, снижая жизнестойкость и плодовитость, или оказываются летальными. Так, ген, вызывающий голубую окраску у норки, снижает ее плодовитость. Доминантный ген серой окраски у каракулевых овец в гомозиготном состоянии детален, поскольку у таких ягнят недоразвит желудок, и они погибают при переходе на питание травой.

Комплементарное взаимодействие генов. На развитие одного признака могут влиять несколько генов. Взаимодействие нескольких неаллельных генов, приводящее к развитию одного признака, называется комплементарным. Например, у кур имеются четыре формы гребня, проявление какой-либо из них связано с взаимодействием двух пар неаллельных генов. Розовидный гребень обусловлен действием доминантного гена одной аллели, гороховидный — доминантного гена другой аллели. У гибридов при наличии двух доминантных неаллельных генов образуется ореховидный гребень, а при отсутствии всех доминантных генов, т.е. у рецессивной гомозиготы по двум неаллельным генам, образуется простой гребень.

Результатом взаимодействия генов является окраска шерсти у собак, мышей, лошадей, форма тыквы, окраска цветков душистого горошка.

Полимерия — такое взаимодействие неаллельных генов, когда степень развития признака зависит от общего количества доминантных генов. По этому принципу наследуется окраска зерен овса, пшеницы, цвет кожи у человека. Например, у негров в двух парах неаллельных генов 4 доминантных, а у людей с белой кожей — ни одного, все гены рецессивные. Сочетания разного количества доминантных и рецессивных генов приводят к образованию мулатов с разной интенсивностью окраски кожи: от темной до светлой.

Различают две основных группы взаимодействия генов: взаимодействие между аллельными генами и взаимодействие между неаллельными генами. Однако следует понимать, что это не физическое взаимодействие самих генов, а

взаимодействие первичных и вторичных продуктов, которые обусловят тот или иной признак. В цитоплазме происходит взаимодействие между белками - ферментами, синтез которых определяется генами, или между веществами, которые образуются под влиянием этих ферментов.

Возможны следующие типы взаимодействия:

1) для образования определенного признака необходимо взаимодействие двух ферментов, синтез которых определяется неаллельными генами;

2) фермент, что был синтезирован с участием одного гена, полностью подавляет или инактивирует действие фермента, что был образован другим неаллельным геном;

3) два ферменты, образование которых контролируется двумя неаллельными генами, влияющими на один признак или на один процесс так, что их совместное действие приводит к возникновению и усилению проявления признака.

Взаимодействие аллельных генов

Гены, которые занимают идентичные (гомологические) локусы в гомологичных хромосомах, называются аллельными. У каждого организма есть по два аллельных гена.

Известны такие формы взаимодействия между аллельными генами: полное доминирование, неполное доминирование, кодоминированием и сверхдоминирование.

Основная форма взаимодействия - полное доминирование, которое впервые описано Г. Менделем. Суть его заключается в том, что в гетерозиготном организме проявление одной из аллелей доминирует над проявлением другой. При полном доминировании расщепления по генотипу 1:2:1 не совпадает с расщеплением по фенотипу - 3:1. В медицинской практике с двух тысяч моногенных наследственных болезней почти в половины имеет место доминированное проявление патологических генов над нормальными. В гетерозигот патологический аллель проявляется в большинстве случаев признаками заболевания (доминантный фенотип).

Неполное доминирование - форма взаимодействия, при которой у гетерозиготного организма (Аа) доминантный ген (А) не полностью подавляет рецессивный ген (а), вследствие чего проявляется промежуточный между родительскими признак. Здесь расщепление по генотипу и фенотипу совпадает и составляет 1:2:1.

При кодоминировании в гетерозиготных организмах каждый из аллельных генов вызывает формирование зависимого от него продукта, то есть оказываются продукты обеих аллелей. Классическим примером такого проявления является система групп крови, в частности система АВО, когда эритроциты человека несут на поверхности антигены, контролируемые обеими аллелями. Такая форма проявления носит название кодоминированием.

Сверхдоминирование - когда доминантный ген в гетерозиготном состоянии проявляется сильнее, чем в гомозиготном. Так, у дрозофилы при генотипе АА-нормальная продолжительность жизни; Аа - удлиненная; аа - летальный исход.

Множественный аллелизм.

У каждого организма есть только по два аллельных гена. Вместе с тем нередко в природе количество аллелей может быть более двух, если какой-то локус может находиться в разных состояниях. В таких случаях говорят о множественные аллели или множественный аллеломорфизм.

Множественные аллели обозначаются одной буквой с разными индексами, например: А, А₁, А₃ ... Аллельные гена локализируются в одинаковых участках гомологичных хромосом. Поскольку в кариотипе всегда присутствуют по две гомологичных хромосомы, то и при множественных аллелях каждый организм может иметь одновременно лишь по два одинаковых или различных аллели. В половую клетку (вместе с различием гомологичных хромосом) попадает только по одному из них. Для множественных аллелей характерное влияние всех аллелей на один и тот же признак. Отличие между ними заключается лишь в степени развития признака.

Второй особенностью является то, что в соматических клетках или в клетках диплоидных организмов содержится максимум по две аллели из нескольких, поскольку они расположены в одном и том же локусе хромосомы.

Еще одна особенность присуща множественным аллелям. По характеру доминирования аллеломорфные признаки размещаются в последовательном ряду: чаще нормальный, неизмененный признак доминирует над другими, второй ген ряда рецессивный относительно первого, однако доминирует над следующими и т.д. Одним из примеров проявления множественных аллелей у человека есть группы крови системы АВО.

Множественный аллелизм имеет важное биологическое и практическое значение, поскольку усиливает комбинативную изменчивость, особенно генотипического.

Взаимодействие неаллельных генов.

Известно много случаев, когда признак или свойства детерминируются двумя или более неаллельными генами, которые взаимодействуют между собой. Хотя и здесь взаимодействие условно, потому что взаимодействуют не гены, а контролируемые ими продукты. При этом имеет место отклонение от менделевских закономерностей расщепления.

Различают четыре основных типа взаимодействия генов: комплементарность, эпистаз, полимерию и модифицирующее действие (плейотропия).

Комплементарность это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда один доминантный ген дополняет действие другого неаллельного доминантного гена, и они вместе определяют новый признак, который отсутствует у родителей. Причем соответственный признак развивается только в присутствии обоих неаллельных генов. Например, сера окраска шерсти у мышей контролируется двумя генами (А и В). Ген А детерминирует синтез пигмента, однако как гомозиготы (АА), так и гетерозиготы (Аа) - альбиносы. Другой ген В обеспечивает скопления пигмента преимущественно у основания и на кончиках волос.

Скрещивания дигетерозигот ($AaBb \times AaBb$) приводит к расщеплению гибридов в соотношении 9:3:4. Числовые соотношения при комплементарном взаимодействии могут быть как 9:7; 9:6:1 (видоизменение менделевского расщепления).

Примером комплементарного взаимодействия генов у человека может быть синтез защитного белка - интерферона. Его образование в организме связано с комплементарным взаимодействием двух неаллельных генов, расположенных в разных хромосомах.

Эпистаз — это такое взаимодействие неаллельных генов, при котором один ген подавляет действие другого неаллельного гена. Угнетение могут вызывать как доминантные, так и рецессивные гены ($A > B$, $a > B$, $B > A$, $b > A$), и в зависимости от этого различают эпистаз доминантный и рецессивный. Подавляющий ген получил название ингибитора или супрессора. Гены-ингибиторы в основном не детерминируют развитие определенного признака, а лишь подавляют действие другого гена.

Вопрос 3. Сцепленное с полом наследование

Анализ наследования признака окраски глаз у дрозофилы в лаборатории Т. Моргана выявил некоторые особенности, заставившие выделить в качестве отдельного типа наследования признаков *сцепленное с полом наследование*.

Зависимость результатов эксперимента от того, кто из родителей являлся носителем доминантного варианта признака, позволила высказать предположение, что ген, определяющий окраску глаз у дрозофилы, расположен в X-хромосоме и не имеет гомолога в Y-хромосоме. Все особенности сцепленного с полом наследования объясняются неодинаковой дозой соответствующих генов у представителей разного — гомо- и гетерогаметного пола.

Гомогаметный пол несет двойную дозу генов, расположенных в X-хромосоме. Развитие соответствующих признаков у гетерозигот ($X^A X^a$) зависит от характера взаимодействия между аллельными генами. Гетерогаметный пол имеет одну X-хромосому (XO или XY). У некоторых видов Y-хромосома генетически инертна, у других она содержит некоторое количество структурных генов, часть из которых гомологична генам X-хромосомы. Гены негомологичных участков X- и Y-хромосом (или единственной X-хромосомы) у гетерогаметного пола находятся *вгемизиготном* состоянии. Они представлены единственной дозой: $X^A Y$, $X^a X$, XY^B . Формирование таких признаков у гетерогаметного пола определяется тем, какой аллель данного гена присутствует в генотипе организма.

Характер наследования сцепленных с полом признаков в ряду поколений зависит от того, в какой хромосоме находится соответствующий ген. В связи с этим различают X-сцепленное и Y-сцепленное (голландрическое) наследование.

X-сцепленное наследование. X-хромосома присутствует в кариотипе каждой особи, поэтому признаки, определяемые генами этой хромосомы, формируются у представителей как женского, так и мужского пола. Особи гомогаметного пола получают эти гены от обоих родителей и через свои гаметы передают их всем потомкам. Представители гетерогаметного пола получают единственную X-хромосому

от гомогаметного родителя и передают ее своему гомогаметному потомству. У млекопитающих (в том числе и человека) мужской пол получает X- сцепленные гены от матери и передает их дочерям. При этом мужской пол никогда не наследует отцовского X-сцепленного признака и не передает его своим сыновьям.

Так как у гомогаметного пола признак развивается в результате взаимодействия аллельных генов, различают X-сцепленное доминантное и X-сцепленное рецессивное наследование. *X-сцепленный доминантный признак* (красный цвет глаз у дрозофилы) передается самкой всему потомству. Самец передает свой X-сцепленный доминантный признак лишь самкам следующего поколения. Самки могут наследовать такой признак от обоих родителей, а самцы — только от матери.

X-сцепленный рецессивный признак, (белый цвет глаз у дрозофилы) у самок проявляется только при получении ими соответствующего аллеля от обоих родителей (X^aX^a). У самцов X^aY он развивается при получении рецессивного аллеля от матери. Рецессивные самки передают рецессивный аллель потомкам любого пола, а рецессивные самцы — только «дочерям».

При X-сцепленном наследовании, так же, как и при аутосомном, возможен промежуточный характер проявления признака у гетерозигот. Например, у кошек пигментация шерсти контролируется X-сцепленным геном, разные аллели которого определяют черную (X^A) и рыжую ($X^{A'}$) пигментацию. Гетерозиготные самки $X^AX^{A'}$ имеют пеструю окраску шерсти. Самцы же могут быть либо черными (X^AY , либо рыжими ($X^{A'}Y$).

Голандрическое наследование.

Активно функционирующие гены Y-хромосомы, не имеющие аллелей в X-хромосоме, присутствуют в генотипе только гетерогаметного пола, причем в гемизиготном состоянии. Поэтому они проявляются фенотипически и передаются из поколения в поколение лишь у представителей гетерогаметного пола. Так, у человека признак гипертрихоза ушной раковины («волосатые уши») наблюдается исключительно у мужчин и наследуется от отца к сыну.

У человека X-хромосома, которую мужчина получает от матери, несет гены дальтонизма (цветовой слепоты) и гемофилии (несвертываемости крови). Эти гены рецессивны; у женщин названные болезни проявляются крайне редко, а у мужчин чаще, так как в Y-хромосомах мужчин нет доминантного аллеля, подавляющего действие этих генов, Y-хромосоманесет такие признаки, как, например, волосатость мочки ушей, перепонка между пальцами ног, поэтому эти признаки проявляются только у мужчин как носителей Y-хромосомы. Всего с полом сцеплено около 120 признаков.

Вопрос 4. Наследственные болезни человека, их причины и профилактика

Доля заболеваний человека, причинами которых являются патологические гены составляет порядка 10%. Это значит, что каждое десятое заболевание можно предотвратить, вовремя обратившись к врачу-генетику. Ведь сегодня существуют методы, достоверно и безошибочно выявляющие такие заболевания и позволяющие вовремя принять меры.

Классификация наследственных болезней

Сегодня выделяют пять групп, которые попадают под понятие наследственной патологии. Каждая из этих групп имеет свои причины и особенности.

I. Генные заболевания. Они возникают при наличии мутации - повреждения цепи ДНК, отвечающей за тот или иной признак. Проявляются такие болезни, соответственно, тем, что у человека изменяется один конкретный признак, например, отсутствие одного печеночного фермента при фенилкетонурии. Такие заболевания наследуются по законам Менделя, и, соответственно, передаются по поколениям.

II. Хромосомные заболевания, в отличие от генных, не наследуются, поскольку гены при этих заболеваниях не затрагиваются - меняется лишь количество хромосом. Пример - синдром Дауна, при котором у больного человека появляется лишняя хромосома.

III. Заболевания с наследственной предрасположенностью как таковые не наследуются вообще. Наследуется лишь, как следует из названия, предрасположенность к ним. И при жизни, при совпадении нескольких факторов, может возникнуть само заболевание. Примеров таких болезней много: шизофрения, сахарный диабет, ревматизм и многие другие.

IV. Генетические заболевания соматических клеток. Эта группа заболеваний вызвана мутациями в клетках тела эмбриона во время вынашивания. Ребенок при этом может родиться здоровым, а мутация проявиться как через день, так и спустя много лет после появления на свет. Примерами таких заболеваний являются практически все аутоиммунные и большинство онкологических процессов.

V. Болезни при несовместимости антигенов плода и матери встречаются в практике врача достаточно часто (заболевают примерно 1 из 100 новорожденных). Такие заболевания возникают, если антиген, которого нет у матери (полученный от отца) попадает через плаценту в ее организм. Хорошо изученный пример - резус-конфликт. В организме мамы при этом развивается иммунная реакция и плод начинает отторгаться как чужеродный. Впрочем, сегодня разработаны схемы лечения таких состояний.

Профилактика наследственных болезней. Самым эффективным и действенным методом профилактики наследственных болезней сегодня является генетическое консультирование. После консультации и обследования врач-генетик делает главное - ставит диагноз. А ранняя постановка диагноза позволяет морально подготовиться к возможной болезни и определить наилучшие методы лечения.

Вопросы для повторения:

1 Известно, что у человека низкий рост доминирует над высоким, а кудрявые волосы над прямыми. Каким будет F1 у родителей, если женщина низкорослая с прямыми волосами, а мужчина высокий и кудрявый? Оба родителя гомозиготны по всем признакам.

2 Какими будут гаметы, если генотип:

а) Аа Вв Сс; б) АА ВВ СС; в) Аа Вв СС ДД.

3 Темноволосая девушка вышла замуж за светловолосого мужчину (рецессивный ген). Каков генотип девушки, если в F1 родились двойняшки — один с белыми волосами, другой с темными?

4 Оперенность ног у кур доминирует над голыми ногами, а гороховидный гребень доминирует над простым. Каким будет F1, если скрестить кур с гороховидным гребнем и оперенными ногами (дигетерозигота) с голоногими курами, имеющими простые гребни? Решите задачу с цитологическими основами.

5 У крупного рогато скота ген комолости (т.е. безрогости) доминирует над геном рогатости. Какое потомство следует ожидать от скрещивания рогатого быка с гомозиготными комолыми коровами? Каким будет потомство в F2 от скрещивания гибридов.

6 У пшеницы ген карликовости доминирует над геном нормального роста. Каковы генотипы исходных форм, если в F1 расщепление 1:1. При каких фенотипах родителей в F1 проявится первый закон Менделя?

7 У томатов красная окраска плода доминирует над желтой. каковы генотипы родителей, если в F1 обнаружено расщепление по фенотипу 3:1? Какими должны быть генотипы родителей, если в F1 будет расщепление 1:1

8 Известно, что нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, а раннеспелость над позднеспелостью. Каким будет первое поколение. Если скрестить раннеспелый овес нормального роста (гетерозигота) с позднеспелым гигантского? Каково расщепление особей по генотипу и фенотипу?

9 У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а способность лучше владеть правой рукой над леворукостью.

Кареглазый правша (гомозигота) женится на голубоглазой левше.

Каким будет первое поколение? Какой закон Г.Менделя проявляется?

Тема: Закономерности изменчивости

Вопросы:

1. Наследственная, или генотипическая, изменчивость
2. Модификационная, или ненаследственная, изменчивость

Вопрос 1. Наследственная, или генотипическая, изменчивость

Наследственная изменчивость — это изменение признаков и свойств организма, вызванное изменениями его генетического материала.

В основе наследственной изменчивости лежит половое размножение живых организмов, которое приводит к возникновению огромного разнообразия генотипов. Поэтому наследственную изменчивость ещё называют генотипической изменчивостью.

Наследственная изменчивость организмов обычно возникает с появлением мутаций или новых комбинаций генов, образующихся в процессе мейоза при формировании половых клеток или при оплодотворении. Поэтому наследственную (генотипическую) изменчивость подразделяют на два типа: *комбинативную* (лат. *combinatio* — «объединение») и *мутационную*. В обоих случаях изменения структуры генов или хромосом, последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК и числа хромосом определяются нарушениями генотипа. Всё это приводит к изменению генотипа и признаков, им контролируемых.

Комбинативная изменчивость может быть результатом *рекомбинаций* генов и хромосом, несущих различные аллели (т. е. перераспределения генетического материала родителей в их потомстве). Это выражается в разнообразии потомков, получивших новые, иные, чем у организмов родителей, комбинации генов. Рекомбинация обычно происходит в мейозе при развитии половых клеток организмов и при оплодотворении (в зиготе). Комбинативная изменчивость — универсальный тип наследственной изменчивости, свойственный всему живому миру на Земле. Этот тип наследственной изменчивости имеет большое значение в эволюционных преобразованиях живого мира.

Мутационная изменчивость является следствием внезапно возникающих стойких изменений генетического материала — мутаций. Мутационные изменения — это скачкообразные и ненаправленные изменения исходной формы генотипа, обеспечивающие возникновение у живых организмов качественно новых наследственных признаков и свойств, которых ранее в природе не существовало. Мутационная изменчивость широко распространена в природе, но она может быть вызвана и искусственно, путём специальных воздействий человека на генотип организма. Этот тип наследственной изменчивости широко используется селекционерами для получения новых форм.

Дальнейшее развитие знания о наследственной изменчивости получили в трудах крупного отечественного учёного *Николая Ивановича Вавилова* (1887-

1943). В 1920 г. он сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости, чем заложил основы сравнительной генетики. Этот закон обобщает огромный фактический материал о параллелизме изменчивости близких родов и видов и, таким образом, связывает воедино генетику и систематику. Этот закон явился крупным шагом на пути последующего синтеза генетики и эволюционного учения.

Вопрос 2. Модификационная, или ненаследственная, изменчивость

Ненаследственная (фенотипическая, модификационная) изменчивость – это фенотипические различия у генетически одинаковых особей, способность организмов изменять свой фенотип под влиянием различных факторов. Фенотипическая изменчивость не связана с изменением генетического материала. Она является ответной реакцией организма на конкретные изменения окружающей среды. Большую роль в формировании признаков организмов играет среда его обитания. Каждый организм развивается и обитает в определенной среде, испытывая на себе действие ее факторов, способных изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т.е. их фенотип.

Причиной модификационной изменчивости являются изменения внешней среды обитания организма или его внутренней среды, не затрагивающие гены организма, наследственный материал и не вызывающие изменений генотипа особи. Следовательно, эти изменения не наследуются (ненаследственная). Так, если получить потомство от тритонов, выращенных на темном грунте, и поместить их на светлый, то все они будут иметь светлую окраску, а не темную, как их родители. То есть данный вид изменчивости не затрагивает генотип и поэтому не передается потомкам.

Изучение влияния новых условий на человека показало, что такие признаки, как тип обмена веществ, предрасположенность к некоторым заболеваниям, группа крови, узоры кожи на пальцах, и другие определяются генотипом, и их выражение мало зависит от факторов окружающей среды. Другие признаки, такие как уровень интеллекта, вес, рост и т.п., обладают широким диапазоном изменений, и их проявление в значительной степени определяется окружающей средой. Те внешние различия, которые обусловлены средой, получили название модификаций. Модификации не связаны с изменением генетических структур особи, а являются лишь частной реакцией генотипа на конкретные изменения окружающей среды (температуры, содержания кислорода во вдыхаемом воздухе, характера питания, воспитания, обучения и т.д.).

Модификационная изменчивость носит групповой характер (групповая), то есть все особи одного вида, помещенные в одинаковые условия, приобретают сходные признаки. Например, если сосуд с эвгленами зелеными поместить в темноту, то все они утратят зеленую окраску, если же вновь выставить на свет – все опять станут зелеными.

Модификационная изменчивость является определенной, то есть всегда соответствует факторам, которые ее вызывают. Так, усиленные физические нагрузки влияют на степень развития мышц. Под действием ультрафиолетовых лучей у людей (если они не альбиносы) возникает загар в результате накопления в коже меланина, причем у разных людей интенсивность окраски кожи различна.

В оптимальных условиях выявляется максимум возможностей, присущих данному генотипу. Так, продуктивность беспородных животных в условиях улучшенного содержания и ухода повышается (надой молока, нагул мяса). В этом случае все особи с одинаковым генотипом отвечают на внешние условия одинаково, поэтому *Ч. Дарвин* этот тип изменчивости назвал определенной или групповой изменчивостью. Однако другой признак – жирность молока – слабо подвержен изменениям условий среды, а масть животного – еще более устойчивый признак.

Интенсивность модификационной изменчивости можно регулировать. Модификационная изменчивость направлена.

Модификационная изменчивость признака может быть очень велика, но она всегда контролируется генотипом организма и обычно колеблется в определенных пределах. Конкретные изменения не наследуются, они формируются в процессе жизнедеятельности особи. Наследуется генотип с его специфической нормой реакции на изменение среды. Внешние воздействия могут вызывать у особи или группы особей изменения, которые бывают для них вредными, безразличными или полезными, т.е. приспособительными.

Границы фенотипической изменчивости, контролируемые генотипом организма, называют нормой реакции.

Широкая норма реакции приводит к повышению выживаемости. Широкая норма реакции свойственна количественным признакам, таким как удои молока, размеры листьев, окраска у некоторых бабочек; узкая норма реакции для качественных признаков – жирности молока, яйценоскости у кур, интенсивности окраски венчиков у цветков и др.

Одним из первых исследователей, изучавших модификационную изменчивость, был *К. Нэгели* (1865), который сообщил, что если альпийские формы растений, например ястребинки, перенести на богатую почву Мюнхенского ботанического сада, то у них обнаруживаются увеличение мощности, обильное цветение, а некоторые растения изменяются до неузнаваемости. Если же формы вновь перенести на бедные каменистые почвы, то они возвращаются к исходной форме. Несмотря на полученные результаты, *К. Нэгели* оставался сторонником наследования приобретенных свойств.

Впервые строгий количественный подход к исследованию модификационной изменчивости с позиций генетики применил *В. Иогансен*. Он изучал наследование массы и размера семян фасоли – признаков, в значительной степени меняющихся под влиянием как генетических факторов, так и условий выращивания растений.

Убежденным противником наследования свойств, приобретенных в онтогенезе, был *А. Вейсман* (1833-1914). Последовательно отстаивая дарвиновский принцип естественного отбора как движущую силу эволюции, он предложил разделить понятия соматогенных и бластогенных изменений, т.е. изменения свойств соматических клеток и органов, с одной стороны, и изменения свойств генеративных клеток – с другой. *А. Вейсман* указал на невозможность существования механизма, который передавал бы изменения соматических клеток половым таким образом, чтобы в следующем поколении организмы изменялись адекватно тем модификациям, которые претерпели родители во время своего онтогенеза.

Иллюстрируя это положение, *А. Вейсман* поставил следующий эксперимент, доказывавший ненаследование приобретенных признаков. На протяжении 22 поколений он отрубал хвосты белым мышам и скрещивал их между собой. В общей сложности он обследовал 1592 особи и ни разу не обнаружил укорочения хвоста у новорожденных мышат.

Вопросы для повторения:

1. Объясните на примерах наследственную изменчивость.
2. Объясните на примерах модификационную изменчивость.
3. Приведите примеры узкой и широкой нормы реакции.

Тема: Основы селекции растений, животных и микроорганизмов

Вопросы:

- 1. Генетика — теоретическая основа селекции**
- 2. Одомашнивание животных и выращивание культурных растений — начальные этапы селекции**
- 3. Учение Н. И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений**
- 4. Основные методы селекции: гибридизация и искусственный отбор**
- 5. Основные достижения современной селекции культурных растений, домашних животных и микроорганизмов**

Вопрос 1. Генетика — теоретическая основа селекции

Теоретической основой селекции и семеноводства, является генетика — учение о закономерностях наследственности и изменчивости организмов. Положение ее о дискретности наследственности учение о мутациях и модификациях, понятия о генотипе и фенотипе, доминантности и рецессивности, гомо- и гетерозиготности, установление природы гетерозиса, трансгрессий и новообразований при гибридизации, все достижения генетики имеют важнейшее значение для развития эффективных методов селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур.

Для разработки эффективных методов создания сортов и гибридов с высокими технологическими и пищевыми качествами зерна необходимо изучить генетические и физиолого-биохимические закономерности наследственности и изменчивости содержания углеводов, фракционного и аминокислотного состава белков в зерне, характер изменчивости и наследования признаков качества зерна у пшеницы, пивоваренного ячменя, проса, семян зерновых бобовых и масличных культур и сформулировать теоретические основы трансгрессивной селекции по признакам, определяющим качественный состав основных веществ (белка, масла и др.). Важное значение имеет дальнейшее совершенствование методики электрофореза запасных белков зерна пшеницы и ячменя для подбора родительских форм при гибридизации и отбор наиболее ценных рекомбинантов по качеству зерна, морозостойкости, устойчивости к болезням и другим хозяйственно ценным признакам, а также для биотипного анализа сортов в первичных звеньях семеноводства. Очень важно изучить генетические основы и морфолого-анатомические особенности устойчивости хлебных злаков к полеганию и осыпанию и создать устойчивые сорта. Следует разрабатывать и совершенствовать методы получения новых форм растений с помощью полиплоидии, гаплоидии, культуры гибридных зародышей, а также клеточной, хромосомной и генной инженерии.

Генетика обосновала применение методов индивидуального отбора и разработала теорию скрещиваний. Одна из важнейших задач селекции — создание сортов, дающих продукцию высокого качества. Зерно новых высокопродуктивных сортов и гибридов зерновых культур должно иметь отличные технологиче-

ские и пищевые качества, стабильные при изменяющихся условиях выращивания. В нашей стране выведено и районировано более 60 сортов сильной пшеницы (Безостая 1, Мироновская 808, Донская безостая, Одесская 51, Обрий, Саратовская 29, Саратовская 44, Целинная 60, Новосибирская 87 и др.), которые служат прекрасным исходным материалом для создания еще более высококачественных сортов для всех природно-климатических зон. Среди новых районированных сортов яровой пшеницы по технологическим качествам зерна выделяется Саратовская 54. Этот сорт характеризуется стабильно высоким содержанием белка в зерне и высоким объемным выходом хлеба, а также лучшей его пористостью. Качество клейковины у него выше, чем у сорта Саратовская 29. Среди образцов мировой коллекции имеются сорта и формы, обладающие исключительно высокими качествами зерна, — содержат от 18 до 22% белка (образцы из Китая, Канады, Индии). Их успешно используют при гибридизации. Новые сорта пшеницы должны иметь повышенное содержание белка (15—16%) и клейковины высокого качества.

Необходимо создать сорта озимой и яровой пшеницы, сочетающие высокую урожайность (соответственно 7—9 и 5—6 т с 1 га) с большим содержанием белка в зерне (16—17 и 18—19%), высококачественной клейковиной и улучшенным аминокислотным составом. Важнейшая задача селекции — выведение сортов со стабильно высокими урожайностью и качеством зерна при различных погодных условиях. Создание высокобелковых сортов и гибридов кукурузы, пшеницы, ячменя и овса с повышенным содержанием лизина и других незаменимых аминокислот — также очень важная проблема селекции.

Ставится задача выведения новых сортов и гибридов подсолнечника с масличностью семян 58—60%. В то же время важно добиться улучшения качества масла, т. е. определенного состава жирных кислот, соотношения липидов, повышенного содержания витаминов. Создание нового мутантного сорта Первенец, содержащего в масле до 75% олеиновой кислоты против 30—35% у обычных сортов, показывает огромные возможности, имеющиеся в селекции подсолнечника на качество продукции.

Селекцию зерновых бобовых культур нужно вести на повышенное содержание белка. Необходимо создать сорта сахарной свеклы с повышенной сахаристостью и высокими технологическими качествами, новые технические сорта картофеля с большим количеством крахмала и белка в клубнях. Важнейшая задача в селекции льна-долгунца и хлопчатника — выведение новых высокоурожайных сортов, дающих высокий выход и качество волокна.

Для успешного решения проблемы иммунитета растений большое значение имеет усовершенствование способов создания инфекционных фондов и определения расового состава ржавчины зерновых культур, фитофторы картофеля и других наиболее опасных болезней. Необходимо разработать методы выявления генов и доноров устойчивости к болезням и вредителям, изучить условия проявления их действия и характера наследования этого свойства в зависимости от подбора родительских пар и погодных условий. Должно найти применение ЭВМ

и математическое моделирование для организации информационно-генетических систем регистрации и документации селекционного материала, разработки моделей сортов и селекционных программ, объективного подбора родительских пар, выбора оптимальной стратегии селекции.

Необходимо продолжать разработку вопросов организации и экономики промышленного семеноводства, совершенствовать приемы ускоренного размножения и внедрения в производство новых сортов и гибридов; разрабатывать применительно к условиям различных почвенно-климатических зон технологии выращивания; высокоурожайных семян во всех звеньях системы семеноводства; совершенствовать методы и схемы первичного семеноводства; продолжать исследования по выявлению лучших экологических и агротехнических условий для формирования высокоурожайных семян.

Сорту принадлежит очень важная роль в освоении энерго- и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Это достигается за счет посева устойчивых к полеганию сортов зерновых культур и неосыпающихся сортов гороха, что позволяет убирать урожай прямым комбайнированием, скороспелых гибридов кукурузы и подсолнечника с быстрым высыханием зерна и семян при созревании, что обуславливает снижение затрат электроэнергии или топлива на сушку, раннелистопадных сортов хлопчатника, что дает возможность высокопроизводительно и без потерь проводить машинную уборку хлопка-сырца, и т. д.

Селекция растений — важнейший фактор ускорения научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. В последние годы происходит бурное развитие ее в нашей стране и за рубежом. На основе разработки высокоэффективных методов создания новых сортов получены важные практические результаты. К ним прежде всего относятся выведение короткостебельных сортов пшеницы и риса, позволяющих на высоком агрофоне получать урожай 10 т более с 1 га, создание гибридной кукурузы и гибридного сорго с потенциальной урожайностью 15 т с 1 га, разработка приемов коренного улучшения аминокислотного состава белка важнейших зерновых и зернофуражных культур, создание сортов некоторых культур, устойчивых к опасным заболеваниям, удвоение масличности семян подсолнечника и другие достижения. Селекция и хорошо налаженное семеноводство приобрели первостепенное значение в повышении урожайности и валовых сборов зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Дальнейшее развитие этой науки привело к разработке принципиально новых методов создания исходного материала и приемов управления наследственностью. Наряду с классическими методами получения исходного материала путем гибридизации, использования местных сортов и естественных популяций все большую роль играют новые генетические методы: гетерозиса, экспериментального мутагенеза, полиплоидии, гаплоидии, культуры тканей, соматической гибридизации, хромосомной и геномной инженерии. Применение указанных методов в селекционном процессе уже дало положительные результаты.

В основных направлениях экономического и социального развития по-

ставлены задачи усилить на основе использования биотехнологии и генной инженерии работу по созданию и внедрению в производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, отвечающих требованиям интенсивных технологий, устойчивых к неблагоприятным воздействиям внешней среды, пригодных к машинной уборке и удовлетворяющих запросам пищевой промышленности; совершенствовать организацию семеноводства и улучшать качество семян.

Вопрос 2. Одомашнивание животных и выращивание культурных растений — начальные этапы селекции

Все современные домашние животные и культурные растения произошли от диких предков. Процесс превращения диких животных и растений в культурные формы называют одомашниванием. Главным фактором одомашнивания служит искусственный отбор организмов, отвечающих требованиям человека. Если самка первобытного тура — предка современного крупного рогатого скота — продуцировала лишь десятки или сотни килограммов молока, необходимые ей для кормления теленка, то отдельные коровы современных пород дают до 15 000 кг молока за лактацию, т. е. за период между отелами.

Для животных, например, первым условием, а вместе с тем и показателем одомашнивания было создание (путем отбора) особей, способных к контактам с человеком, к сосуществованию с ним. Иначе говоря, человек изменял поведение животных, превращая их из диких в домашних. В условиях естественной природы культурные, т. е. одомашненные, формы существовать, как правило, не могут.

Уже на первых этапах процесс одомашнивания вызвал резкое повышение изменчивости животных и растений, что создало предпосылки для успешного осуществления искусственного отбора. В результате этого между породами современных домашних животных и сортами растений возникли большие различия. Эти различия во многих случаях превышали различия не только между видами, но и родами.

Первые попытки одомашнивания животных и растений предпринимались людьми еще за 20—30 тыс. лет до н. э. Одомашнивание животных началось, вероятно, со случайного выращивания диких животных человеком. Некоторые из этих еще диких животных могли существовать в контакте с человеком и начали размножаться в условиях, созданных для них. Так начался первый этап их одомашнивания.

Широкое одомашнивание начинается с VIII—VI тыс. до н. э. Именно тогда человек вовлек в культуру подавляющее большинство животных и растений.

Некоторые виды животных и растений были одомашнены значительно позднее. Так, кроликов люди стали разводить лишь в Средневековье, сахарную свеклу стали возделывать как полевое сахарное растение только в XIX в., а мяту — в XX в.

В наше время человек для удовлетворения своих потребностей продолжает одомашнивать новые виды животных и растений. Для получения высококачественной пушнины в XX столетии создана новая отрасль животноводства — пушное звероводство. Несомненно, человек в дальнейшем будет вовлекать в одомашнивание все новые виды животных и растений.

Вопрос 3. Учение Н. И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений

Выдающийся вклад в развитие представлений о центрах происхождения культурных растений внесли Н. И. Вавилов и его сотрудники.

В результате многочисленных экспедиций, организованных Н. И. Вавиловым в самые отдаленные уголки планеты, где возникли древние земледельческие цивилизации, была собрана уникальная, самая крупная в мире коллекция разнообразных культурных растений. Именно она послужила фундаментом той огромной коллекции, которая ныне находится в Институте растениеводства им. Н. И. Вавилова (Санкт-Петербург) и активно служит интересам науки и практики.

Главные центры происхождения культурных растений и их одомашнивания

Название центра	Одомашненные растения
1. Индонезийско-Индокитайский	Бананы, сахарная пальма, саговая пальма, хлебное дерево, сахарный тростник
2. Китайско-Японский	Рис, просо, соя, шелковица
3. Среднеазиатский	Горох, лен, морковь, лук, миндаль, грецкий орех, виноград
4. Переднеазиатский	Пшеница, рожь, ячмень, овес, нут, чечевица
5. Средиземноморский	Оливковое дерево, капуста, брюква, люпин
6. Африканский	Сорго, кунжут, клещевина, хлопчатник, арбуз, кофе
7. Южноамериканский	Маниок, фасоль, томаты, арахис, ананас, картофель
8. Среднеамериканский	Кукуруза, фасоль, тыква, красный перец, табак, какао

В настоящее время выделяют восемь главных центров происхождения культурных растений (см. табл.). Исследования показали, что родоначальником культурного риса стали два диких вида этого растения — азиатский и африканский. Из 20 диких видов ячменя (многолетних) был одомашнен лишь один вид — двурядный ячмень. Овес и рожь одомашнены значительно позднее, чем пшеница и ячмень. До этого они существовали как дикие растения, засорявшие посевы пшеницы.

О происхождении и систематическом положении современных культурных растений судят на основе сравнительно-морфологического, физиологического исследования, а также изучения структуры хромосом.

Районы одомашнивания животных. Районы одомашнивания животных, как можно судить на основании современных зоологических и археологических исследований, связаны с центрами происхождения культурных растений. По-видимому, в районах Индонезийско-Индокитайского центра впервые были одомашнены животные, не образующие крупных стад: собака, свинья, куры, гуси, утки.

В районах Передней Азии, как предполагают, впервые были одомашнены

овцы, а в Малой Азии — козы. Предок крупного рогатого скота — тур — впервые одомашнен в ряде областей Евразии, предки домашней лошади — в степях Причерноморья. В районе американских центров происхождения растений были одомашнены такие животные, как лама, альпака, индейка.

Происхождение домашних животных. Одно из наиболее древних домашних животных — собака. До недавнего времени было много споров о происхождении собаки. Теперь установлено, что единственным предком домашней собаки был волк. Родоначальником крупного рогатого скота был первобытный бык — тур. Тур распространился в Евразии и Северной Африке, но постепенно был уничтожен человеком.

Предками домашней овцы были, по-видимому, дикие бараны — муфлоны, которые в свое время широко распространились в нагорьях юга Европы и Передней Азии. Многие исследователи предполагали, что предком домашней лошади послужила дикая лошадь Пржевальского. Однако после того, как было обнаружено различие в числе хромосом между домашней лошадью и лошадью Пржевальского, возможным предком домашних лошадей стали считать тарпана — дикую лошадь южнорусских степей, окончательно истребленную в конце XIX — начале XX в. Тарпан и лошадь Пржевальского произошли от какого-то общего предка.

Родоначальник домашней свиньи — дикий кабан распространен на огромной территории Евразии. Предком домашней кошки была африканская дикая кошка. Домашняя курица произошла от дикой красной курицы джунглей.

Таким образом, для каждого вида домашних животных или растений, несмотря на обилие пород и сортов, удастся отыскать, как правило, одного дикого предка, который и был подвергнут одомашниванию.

Вопрос 4. Основные методы селекции: гибридизация и искусственный отбор

Селекция — это наука о совершенствовании существующих и выведения новых пород животных, сортов растений, а также практическая деятельность человека в этих направлениях.

Современная селекция использует различные методы. Главные из них:

-изучение существующего в природе многообразия видов, пород и сортов для использования их в качестве исходного материала для селекции;

-искусственный отбор особей, обладающих важными для селекционера признаками;

Одним из основных методов селекции является искусственный отбор, предполагающий сохранение и размножение организмов с признаками, ценными и полезными для человека. Обычно используют два вида искусственного отбора.

Массовый отбор проводят без учета генотипа организмов, только по внешним признакам, т.е. на основании фенотипа, поэтому отобранные организмы генетически неоднородны. Метод массового отбора всегда требует повторного отбора и действует медленно.

Индивидуальный отбор предполагает изучение генотипа родительских организмов, анализ потомков, проведение близкородственных скрещиваний и получение чистых линий, характеризующихся генетической однородностью.

-искусственное получение мутаций путем воздействия мутагенными факторами;

Факторы, воздействие которых на организм приводит к появлению мутаций, называются мутагенами. Обычно мутагены подразделяют на три группы. Для искусственного получения мутаций используются физические и химические мутагены.

Название группы мутагенов:

А) Физические Рентгеновские лучи, гамма-лучи, ультрафиолетовое излучение, высокие и низкие температуры и др.

Б) Химические Соли тяжелых металлов, алкалоиды, чужеродные ДНК и РНК, аналоги азотистых оснований нуклеиновых кислот, многие алкилирующие соединения и др.

В) Биологические Вирусы, бактерии

Индукцированный мутагенез имеет большое значение, поскольку дает возможность создания ценного исходного материала для селекции, а также раскрывает пути создания средств защиты человека от действия мутагенных факторов.

-гибридизация;

В современной селекции широко используется гибридизация (от греч. *hybris* – помесь) – естественное или искусственное скрещивание особей, отличающихся по своим признакам и относящихся к разным сортам, породам, штаммам, видам. Применяют несколько видов скрещивания, в том числе родственное и неродственное:

1. Близкородственное скрещивание, или инбридинг (у перекрестно опыляемых растений – принудительное самоопыление). Инбридинг приводит к тому, что потомки становятся гомозиготными, т.е. повышается степень гомозиготных организмов. Так выводят чистые линии организмов, широко применяемые в селекции. При дальнейшем скрещивании особей двух чистых линий, одна из которых гомозиготна по доминантным генам, а другая по рецессивным, гибриды первого поколения F1 по ряду признаков часто превосходят исходные родительские организмы – может резко повыситься урожайность и жизнеспособность. В селекции растений и животных это явление занимает особое место и называется гибридной мощностью, или гетерозисом. Однако в последующих поколениях гетерозис снижается, наблюдается вырождение потомков, поэтому в практике обычно используют только гибриды F1. Связано это с тем, что у потомков всё в большей степени начинают накапливаться и проявляться рецессивные мутации.

2. Неродственное скрещивание, или аутбридинг. Скрещивают организмы, относящиеся к разным линиям внутри сорта (или породы), к разным сортам (или породам), к разным видам или даже родам. В двух последних случаях речь идёт об отдаленной гибридизации. Скрещивание организмов, относящихся к разным видам и тем более родам, крайне сложно, т.к. родительские организмы отличаются по генетическому материалу, физиологическим или морфологическим признакам.

Очень часто такое скрещивание приводит к образованию бесплодных (т.е. не дающих потомство) гибридов. Связано это с тем, что в гибридном организме встречаются родительские хромосомы, столь несхожие между собой морфологически, а часто и по числу, что они не способны к конъюгации, это ведет к нарушениям процесса мейоза, а, следовательно, и не формируются нормальные половые клетки (гаметы). Однако способность растений к вегетативному размножению, а также разработка специальных методов преодоления бесплодия у отдаленных гибридов в ряде случаев делает возможным формирование новых форм, обладающих определенными ценными качествами, характерными для разных видов.

Бурное развитие новых методов исследований в генетике, расширение и углубление наших представлений о структуре и законах организации наследственного аппарата клетки обусловили создание и разработку принципиально новых методов.

Родились новые понятия и направления современной генетики: клеточная, хромосомная инженерия и генная инженерия. При этом принципиальное отличие данных методов от традиционно используемых в селекции, состоит в целенаправленном, а не случайном расширении границ изменчивости генотипа, в планируемом разнообразии исходного материала для селекции. Эти современные методы большее применение пока получили в селекции растений.

Клеточная инженерия связана с культивированием отдельных клеток или тканей на специальных искусственных средах. Показано, что если взять кусочки ткани или отдельные клетки из разных органов, допустим, растений, хотя это возможно и у животных, и пересадить их на специальные среды, содержащие минеральные соли, аминокислоты, гормоны и другие питательные компоненты, то они способны расти. Это значит, что в таких изолированных от организма тканях и клетках продолжают клеточные деления. Но самым важным и интересным оказалось то, что отдельные растительные клетки (в отличие от клеток животных) в таких искусственных условиях обладают тотипотентностью, т.е. способны к регенерации (формированию) полноценных растений. Эта их способность и была использована для селекции в разных направлениях.

Вторым новейшим методом клеточной селекции у растений, уже давшим огромный эффект, является метод гаплоидов (организмы с уменьшенным вдвое числом хромосом, у которых в ядрах клеток из каждой пары гомологичных хромосом, характерных для диплоидов присутствует только одна хромосома.) Например, если у кукурузы диплоидные растения имеют 10 пар хромосом (всего 20), то гаплоидные – всего 10 хромосом. Гаметы, в том числе мужские (пыльцевые зерна), имеют гаплоидный набор хромосом. Этот факт и был использован для получения гаплоидных растений.

Сейчас разработан метод проращивания пыльцевых зерен на искусственных питательных средах в пробирках и получения из них полноценных гаплоидных растений. В основе ее лежит гибридизация, в результате которой получают гетерозиготные организмы, а затем длительная гомозиготизация до восьмого поколения, т.е. получение стабильных нерасщепляющихся форм. На создание сорта таким методом уходит более 10 лет. С помощью гаплоидов этот срок

можно сократить в 2 раза. Для этого получают гибриды, берут из них пыльцу, на питательных средах в пробирках регенерируют из нее гаплоидные растения, а затем удваивают у них число хромосом и сразу получают полностью гомозиготные диплоидные растения. Вся эта процедура вместо 6-8 лет занимает 2-3 года. Так как мы берем пыльцу из гибридных растений и получаем через гаплоидные растения сразу гомозиготные диплоидные, то остается только оценить их и затем размножить лучше.

Вопрос 5. Основные достижения современной селекции культурных растений, домашних животных и микроорганизмов

За последнее столетие селекционеры добились поразительных успехов. Урожайность зерновых повысилась в 10 раз. В развитых странах получают до 100 ц/га пшеницы, риса, кукурузы. Новые сорта картофеля дают почти 1 000 ц/га — это в четыре раза выше урожая прежних сортов. Успехи наблюдаются и в селекции других культур.

Путем гибридизации географически отдаленных форм и отбора академик П. П. Лукьяненко получил высокопродуктивные сорта кубанской пшеницы "безостая 1", "аврора", "кавказ". Академик В. Н. Ремесло вывел замечательные морозоустойчивые сорта озимой пшеницы "мироновская 808", "юбилейная 50", "харьковская 63". В разных регионах России (в Сибири, Поволжье) и за рубежом широко используются сорта яровой пшеницы, полученные А. П. Шехурдиным и В. Н. Мамонтовой: "саратовская 29", "саратовская 36", "саратовская 210". Саратовские сорта занимают более половины посевных площадей яровой пшеницы. "Саратовская 29" обладает прекрасными технологическими свойствами и служит стандартом хлебопекарных качеств.

Академик В. С. Пустовойт на Кубани получил сорт подсолнечника, содержащий в семенах до 50—52 % масла.

Серьезная проблема связана с сохранением культурных форм: возделывание лишь отдельных сортов резко сокращает генофонд, снижает приспособляемость. При изменении климата или по другим причинам сорт может исчезнуть. При селекции высокомасличных сортов подсолнечника на Кубани оказались отобранными особи с тенденцией к позднему созреванию. Эта тенденция стала развиваться, подсолнечник созревал все позже и, наконец, перестал вызревать до дождей, начал гнить на полях. Восстановить культурные сорта оказалось делом не легким: к тому времени сорта В. С. Пустовойта сменили по всему миру все другие сорта подсолнечника.

Значительный вклад в селекцию новых пород животных внес отечественный селекционер М. Ф. Иванов. Им была выведена одна из самых продуктивных в мире пород шерстно-мясных тонкорунных овец — "асканийский рамбулье", высокопродуктивная порода свиней "украинская степная белая", мясомолочная "костромская" порода коров. Для получения "асканийского рамбулье" были скрещены лучшие представители украинских мериносов с "американскими рам-

булье". В результате девятилетней селекционной работы по скрещиванию привезенного из Англии выдающегося производителя "крупной белой" породы с лучшими местными породами была получена порода "украинская степная белая", которая по весу, скороспелости, плодовитости и качеству продукции не уступает "крупной белой", но прекрасно переносит местные условия.

Гибридизация с дикими видами придает культурным формам устойчивость к условиям среды и невосприимчивость к болезням. Гибрид тонкорунных и грубошерстных овец с диким бараном архаром — архаромеринос — может использовать высокогорные пастбища, недоступные обычным овцам. Проведена гибридизация яка с крупным рогатым скотом. В результате успешного применения гетерозиса выводят бройлерных цыплят. Межродовый гибрид белуги со стерлядью — бестер — неприхотлив и может выращиваться в непроточных водоемах.

Селекция микроорганизмов направлена на создание генетических линий (штаммов), обеспечивающих максимальную производительность полезных веществ. Продукты жизнедеятельности бактерий и одноклеточных эукариот (водорослей, дрожжей и плесневых грибов) находят применение в различных областях промышленности и медицины. На деятельности микроорганизмов основано брожение теста, получение большинства молочных продуктов, квасов, виноделие, пивоварение, квашение капусты, кормовых добавок, а также производство лекарств и биологически активных соединений.

С целью увеличения эффективности селекции диапазон наследственной изменчивости исходных организмов иногда удается расширить с помощью мутагенеза. У бактерий набор хромосом гаплоидный, поэтому каждая мутация проявляется в фенотипе уже в первом поколении, облегчая отбор. Большая скорость размножения позволяет быстро получить значительное потомство. Полученные штаммы подвергают многократному отбору с пересевом на питательные среды и контролем на образование требуемого продукта.

Использование данной технологии позволяет получать штаммы значительно более продуктивные, чем природные формы. Так, получены плесневые грибы, продуцирующие в тысячи раз больше антибиотика, чем исходные формы. Новые штаммы микроорганизмов синтезируют в необходимых для человечества количествах витамины В1, В12, которые неспособны вырабатывать организмы животных и человека.

Вопросы для повторения:

1. Сколько существует основных видов селекции?
2. Что такое гибридизация?
3. Может ли быть отбор индивидуальным?
4. При каком виде отбора выбирается одна особь с интересующим признаком?
5. Что такое гетерозис?
6. Какую форму искусственного отбора применяют в селекции животных?
7. В чем выражается эффект гетерозиса?
8. Сохраняется ли эффект гетерозиса при дальнейшем размножении гибридов?
9. Для каких целей осуществляют, близкородственное скрещивание?

Тема: Происхождение и начальные этапы развития жизни на Земле

Вопросы:

1. Гипотезы происхождения жизни
2. Изучение основных закономерностей возникновения, развития и существования жизни на Земле

Вопрос1. Гипотезы происхождения жизни

Существует гипотеза о возможном занесении бактерий, микробов и прочих мельчайших организмов, посредством занесения небесными телами. Организмы развивались и в результате длительных преобразований, постепенно появлялась жизнь на Земле. В гипотезе рассматриваются организмы, способные функционировать даже в бескислородной среде и в аномально высоких или низких температурах.

Это связано с пребыванием бактерий-переселенцев на астероидах и метеоритах, которые представляют собой осколки от столкновений планет или других тел. Из-за наличия износостойчивой внешней оболочки, а также благодаря способности замедлять все процессы жизнедеятельности (порой превращаясь в спору), такого рода жизнь способна перемещаться очень продолжительное время и на очень далёкие расстояния.

При попадании же в более гостеприимные условия, “межгалактические путешественники” активируют основные жизнеобеспечивающие функции. И сами того не понимая, образуют с течением некоторого времени, жизнь на Земле.

Живое из неживого.

Факт существования синтетических и органических веществ в наши дни неоспорим. Более того, ещё в далёком девятнадцатом веке, немецкий учёный Фридрих Вёлер, синтезировал органическое вещество (мочевину) из неорганического (цианат аммония). Затем были синтезированы углеводороды. Таким образом, жизнь на планете Земля вполне вероятно зародилась путём синтеза из неорганического материала. Посредством абиогенеза выдвигаются теории происхождения жизни.

Так как основную роль в строении любого органического организма составляют аминокислоты. Логично было бы предположить об их причастности к заселению Земли жизнь. На данных, полученных от эксперимента Стэнли Миллера и Гарольда Юри (образование аминокислот, пропуском электрического заряда через газы), можно говорить о возможности образования аминокислот. Ведь аминокислоты – это кирпичики, с помощью которых строятся сложные системы организма и любой жизни соответственно.

Космогоническая гипотеза

Наверно самая популярная из всех трактовка, которую знает каждый школьник. Теория большого взрыва была и остаётся вполне актуальной темой для горячих обсуждений. Большой взрыв произошёл от сингулярной точки скопления энергии, в результате освобождения которой, значительно расширилась

Вселенная. Образовались космические тела. Несмотря на всю состоятельность, Теория большого взрыва не объясняет образования самой Вселенной. Как собственно и не может объяснить ни одна существующая гипотеза.

Симбиоз органелл ядерных организмов

Эту версию зарождения жизни на Земле, ещё называют эндосимбиозом. Чёткие положения системы были составлены русским ботаником и зоологом К. С. Мережковским. Суть данной концепция заключается в взаимовыгодном сожительстве органеллы с клеткой. Что в свою очередь позволяет предположить об эндосимбиозе, как о выгодном для обеих сторон симбиозе с образованием клеток эукариот (клетки, в которых присутствует ядро). Затем при помощи передачи генетической информации между бактериями, осуществлялось их развитие и увеличение популяции. Согласно этой версии, все дальнейшие развитие жизни и жизненных форм, обязано предшествовавшему предку современных видов.

Самозарождение

Такого вида утверждение в девятнадцатом веке, не могло не восприниматься без доли скепсиса. Внезапное появление видов, а именно образование жизни из неживого, казалось фантастикой для людей того времени. Притом гетерогенез (Способ размножения, в результате которого рождаются особи, сильно отличающиеся от родительских) признавался обоснованным объяснением жизни. Простым примером будет образование сложной жизнеспособной системы из разлагающихся веществ.

К примеру, в том же Египте, египетские иероглифы сообщают о появлении разнообразной жизни из воды, песка, разлагающихся и гниющих остатков растений. Эта новость несколько бы не удивила древнегреческих философов. Там убеждение о зарождении жизни из неживого воспринималось как факт, не требующий обоснования. Великий греческий философ Аристотель, так говорил о зримой истине:” тля образуется из протухших продуктов питания, Крокодил – результат процессов в гниющих брёвнах, находящихся под водой”. Загадочно, но не смотря на всяческие преследования со стороны церкви, убеждение под лонном тайны, прожило целый век.

Споры о жизни на Земле не могут продолжаться вечно. Именно поэтому, в конце девятнадцатого века, французский микробиолог и химик Луи Пастер проводил свои анализы. Его исследования имели строго научный характер. Эксперимент проводился в 1860-1862. Благодаря выведению спор из сонного состояния, Пастер смог решить вопрос о самозарождении жизни. (За что ему и присудила премию Французская академия наук)

Сотворение сущего из обычной глины

Звучит как безумие, но в действительности эта тема имеет право на жизнь. Ведь не зря Шотландский учёный-исследователь А.Дж.Кернс-Смит, выдвинул

белковую теорию о жизни. Крепко составляя основу из похожих исследований, он говорил о взаимодействии на молекулярном уровне между органическими составляющими и простой глиной... Оказываясь под её воздействием, компоненты образовывали устойчивые системы, в которых происходили изменения в структуре обоих составляющих, а затем и образованием состоятельной жизни. Вот таким уникальным и оригинальным образом, объяснял свою позицию Кернс-Смит. Кристаллы глины, с находящимся в ней биологическими включениями, зарождали жизнь вместе, после чего их “сотрудничество” кончалось.

Теория постоянных катастроф

Согласно концепции, разработанной Жоржем Кювье, мир, который прямо сейчас можно лицезреть, вовсе не является первичным. А чем он является, так это всего лишь очередным звеном последовательно разрывающейся цепочки. Это значит, мы живём в мире, который со временем подвергнется массовому вымиранию жизни. При этом не всё на Земле подвергалось глобальному уничтожению (к примеру, наступал потоп). Некоторые виды, в ход своей приспособляемости выживали, тем самым заселяя Землю. Строение видов и жизни, по словам Жоржа Кювье оставалось неизменным.

Материя как объективная реалья

Главная тема учения - различные сферы и области, приближающие к пониманию эволюции, с точки зрения точных наук. (материализм – мировоззрение в философии, раскрывающее все причинно-следственные обстоятельства, явления и факторы реальности. Законы применимы к человеку, обществу, Земле). Теория выдвинута известными приверженцами материализма, считающими, что жизнь на Земле зародилась от преобразований на уровне химии. При том происходившие почти 4 миллиарда лет назад. Объяснение жизни имеет прямую связь с ДНК, (дезоксирибонуклеиновая кислота) РНК (рибонуклеиновая кислота), а также к некоторым ВМС (высокомолекулярным соединениям, в данном случае – белкам.)

Концепция образовалась посредством научных исследований, раскрывающих суть молекулярной и генетической биологии, генетики. Источники авторитетные, особенно учитывая их молодость. Ведь исследования гипотезы о мире РНК, начали проводиться в конце двадцатого века. Огромный вклад в теорию внёс Карл Ричард Вёзе.

Учение Чарльза Дарвина

Говоря о происхождении видов, невозможно не упомянуть такого поистине гениального человека, как Чарльз Дарвин. Работа его жизни – естественный отбор, положила начало массовым атеистическим движениям. С другой стороны, дала небывалый толчок науке, неисчерпаемую почву для исследований и экспе-

риментов. Суть учения заключалась в выживании видов на протяжении всей истории, путём приспособления организмов к местным условиям, образование новых признаков, помогающих в условиях конкуренции.

Под эволюцией подразумевают некоторые процессы, направленные к изменению жизни организма и самого организма с течением времени. Под наследственными же чертами, подразумевают передачу поведенческой, генетической, или же другого рода информации (передачей от материнского к дочернему.)

Основными силами движения эволюции, по Дарвину является борьба за право на существование, путём отбора и изменчивости видов. Под влиянием Дарвиновских идей, в начале двадцатого века, активно проводились исследования по части экологии, а также генетики. В корне изменялось преподавание зоологии.

Творение Бога

Многие люди со всего земного шара до сих пор исповедуют веру в Бога. Креационизм является толкованием образования жизни на Земле. Толкование состоит из системы утверждений, основанных на Библии, и рассматривает жизнь, как созданное богом-творцом существо. Данные берутся из “Ветхого завета”, “Евангелия” и прочих священных писаний.

Интерпретации создания жизни в разных религиях в чём-то схожи. Ориентируясь по Библии, Земля была сотворена за семь дней. Небо, светило небесное, вода и тому подобное, создавалось пять дней. На шестой Бог сотворил Адама из глины. Увидев скучающего, одинокого человека, Бог решил сотворить ещё одно чудо. Взяв ребро Адама, он создал Еву. Седьмой день признавался выходным.

Жили Адам с Евой без бед, до тех пор, пока злорадный дьявол в образе змеи не решил искутить Еву. Ведь посреди рая стояло дерево познания добра и зла. Первая мать предложила Адаму разделить трапезу, тем самым нарушив слово, данное Богу (он запретил трогать запретные плоды.)

Первые люди изгоняются в наш мир, тем самым начиная историю всего человечества и жизни на Земле.

Вопрос 2. Изучение основных закономерностей возникновения, развития и существования жизни на Земле

Современная концепция возникновения жизни на Земле является результатом широкого синтеза естественных наук, многих теорий и гипотез, выдвинутых исследователями разных специальностей.

Для возникновения жизни на Земле важна первичная атмосфера (планеты). Первичная атмосфера Земли содержала метан, аммиак, водяной пар и водород. Именно воздействуя на смесь этих газов электрическими зарядами и ультрафиолетовым излучением, ученым удалось получить сложные органические вещества, входящие в состав живых белков. Элементарными «кирпичиками» живого являются такие химические элементы как углерод, кислород, азот и водород. В

живой клетке по весу содержится 70 процентов кислорода, 17 процентов углерода, 10 процентов водорода, 3 процента азота, затем идут фосфор, калий, хлор, сера, кальций, натрий, магний, железо. Итак, первый шаг на пути к возникновению жизни заключается в образовании органических веществ из неорганических. Он связан с наличием химического «сырья», синтез которого может произойти при определенном излучении, давлении, температуре, влажности. Возникновению простейших живых организмов предшествовала длительная химическая эволюция. Из сравнительно небольшого числа соединений (в результате естественного отбора) возникли вещества со свойствами, пригодными для жизни. Соединения, возникшие на основе углерода, образовали «первичный бульон» гидросферы. По мнению ученых, содержащие азот и углерод вещества возникли в расплавленных глубинах Земли и выносились на поверхность при вулканической деятельности. Второй шаг в возникновении соединений связан с возникновением в первичном океане Земли упорядоченных сложных веществ – биополимеров: нуклеиновых кислот, белков. Как осуществлялось формирование биополимеров?

Если предположить, что в этот период все органические соединения находились в первичном океане Земли, то более сложные органические соединения могли образоваться на поверхности океана в виде тонкой пленки и на прогреваемом солнцем мелководье. Бескислородная среда облегчала синтез полимеров из неорганических соединений. Кислород как сильнейший окислитель разрушал бы возникающие молекулы. Сравнительно несложные органические соединения начали объединяться в крупные биологические молекулы. Образовались ферменты – белковые вещества-катализаторы, которые способствуют возникновению или распаду молекул. В результате активности ферментов возникли важнейшие «первоэлементы жизни» — нуклеиновые кислоты, сложные полимерные вещества (состоящие из мономеров). Мономеры в нуклеиновых клетках расположены таким образом, что несут определенную информацию, код, заключающийся в том, что каждой аминокислоте, входящей в белок, соответствует определенный набор из трех нуклеотидов, так называемый триплет нуклеиновой кислоты. На основе нуклеиновых кислот уже могут строиться белки и происходить обмен с внешней средой веществом и энергией. Симбиоз нуклеиновых кислот образовал «молекулярно-генетические системы управления».

Эта стадия, по-видимому, была отправной, переломной в возникновении жизни на Земле. Молекулы нуклеиновых кислот приобрели свойства самовоспроизведения себе подобных, стали управлять процессом образования белковых веществ. У истоков всего живого стояли ревертаза и матричный синтез с ДНК на РНК, эволюция РНК-овой молекулярной системы в ДНК-овую. Так возник «геномбиосферы».

Жара и холод, молнии, ультрафиолетовая реакция, атмосферные электрические заряды, порывы ветра и водяные струи – все это обеспечивало начало или затухание биохимических реакций, характер их протекания, генные «всплески». К концу биохимической стадии появились такие структурные образования, как мембраны, отграничивающие смесь органических веществ от внешней среды.

Мембраны сыграли главную роль в построении всех живых клеток. Тела всех растений и животных состоят из основных единиц жизни – клеток. Живое содержание клетки – протоплазма. Современные ученые пришли к выводу, что первые организмы на Земле были одноклеточными прокариотами – организмами, лишенными ядра («карио» — в переводе с греческого «ядро»). По своему строению они напоминают ныне бактерии или сине-зеленые водоросли.

Для существования первых «живых» молекул, прокариотов необходим, как для всего живого, приток энергии извне. Каждая клетка – маленькая «энергетическая станция». Непосредственным источником энергии для клеток служит аденозинтрифосфорная кислота и другие соединения, содержащие фосфор. Энергию клетки получают с пищей, они способны не только тратить, но и запасать энергию.

Предметом дискуссии является вопрос о том, возник ли на Земле сначала какой-то один вид организма или появилось их великое множество. Предполагают, что возникло множество первых комочков живой протоплазмы.

Приблизительно 2 млрд. лет тому назад в живых клетках появилось ядро. Из прокариотов возникли эукариоты – одноклеточные организмы с ядром. Их на Земле насчитывается 25—30 видов. Самые простые из них – амёбы. У эукариотов существует в клетке оформленное ядро с веществом, содержащим код синтеза белка. Приблизительно к этому времени наметился «выбор» растительного или животного образа жизни. Основное различие этих образов жизни связано со способом питания, с возникновением такого важного для жизни на Земле процесса, как фотосинтез. Фотосинтез заключается в создании органических веществ, например, сахаров, из углекислоты и воды при использовании энергии света. Благодаря фотосинтезу растения вырабатывают органические вещества, за счет которого происходит наращивание массы растений.

Вопросы для повторения

1. Назовите основные этапы, из которых мог бы слагаться процесс возникновения жизни на земле
2. Как вы думаете, почему человек пытается ответить на вопрос о возникновении жизни на земле.
3. Почему повторное возникновение жизни на земле в современных условиях невозможно

Тема: История развития эволюционных идей

Вопросы:

1. Возникновение и развитие эволюционных представлений
2. Значение работ Ж. Б. Ламарка и К. Линнея в развитии эволюционных идей в биологии

Вопрос 1. Возникновение и развитие эволюционных представлений

Эволюция — это историческое изменение формы организации и поведения живых существ в ряду поколений. Эволюционная теория дает объяснение той совокупности признаков, которые характеризуют все живое на Земле.

Живые существа отличает поразительная сложность их организации, изумительная координация отдельных частей в организме, согласованность биохимических и физиологических реакций, удивительная целесообразность их строения и поведения, адаптивность их жизненной стратегии и тактики и фантастическое разнообразие форм от бактерии до человека.

Как все это возникло? Этот вопрос волновал человечество с древнейших времен. Различные религии давали один и тот же ответ: все виды животных и растений были сотворены Богом, сложность их организации и тонкая координация частей организма есть убедительное доказательство мудрости Творца.

В настоящее время большинство ученых убеждены, что все многообразие жизненных форм, населяющих нашу планету, возникло в результате длительного процесса эволюции, основным механизмом которого был естественный отбор случайных наследственных изменений (мутаций). Основы современной теории эволюции были заложены великим английским натуралистом Чарлзом Дарвином.

Предпосылки эволюционизма.

По мере развития науки стали накапливаться данные, противоречащие идее неизменности видов.

Геологические исследования показали, что жизнь на Земле существует не несколько тысяч лет, как считалось раньше, а многие миллионы лет.

Были найдены ископаемые остатки древних животных и растений, сходных с современными, но в то же время отличающихся от них по многим особенностям строения. Это могло свидетельствовать о том, что современные виды есть измененные потомки давно вымерших видов.

Обнаружилось удивительное сходство в строении и в особенностях индивидуального развития разных видов животных. Это сходство указывало на то, что разные виды в далеком прошлом имели общих предков.

Зоологи и ботаники сталкивались с трудностями в разграничении видов и разновидностей. Разработанная великим шведским ученым Карлом Линнеем система живой природы была построена по принципу сходства, но она имела иерархическую структуру и наводила на мысль о родстве между близкими видами живых организмов.

Анализируя эти факты, ученые приходили к выводу об изменчивости видов. Авторы этих представлений рассматривали изменение видов во времени как результат развертывания (от лат. «эвольво» — развертываю) некоего предварительного замысла Творца, заранее составленной программы в ходе исторического развития. Эта точка зрения получила название эволюционистской. Такие взгляды высказывали в XVIII в. и в начале XIX в. Ж. Бюффон, В. Гете, К. Бэр, Эразм Дарвин — дед Чарлза Дарвина и др. Однако ни один из этих ученых не предложил удовлетворительного объяснения, почему и как менялись виды.

Эволюционная теория Ламарка. Наибольшую известность получила теория французского ученого Жана Батиста Ламарка. В своей книге «Философия зоологии», опубликованной в начале XIX в., он настаивал на изменчивости видов. В противоречие с господствовавшими тогда взглядами Ламарк утверждал, что все виды, включая человека, произошли от других видов.

Эволюция, согласно Ламарку, представлялась как непрерывное поступательное движение от низших форм жизни к высшим. Для объяснения разной степени сложности строения, наблюдаемой среди современных видов, он допускал постоянное самозарождение жизни: предки более высокоорганизованных форм зародились раньше и оттого их потомки ушли дальше по пути прогресса.

Механизмом эволюции Ламарк считал изначально заложенное в каждом живом организме стремление к совершенству, к прогрессивному развитию. Как и почему возникло это стремление, Ламарк не объяснял и даже не считал этот вопрос заслуживающим внимания. Такой же изначальной и не требующей объяснений он считал способность живых существ к адаптивным приспособительным ответам на изменения внешней среды. Ламарк, как и подавляющее большинство его современников, считал, что изменения, возникающие под влиянием среды, могут передаваться по наследству. Он полагал, что усиленное упражнение органов ведет к их увеличению, а неупражнение — к дегенерации. Редукцию глаз у кротов он считал следствием их неупражнения в ряду поколений.



ЖАН БАТИСТ ЛАМАРК (1744—1829) — французский естествоиспытатель, зоолог, ботаник, палеонтолог, эволюционист. Предложил термин «биология». Впервые разделил животных на позвоночных и беспозвоночных, создал целостное эволюционное учение, был убежден в наследовании приобретенных признаков.

Длинная шея жирафов возникла, по мнению Ламарка, из-за того, что они поколение за поколением тянули шею вверх, пытаясь достать листья с деревьев, таким образом «упражняли шею», и она становилась все длиннее и длиннее. Пример Ламарка с жирафом обсуждался многими авторами: одни находили его убедительным, другие опровергали его на том основании, что изменения признаков, приобретенные в течение жизни, не наследуются. Но почему-то никто не обратил внимания на то, что шею вытянуть собственными силами абсолютно невозможно.

Таким образом, Ламарк был первым, кто предложил развернутую концепцию трансформизма — изменяемости видов. Однако предложенный им механизм эволюции был настолько умозрителен, что встретил резкое неприятие большинства биологов его времени и в известной мере скомпрометировал саму идею эволюции.

Вопрос 2. Значение работ Ж. Б. Ламарка и К. Линнея в развитии эволюционных идей в биологии

В XVIII в. К. Линней создал искусственную систему природы, в которой вид признавался наименьшей систематической единицей. Он ввел номенклатуру двойных названий вида (бинарную), что позволило систематизировать по таксономическим группам известные к тому времени организмы разных царств. Создателем первой эволюционной теории был Жан Батист Ламарк. Именно он признал постепенное усложнение организмов и изменяемость видов, тем самым косвенно опровергая божественное сотворение жизни. При этом предположения Ламарка о целесообразности и полезности любых возникающих приспособлений у организмов, признание их стремления к прогрессу в качестве движущей силы эволюции, не подтвердились последующими научными исследованиями. Также не нашли своего подтверждения положения Ламарка о наследуемости приобретенных особью в течение ее жизни признаках и о влиянии упражнений органов на их адаптивное развитие.

Основной проблемой, которую нужно было решить, была проблема образования новых видов, приспособленных к условиям окружающей среды. Иными словами, ученым необходимо было ответить как минимум на два вопроса: как возникают новые виды? Как возникают приспособления к условиям среды?

Эволюционное учение, которое получило свое развитие и признается современными учеными, было создано независимо друг от друга Чарльзом Робертом Дарвином и Альфредом Уоллесом, которые выдвинули идею естественного отбора на основе борьбы за существование. Это учение получило название дарвинизм, или наука об историческом развитии живой природы. Основные положения дарвинизма: — эволюционный процесс реален, определяется условиями существования и проявляется в образовании новых, приспособленных к этим условиям, особей, видов и более крупных систематических таксонов; — основными эволюционными факторами являются: наследственная изменчивость и естественный отбор.

Естественный отбор играет роль направляющего фактора эволюции (творческую роль). Предпосылками естественного отбора являются: избыточный репродуктивный потенциал, наследственная изменчивость и изменение условий существования. Естественный отбор является следствием борьбы за существование, которая подразделяется на внутривидовую, межвидовую и борьбу с условиями окружающей среды. Результатами естественного отбора являются: – сохранение любых адаптаций, обеспечивающих выживание и воспроизводство потомства; все приспособления носят относительный характер.

Дивергенция – процесс генетического и фенотипического расхождения групп особей по отдельным признакам и образования новых видов – прогрессивная эволюция органического мира. Движущими силами эволюции, по Дарвину являются: наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный отбор.

Вопросы для повторения:

1. Сколько видов описал Карл Линней?
2. Какую систематику он предложил?
3. Что в эту систематику было дополнено с развитием науки?
4. Кто предложил термин биология?
5. Дайте понятие дивергенции.

Тема: Эволюционное учение Ч. Дарвина

Вопросы:

- 1. Жизнь и труды Ч. Дарвина**
- 2. Основные принципы эволюционной теории Ч. Дарвина**
- 3. Роль эволюционного учения в формировании современной естественно-научной картины мира**

Вопрос 1. Жизнь и труды Ч. Дарвина

Дарвин Чарльз Роберт (1809 – 1882) – английский ученый, натуралист, путешественник, автор одного из первых исследований о происхождении человека.

Детские годы

Чарльз Дарвин родился 12 февраля 1809 года в городе Шрусбери графства Шропшир в Великобритании в семье врача. Начальное образование будущий ученый получил в обычной школе. Уже в те годы своей краткой биографии Дарвин увлекался коллекционированием и естественной историей.

В 1818 году Чарльза отдают в Школу Шрусбери. Классические языки и словесность давались мальчику очень плохо, при этом значительную часть времени он посвящал охоте, сбору коллекции минералов и бабочек, химии.

Образование

В 1825 году Дарвин поступает в Эдинбургский университет, где изучает сначала медицину, а затем таксидермию, естественную историю. В это время Чарльз участвовал в экспедиции в Южную Америку, ассистировал Р. Э. Гранту, посещал лекции Р. Джемсона.

В 1828 году Дарвин по настоянию отца поступил в колледж Христа Кембриджского университета для получения сана священника Англиканской церкви. В годы учебы Чарльз начал тесно общаться с профессором ботаники Д. С. Генслоу, увлекся трудами У. Пэйли, Гершеля, А. фон Гумбольта.

Кругосветное путешествие. Жизнь в Англии

В 1831 году Чарльз Дарвин, биография которого уже свидетельствовала о нем как о будущем биологе, при содействии друзей отправляется в кругосветное путешествие на судне капитана Р. Фицроя «Бигль».

Во время экспедиции Чарльз собрал огромную коллекцию морских животных, вел заметки.

Вернувшись в 1836 году в Лондон, Дарвин с 1838 года работал секретарем Лондонского геологического общества. В 1839 году была опубликована книга ученого, написанная по заметкам кругосветной экспедиции – «Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль»». В 1842 году Дарвин переехал в

графство Кент в город Даун. Здесь он прожил до конца дней, активно занимаясь научной деятельностью.

Умер Чарльз Дарвин 19 апреля 1882 года в городе Дауне. Похоронили великого ученого в Вестминстерском аббатстве.

Достижения в науке: главные труды ученого

В 1842 году биолог Дарвин написал первый очерк о происхождении видов. Более десяти лет ученый работал над своим фундаментальным трудом и только в 1858 году представил теорию научному обществу.

В 1859 году работа «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» вышла отдельным изданием.

В 1868 году был опубликован второй значительный труд Дарвина – «Изменение животных и растений в домашнем состоянии». В 1871 году увидела свет работа ученого «Происхождение человека и половой отбор». В 1872 году вышел труд «Выражение эмоций у человека и животных».

Работы Дарвина на тему эволюции живых организмов оказали огромное влияние на историю человеческой мысли, ознаменовали начало новой эпохи в развитии биологии и других дисциплин.

Вопрос 2. Основные принципы эволюционной теории Ч.Дарвина

Сущность дарвиновской концепции эволюции сводится к ряду логичных, проверяемых в эксперименте и подтвержденных огромным количеством фактических данных положений:

1. В пределах каждого вида живых организмов существует огромный размах индивидуальной наследственной изменчивости по морфологическим, физиологическим, поведенческим и любым другим признакам. Эта изменчивость может иметь непрерывный, количественный, или прерывистый качественный характер, но она существует всегда.

2. Все живые организмы размножаются в геометрической прогрессии.

3. Жизненные ресурсы для любого вида живых организмов ограничены, и поэтому должна возникать борьба за существование либо между особями одного вида, либо между особями разных видов, либо с природными условиями. В понятие «борьба за существование» Дарвин включил не только собственно борьбу особи за жизнь, но и борьбу за успех в размножении.

4. В условиях борьбы за существование выживают и дают потомство наиболее приспособленные особи, имеющие те отклонения, которые случайно оказались адаптивными к данным условиям среды. Это принципиально важный момент в аргументации Дарвина. Отклонения возникают не направленно — в ответ на действие среды, а случайно. Немногие из них оказываются полезными в конкретных условиях. Потомки выжившей особи, которые наследуют полезное отклонение, позволившее выжить их предку, оказываются более приспособленными к данной среде, чем другие представители популяции.

5. Выживание и преимущественное размножение приспособленных особей Дарвин назвал естественным отбором.

6. Естественный отбор отдельных изолированных разновидностей в разных условиях существования постепенно ведет к дивергенции (расхождению) признаков этих разновидностей и, в конечном счете, к видообразованию.

На этих постулатах, безупречных с точки зрения логики и подкрепленных огромным количеством фактов, была создана современная теория эволюции.

Главная заслуга Дарвина в том, что он установил механизм эволюции, объясняющий как многообразие живых существ, так и их изумительную целесообразность, приспособленность к условиям существования. Этот механизм — постепенный естественный отбор случайных ненаправленных наследственных изменений.

Вопрос 3. Роль эволюционного учения в формировании современной естественно-научной картины мира

Органическая эволюция – это исторический процесс возникновения разнообразия и приспособлений к условиям жизни на всех уровнях организации живого. Эволюционный процесс необратим и всегда прогрессивен. В основе эволюционного процесса лежит естественный отбор случайных, фенотипически проявившихся наследственных изменений, обеспечивающих организмам преимущественные возможности для выживания и размножения в определенных условиях среды. Изменения, снижающие жизнеспособность организмов и видов, отсеиваются.

Естественнонаучная картина мира это – множество теорий, в совокупности описывающих известный человеку природный мир, целостная система представлений об общих принципах и законах устройства мироздания. Поскольку картина мира — это системное образование, ее изменение нельзя свести ни к какому единичному, пусть и самому крупному и радикальному открытию. Как правило, речь идет о целой серии взаимосвязанных открытий, в главных фундаментальных науках. Эти открытия почти всегда сопровождаются радикальной перестройкой метода исследования, а также значительными изменениями в самих нормах и идеалах научности.

Какое влияние оказало создание эволюционной теории на формирование современной естественнонаучной картины мира?

- 1) Утвердила и доказала историческое развитие живой природы,
- 2) изменяемость видов,
- 3) общность происхождения живых организмов.

Вопросы для повторения:

1. Назовите годы жизни Ч.Дарвина.
2. Назовите основные эволюционные труды Ч. Дарвина.
3. Перечислите открытия Ч.Дарвина в кругосветном путешествии на корабле Бигль.
4. Перечислите основные положения эволюционного учения Ч.Дарвина.
5. Значение эволюционного учения Ч.Дарвина.

Тема: Микроэволюция

Вопросы:

1. Концепция вида, его критерии.
2. Популяция — структурная единица вида и эволюции.
3. Генетико-экологические факторы: генетический дрейф, популяционные волны, виды изменчивости, поток генов.
4. Наследственность, борьба за существование, естественный отбор, искусственный отбор, изоляция.
5. Видообразование как результат микроэволюции.

Вопрос 1. Концепция вида, его критерии

Вид – основная структурная и классификационная (таксономическая) единица в системе живых организмов; группа особей с общими морфофизиологическими, биохимическими и поведенческими признаками, способных к скрещиванию между собой с образованием плодового потомства, распространенная в пределах определенного ареала и сходно изменяющаяся под влиянием факторов среды.

Критерии вида – это эволюционно устойчивые таксономические (диагностические) признаки, которые характерны для одного вида, но отсутствуют у других видов.

1. Морфологический критерий вида. Основан на существовании морфологических признаков, характерных для одного вида, но отсутствующих у других видов.

Например: у гадюки обыкновенной ноздря находится в центре носового щитка, а у всех других гадюк (носатая, малоазиатская, степная, кавказская, гюрза) ноздря смещена к краю носового щитка.

2. Географический критерий. Основан на том, что каждый вид занимает определенную территорию (или акваторию)

3. Экологический критерий. Основан на том, что два вида не могут занимать одну экологическую нишу. Следовательно, каждый вид характеризуется своими собственными отношениями со средой обитания.

У видов, характеризующих определенными биотическими связями (паразитических видов, переносчиков заболеваний, комменсалов, симбионтов) широко используется их приуроченность к определенному хозяину. Например, виды-двойники, ранее известные под названием комар малярийный, характеризуются разной пищевой базой: одни виды нападают на млекопитающих, другие – на птиц, третьи – на пресмыкающихся; одни виды переносят малярию (для человека опасен только один вид), а другие – не переносят.

4. Репродуктивный критерий. Основан на том, что особи одного вида могут скрещиваться между собой с образованием плодового потомства, похожего на родителей, а особи разных видов, обитающих совместно, не скрещиваются между собой, или их потомство бесплодно.

Концепции вида

Методологически все существовавшие и существующие концепции вида можно разделить на три группы, из которых первые две представляют интерес в основном для истории науки (хотя до последнего времени и поддерживаются некоторыми авторами):

1) типологическая концепция, согласно которой особи не находятся друг с другом в каких-либо особых отношениях, будучи просто выражением одного и того же типа; изменчивость представляет собой результат несовершенных проявлений “идеи” (*eidōs Платона*), заложенной в каждом виде. Такой концепции, восходящей к философии Платона и Аристотеля, придерживались К. Линней и его последователи;

2) номиналистическая концепция, согласно которой в природе существуют только особи, тогда как виды — это абстракции, созданные человеком (когда номиналистам приходится иметь дело с видом, они рассматривают его как “особь высшего порядка”, т. е. чисто условно);

3) биологическая концепция (современная) отличается от двух предыдущих тем, что она подчеркивает популяционный аспект и генетическая интегрированность вида и указывает на то, что реальность вида определяется исторически сложившимся, общим для всех особей информационным содержанием его генофонда. В результате члены вида образуют, во-первых, репродуктивное единство (особи любого вида животных воспринимают друг друга как потенциальных супругов и ищут один другого в целях воспроизводства); во-вторых, вид — это экологическое единство, которое, несмотря на то что состоит из отдельных особей, взаимодействует как целое с другими видами и окружающей средой; в-третьих, вид — это генетическое единство, обладающее обширным общим генофондом. Из этой теоретической концепции можно вывести, по Э. Майру (1971), следующее определение вида: виды представляют собой группы скрещивающихся естественных популяций, которые репродуктивно изолированы от других таких же групп.

Вопрос 2. Популяция — структурная единица вида и эволюции

Популяция – устойчивая, совместно обитающая в течение ряда поколений совокупность особей одного вида. Популяция – элементарная эволюционная единица. Минимальная популяция – две разнополых особи. Особи, входящие в состав одной популяции, могут рождаться и умирать, а популяция будет продолжать существовать.

Скрещивание между особями одной популяции происходит гораздо чаще, чем между особями разных популяций. Тем самым обеспечивается свободный генетический обмен между членами популяции.

Под влиянием внешних факторов происходит изменение генетического состава популяции. Генетический состав популяции образует ее *генофонд*. Длительное и направленное изменение генофонда популяции называется *элементарным эволюционным явлением*.

Факторы, вызывающие эволюционный процесс в популяциях, называются *элементарными эволюционными факторами*. К ним относятся *мутации*, характер и разнообразие которых являются причиной генетической разнородности популяций. Они поставляют эволюционный материал – основу для последующего действия естественного отбора. Совокупность рецессивных мутаций в генотипах особей популяции образуют *резерв наследственной изменчивости* (С.С. Четвериков), который при изменении условий существования, изменении численности популяции может фенотипически проявиться и попасть под действие естественного отбора.

Вопрос 3. Генетико-экологические факторы: генетический дрейф, популяционные волны, виды изменчивости, поток генов.

Дрейф генов (генетический дрейф) - изменения генофонда популяции от поколения к поколению. Считается, что эти изменения определяются не естественным отбором, а иными механизмами.

Биолог С. Райт исследовал этот случайный процесс (генетический дрейф) при помощи математических моделей и применил этот принцип к изучению проблем эволюции. При постоянных условиях генетический дрейф имеет решающее значение в очень маленьких популяциях, следовательно, популяция становится гомозиготной по многим генам, и генетическая изменчивость уменьшается. Также он полагал, что вследствие дрейфа в популяции могут возникнуть признаки вредные наследственные признаки, в результате чего такая популяция может погибнуть и не внести свой вклад в эволюцию вида. С другой стороны, в очень больших популяциях решающим фактором является отбор, поэтому генетическая изменчивость в популяции снова будет незначительна. Популяция постепенно хорошо приспособляется к условиям окружающей среды, но дальнейшие эволюционные изменения зависят от появления новых благоприятных мутаций. Такие мутации происходят медленно, поэтому эволюция в больших популяциях идет медленно. В популяциях промежуточной величины генетическая изменчивость повышена, новые выгодные комбинации генов образуются случайно, и эволюция идет быстрее, чем двух других описанных выше случаях популяциях.

Также следует помнить, что, когда один аллель теряется из популяции, он может вновь появиться только благодаря определенной мутации. Но в случае, если вид разделен на ряд популяций, в одних из которых потерян один аллель, а в других другой, то утерянный из данной популяции ген может появиться в ней благодаря миграции из другой популяции, где есть данный ген. Вот таким образом сохранится генетическая изменчивость. Исходя из этого Райт, предположил, что наиболее быстрые эволюционные изменения будут происходить у видов, подразделенных на многочисленные популяции различной величины, причем между популяциями возможна некоторая миграция.

Райт соглашался с тем, что естественный отбор – один из важнейших фак-

торов эволюции, однако генетический дрейф, по его мнению, также является существенным фактором, определяющим длительные эволюционные изменения внутри вида, и что многие признаки, отличающие один вид от другого, возникли путем дрейфа генов и были безразличны или даже вредны по своему влиянию на жизнеспособность организмов.

По поводу теории генетического дрейфа разгорались споры между учеными – биологами. Например, Т. Добжанский считал, что не имеет смысла ставить вопрос, какой фактор играет большую роль – генетический дрейф или естественный отбор. Эти факторы взаимодействуют между собой.

Возможны две ситуации:

1) Если в эволюции каких-либо видов главенствующее положение занимает отбор, то в этом случае будет наблюдаться или направленное изменение частот генов, или стабильное состояние, определяемое условиями окружающей среды.

2) Когда же на протяжении длительного периода времени более важен дрейф, то тогда направленные эволюционные изменения не будут связаны с природными условиями и даже возникшие незначительные неблагоприятные признаки могут широко распространиться в популяции.

В целом же генетический дрейф исследован еще недостаточно хорошо и определенного, единого мнения об этом факторе еще в науке не сложилось.

Дрейф генов как фактор эволюции

Мы можем рассматривать дрейф генов как один из факторов эволюции популяций. Благодаря дрейфу частоты аллелей могут случайно меняться в локальных популяциях, пока они не достигнут точки равновесия – утери одного аллеля и фиксации другого. В разных популяциях гены «дрейфуют» независимо. Поэтому результаты дрейфа оказываются разными в разных популяциях – в одних фиксируется один набор аллелей, в других – другой. Таким образом, дрейф генов ведет с одной стороны к уменьшению генетического разнообразия внутри популяций, а с другой стороны - к увеличению различий между популяциями, к их дивергенции по ряду признаков. Эта дивергенция в свою очередь может служить основой для видообразования.

В ходе эволюции популяций дрейф генов взаимодействует с другими факторами эволюции, прежде всего с естественным отбором. Соотношение вкладов этих двух факторов зависит как от интенсивности отбора, так и от численности популяций. При высокой интенсивности отбора и высокой численности популяций влияние случайных процессов на динамику частот генов в популяциях становится пренебрежимо малым. Наоборот, в малых популяциях при небольших различиях по приспособленности между генотипами дрейф генов приобретает решающее значение. В таких ситуациях менее адаптивный аллель может зафиксироваться в популяции, а более адаптивный может быть утрачен.

Как мы уже знаем, наиболее частым последствием дрейфа генов является обеднение генетического разнообразия внутри популяций за счет фиксации одних аллелей и утраты других. Мутационный процесс, напротив, приводит к обогащению генетического разнообразия внутри популяций. Аллель, утраченный в результате дрейфа, может возникать вновь и вновь за счет мутирования.

Поскольку дрейф генов – ненаправленный процесс, то одновременно с уменьшением разнообразия внутри популяций, он увеличивает различия между локальными популяциями. Этому противодействует миграция. Если в одной популяции зафиксирован аллель А, а в другой а, то миграция особей между этими популяциями приводит к тому, что внутри обеих популяций вновь возникает аллельное разнообразие.

Конечным результатом дрейфа генов является полное устранение одного аллеля из популяции и закрепление (фиксация) в ней другого аллеля. Чем чаще тот или иной аллель встречается в популяции, тем выше вероятность его фиксации вследствие дрейфа генов. Расчеты показывают, что вероятность фиксации нейтрального аллеля равна его частоте в популяции.

Каждый аллель из тех, что мы наблюдаем в популяциях, когда-то возник в результате мутации. Мутации происходят со средней частотой 10⁻⁵ на ген на гамету на поколение. Следовательно, чем меньше популяция, тем меньше вероятность, что в каждом поколении хотя бы одна особь в этой популяции окажется носителем новой мутации. В популяции, состоящей из 100000 особей, в каждом новом поколении с вероятностью близкой к единице найдется новый мутантный аллель, но частота его в популяции (1 на 200000 аллелей) и, следовательно, вероятность его фиксации будет очень низкой. Вероятность того, что эта же мутация в том же поколении возникнет у хотя бы одной особи в популяции, состоящей из 10 особей, ничтожно мала, но если такая мутация все же произойдет в этой популяции, то частота мутантного аллеля (1 на 20 аллелей) и шансы на его фиксацию будут относительно высокими.

Большие популяции недолго «ждут» мутационного возникновения нового аллеля, но долго его фиксируют, а малые популяции очень долго «ждут» возникновения мутации, но после того, как она возникла, она может быть быстро зафиксирована. Из этого следует парадоксальный на первый взгляд вывод: вероятность фиксации нейтральных аллелей зависит только от частоты их мутационного возникновения и не зависит от численности популяций.

Поскольку частоты возникновения нейтральных мутаций примерно одинаковы у разных видов, то и скорость фиксации этих мутаций должна быть примерно одинаковой. Отсюда следует, что число мутаций, накопленных в одном и том же гене, должно быть пропорционально времени независимой эволюции этих видов. Иными словами, чем больше времени прошло с момента выделения двух видов из общего передкового вида, тем больше нейтральных мутационных замен различают эти виды. На этом принципе строится метод «молекулярных часов эволюции» - определения времени, прошедшего с момента, когда предки разных систематических групп стали эволюционировать независимо друг от друга.

Американские исследователи Э. Цукуркендл и Л.Поллинг впервые обнаружили, что количество различий в последовательности аминокислот в гемоглобине и цитохроме у разных видов млекопитающих тем больше, чем раньше разошлись их эволюционные пути. В дальнейшем эта закономерность была подтверждена на огромном экспериментальном материале, включающем десятки разных

генов и сотни видов животных, растений и микроорганизмов. Оказалось, что молекулярные часы идут, как и следует из теории дрейфа генов, с постоянной скоростью. Калибровка молекулярных часов производится для каждого гена в отдельности, поскольку разные гены могут различаться по частоте возникновения нейтральных мутаций. Для этого оценивают количество замен накопленных в определенном гене у представителей таксонов, время дивергенции которых надежно установлено по палеонтологическим данным. После того, как молекулярные часы откалиброваны, их можно использовать для того, чтобы измерять время дивергенции между разными таксонами, даже в том случае, когда их общий предок пока не обнаружен в палеонтологической летописи.

Популяционные волны, или «волны жизни», по С.С. Четверикову (1905), это колебания численности особей в природных популяциях. Они свойственны всем видам животных, растений и микроорганизмов.

Популяционные волны могут быть сезонными (периодическими), генетически обусловленными и несезонными (аперiodическими), обусловленными воздействием на популяцию непосредственно различных биотических и абиотических факторов. Так, увеличение кормовых ресурсов - растительности приводит к увеличению численности грызунов (например, леммингов), что, в свою очередь, через некоторое время приводит к увеличению численности хищников (лисиц, песцов). Последнее ведёт к истреблению жертвы (грызунов) и уменьшению кормовых ресурсов для хищников и в конечном итоге к уменьшению численности хищников. В XIX - XX веках отдельные «вспышки» численности организмов отмечались в популяциях кроликов в Австралии, домовых воробьёв в Северной Америке, саранчи в Азиатско-Африканском регионе и т.п. После холодной зимы численность кроликов на одном из островов вблизи побережья Англии уменьшилась в 100 раз (с 10000 до 100 особей). Поэтому волны жизни опасны для выживания малочисленных популяций.

Эволюционное значение популяционных волн сводится к случайным изменениям концентрации и частоты различных аллелей и генотипов, содержащихся в популяции.

Виды изменчивости:

Выделяют следующие виды изменчивости: мутационную, комбинативную, коррелятивную и модификационную.

Мутационная изменчивость.

Мутация — стойкое изменение в структуре ДНК и кариотипе. Мутационный процесс — первоисточник наследственной изменчивости. В результате его у потомков появляются новые признаки и свойства, которых не было у предков.

Мутации — один из главных факторов эволюции и создания новых пород животных и сортов растений.

Комбинативная (комбинационная) изменчивость. Это наследственная изменчивость, возникающая в потомстве в результате новых сочетаний признаков и свойств при скрещиваниях. Она не ведёт к возникновению новых наследствен-

ных признаков, а происходят лишь комбинация и рекомбинация генов, имеющих у родительских форм. На основе комбинативной изменчивости выведено много пород животных: орловская рысистая порода лошадей, костромская порода крупного рогатого скота, алтайская тонкорунная порода овец и т. д. Например, в результате скрещивания зебу с европейскими породами скота был создан австралийский молочный зебу. В новой породе сочетаются устойчивость к клещам, жаре, как у зебу, и высокая молочная продуктивность, как у европейского скота.

Зная характер наследования признаков и свойств, можно создать желаемое их сочетание. Если селекционер ставит перед собой цель получить сапфировую окраску меха у норок, то он должен скрестить алеутских норок (генотип *aaPP*) с платиновыми (*AApp*). Первое поколение норок имеет коричневый мех. При скрещивании гибридов первого поколения между собой в F₂ получают 1/16 сапфировых норок (*aapp*). При разведении сапфировых норок появляются только сапфировые норки.

Коррелятивная изменчивость. Организм развивается как единое целое под влиянием наследственности и условий среды. Поэтому изменение одних органов и тканей может вести к изменению других органов, тканей или функции организма. Так, недоразвитие передней доли гипофиза ведет к задержке роста и половозрелости.

В зоотехнической и ветеринарной практике изучение корреляционной изменчивости имеет большое значение. Известно, что между высокой молочностью и высокой способностью к откорму существует отрицательная корреляция. Поэтому не выведены породы, сочетающие высокую молочную продуктивность, как у молочных пород, и мясные качества, как у мясных пород. Между устойчивостью к болезням и признаками продуктивности может быть положительная или отрицательная связь. Например, между устойчивостью к эймериозу (кокцидиозу) у кур и массой тела существует положительная корреляция.

Модификационная изменчивость. Это ненаследственная фенотипическая изменчивость, возникающая под влиянием условий среды и не изменяющая генотип. Модификационная изменчивость широко распространена в природе, так как на развитие организма влияют условия среды. Однояйцовые близнецы, находящиеся в разных условиях среды, различаются по своим признакам, несмотря на одинаковый генотип. У медоносной пчелы самки развиваются из оплодотворенных яиц, но в зависимости от качества пищи в личиночной стадии могут стать или рабочими пчелами, или маткой. При питании маточным молочком женская особь превращается в матку. Количественные признаки (удой, масса, настриг шерсти и т. д.) подвержены сильному влиянию условий среды и характеризуются большой модификационной изменчивостью. Качественные признаки (группы крови, масть и т. д.) в основном контролируются наследственностью.

Условия среды иногда сглаживают генетические различия между животными. Тогда худшие и лучшие по генотипу особи могут иметь одинаковую продуктивность. Поэтому в плохих условиях среды отбор по фенотипу по многим признакам малоэффективен. Недостаточный уровень кормления матерей может

привести к недоразвитию потомков не только в первом, но и в последующих поколениях. В таких случаях мы имеем дело с *длительными модификациями*.

Поток генов — это изменение частот генов в генофонде популяции под влиянием эмиграции и иммиграции. Большую роль в осуществлении потока генов играют миграции, кочевки, перелеты, перенос пыльцы и семян ветром, насекомыми. Популяция может приобрести новый аллель не в результате мутации, а в результате иммиграции - вселения в данную популяцию из соседней носителя нового гена.

В зависимости от вида организмов в каждом поколении, по мнению Э. Майра, имеется от 30 до 50 % пришельцев. Предполагается, что иммиграция вносит в каждую локальную популяцию около 90 %, если не больше, новых генов. Именно благодаря потоку генов на обширных территориях наблюдается фенотипическая однородность особей. Значение этого процесса отметил еще Дарвин: *"Скрещивание играет важную роль в природе, так как поддерживает однообразие и постоянство признаков у особей одного и того же вида"*. Такого же мнения и Э. Майр.

Клоп-черепашка разлетается по направлению ветра. Клопы не обязательно возвращаются в места рождения. Дальность полета на зимовку зависит от упитанности. В результате на зимовках оказываются клопы из разных мест. Часть клопов вообще не улетает далеко, а остается зимовать в ближайших лесопосадках. Н. И. Калабухов метил сусликов. За три сезона он поймал 113 из 4849 окольцованных. Выяснилось, что на месте осталось 64 зверька, 29 удалились на расстояние до 250 м, 16 — до километра, 4 убежали от своих нор на 1—5 км. И это при радиусе индивидуальной активности 50 м.

Пометили 928 домовых мышей алюминиевыми кольцами. Только 189 поймали в тех же скирдах, где произвели окольцевание. Группы крови человека системы АВО: частота гена А меняется с Востока на Запад - от низкой к высокой, частота гена В, наоборот, от высокой к низкой. Такой градиент концентраций этих генов объясняют крупными миграциями людей с азиатского Востока в Европу в период с 500 до 1500 гг. и. э. Поток генов имеет большое значение потому, что *"у животных и растений скрещивание между различными разновидностями или между особями одной и той же разновидности, но различного происхождения сообщает потомству особенную силу и плодовитость"* (Дарвин).

Вопрос 4. Наследственность, борьба за существование, естественный отбор, искусственный отбор, изоляция

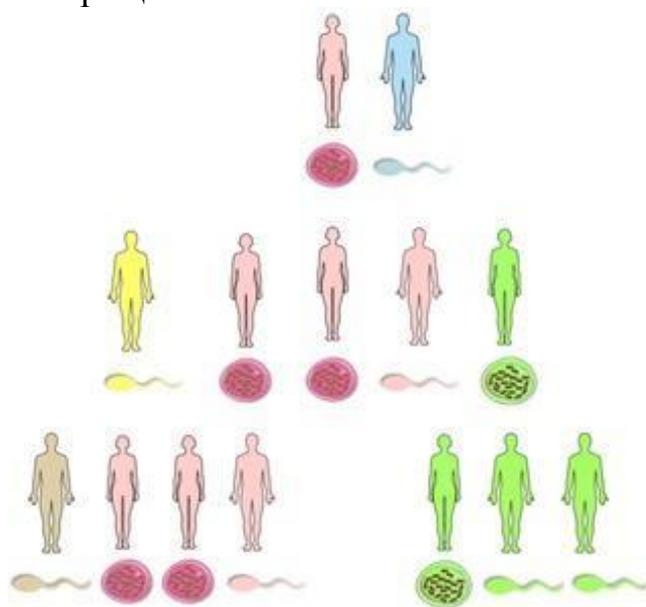
Почти каждый человек знает, что такое наследственность. С научной точки зрения наследственность — это умение организма передавать особенности развития и признаки своему потомству. Каждый ребенок перенимает от родителей некоторые черты характера и особенности внешности, это и есть ответ на вопрос о том, что такое наследственность. Помимо этого, организм способен перенять и тип обмена веществ, и заболевания, и задатки. Это происходит благодаря ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоте) — генетическому материалу.

На сегодняшний день различают следующие виды наследственности:

1. Ядерная. Она связана с передачей признаков (наследственных), которые находятся в хромосомах ядра. Ее второе название — хромосомная.

Критерии типов ядерной наследственности:

- наследование аутосомно-рецессивное встречается редко (не в каждом поколении). При наличии этого признака у обоих родителей детям его тоже не избежать. Также он может быть и у детей тех родителей, которые таких признаков не имеют;
 - аутосомно-доминантное встречается в каждом поколении. При наличии признака хотя бы у одного из родителей ребенок тоже будет его иметь;
 - голандрическое (сцепленное с Y – хромосомой) является только мужским признаком и встречается часто. Передается по мужской линии;
 - рецессивное с X – хромосомой встречается редко. У женщин может быть только в том случае, если этот признак есть у отца;
 - доминантное с X – хромосомой встречается у женщин в 2 раза чаще.
2. Цитоплазматическая. Выявляется при помощи сравнения результатов различных реципрокных скрещиваний.



Наследственность и среда

В одной и той же ситуации люди будут вести себя по-разному. Такой факт относят к наследственности. Но хотя она и играет немаловажную роль в жизни и развитии человека, среда тоже имеет довольно большое значение. Окончательное становление личности зависит от психологического и физического воспитания человека. Наследственность и среда всегда связаны между собой. Чем благоприятнее среда, тем больше шансов воспитать из ребенка достойного человека, даже если генетическая наследственность оставляет желать лучшего.

Вопрос 5. Видообразование как результат микроэволюции

В результате изоляции со временем в популяциях накапливаются генетические различия. Если изоляция продолжается достаточно долго, то таких изменений становится все больше и больше и может начинаться процесс видообразования.

Под изоляцией понимают прекращение потоков генов между популяциями. Наиболее очевидная причина изоляции – пространственная граница или географическое разделение популяции.

Для водных животных такими преградами обычно служат массивы суши. Для сухопутных – водные преграды или горные хребты. Непреодолимость преграды обычно носит относительный характер (разливы рек, горные перевалы, сухопутные мосты).

Две популяции зверей (например, волков) могут разместиться рядом на разных берегах реки, а популяция птиц (например, голубой сороки) оказываются разделёнными целым материком.

Пространственная изоляция может быть связана с размещением кормовой базы или ареалами хищников и конкурентов.

Другая причина, приводящая к изоляции видов, – это разделение экологических ниш, например различия в поведении, пищевых предпочтениях и других экологических особенностях.

Вид Окунь обыкновенный в крупных озерах образует две популяции. Одни окуни живут в прибрежной зоне, питаются мелкими животными, и растут медленно. Другие обитают на большой глубине, питаются рыбой и икрой и растут быстро.

Некоторые лососевые рыбы мечут икру раз в два года. В одно и тоже нерестилище попеременно приходят на нерест разные популяции: одна в четные годы, другая в нечетные.

Аллопатрическое и симпатрическое видообразование.

Видообразование, которое происходит благодаря географической изоляции, называют **аллопатрическим** – дословно «родина в разных местах».

Видообразование, которое происходит благодаря экологической изоляции, называется **симпатрическим** – дословно «родина в одном месте».

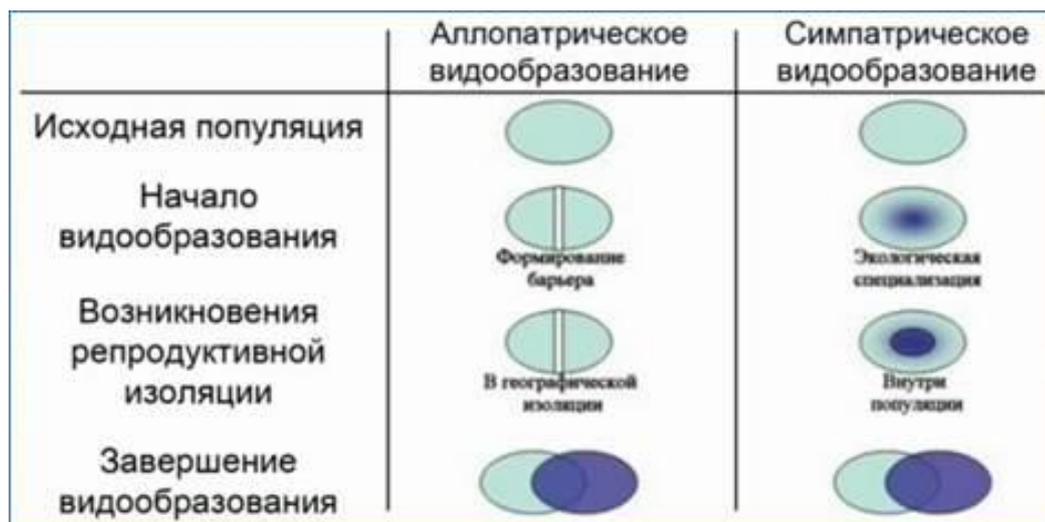


Схема сравнения аллопатрического и симпатрического видообразования.

Классический пример аллопатрического видообразования – это эндемичные виды, возникшие на островах в результате географической изоляции. Так,

разнообразные виды вьюрков на Галапагосских островах, описанные Дарвином, – свидетельство эффективности аллопатрического видообразования. Молекулярный анализ их ДНК показывает, что при всем удивительном морфологическом многообразии видов дарвиновских вьюрков, все они являются потомками одного единственного континентального вида. Его представители, попали на Галапагосские острова несколько миллионов лет назад и дали начало пяти основным линиям.

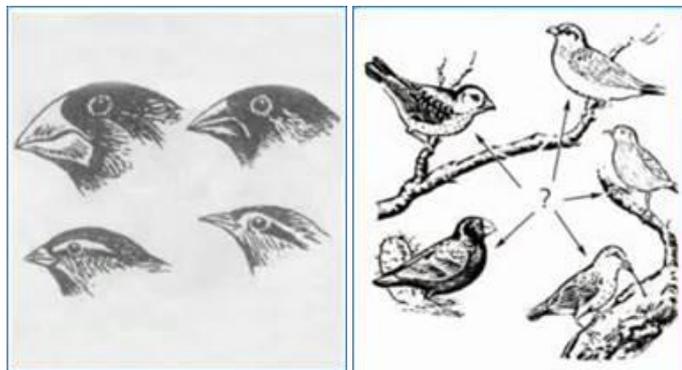


Рис. Дарвиновские вьюрки. Слева – разнообразие форм клюва вьюрков, как результат экологической изоляции. Справа – основные пять форм вьюрков, возникшие на островах в результате географической изоляции.

Молекулярные часы эволюции позволяют установить последовательные часы их дивергенции. Наиболее древние из них – это линия насекомоядных вьюрков.

Позднее выделилась линия вьюрков-вегетарианцев, которые питаются лепестками цветков, почками и плодами. Затем от этой линии отделились еще две с более мощными клювами.

Древесные вьюрки использовали их для извлечения насекомых из стволов деревьев, а наземные для питания твердыми семенами.

Представители исходного вида вьюрков попали на Галапагосские острова миллионы лет назад и дали начало пяти основным линиям. На одном острове появилась линия насекомоядных вьюрков. На другом острове появились вьюрки-вегетарианцы, питающиеся цветами, листьями и семенами. На иных островах появились и закрепились линии вьюрков с мощными клювами, которые позволяли им разбивать кору и грызть твердые семена.

Примером симпатрического видообразования могут служить рыбки-цихлиды. В африканском озере Виктория, которое образовалось 12 тысяч лет назад, обитают более 500 видов рыб-цихлид, которые отличаются друг от друга по внешнему виду, образу жизни, поведению и ряду других признаков. Молекулярный генетический анализ показывает, что все они произошли от одного общего предка.

Географической изоляции между ними не было.

Основные пути, ведущие к появлению новых видов

Выделяют три основных пути, ведущих к появлению новых видов.

Первый из них – простое преобразование существующих видов. В ходе эволюции вид А меняется и превращается в вид Б. Такой процесс называется **филетическим видообразованием**. Число видов при этом не увеличивается.

Второй путь называется **гибридогенным**. Он связан со слиянием двух существующих видов А и Б и образованием нового вида С. Виды А и Б в таком случае могут сохраняться.

Третий путь видообразования обусловлен **дивергенцией**, т. е. разделением одного предкового вида на несколько независимо эволюционирующих видов.

Этим путем, в основном, и шла эволюция биоразнообразия на Земле.

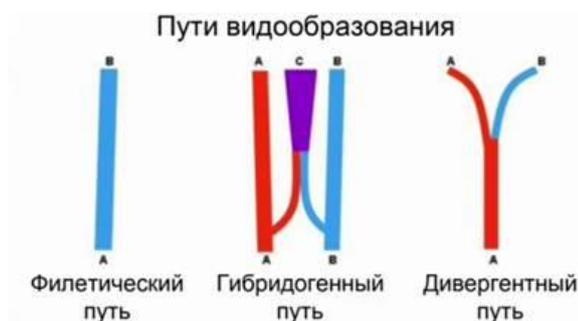


Схема пути видообразования: филетический, гибридогенный и дивергентный

Дарвин рассматривал только дивергентный путь видообразования. Филетический и гибридогенный пути были открыты позже.

Таким образом, видообразование – это процесс превращения генетически изолированных популяций в новые виды под действием естественного отбора.

Вопросы для повторения:

1. Что такое видообразование? Как связаны понятия «видообразование» и «микроэволюция»?
2. Как видообразование связано с изоляцией популяций?
3. Какие формы видообразования различают в связи с разными видами изоляции?
4. Какими путями может происходить видообразование? Приведите примеры образования биологических видов каждым из этих путей.
5. Что общего в видообразовании и селекционной работе?
6. Дайте понятие географическому видообразованию.
7. Приведите примеры географического видообразования в растительном мире.
8. Приведите примеры географического видообразования в животном мире.
9. Дайте понятие экологическому видообразованию.
10. Приведите примеры экологического видообразования в растительном мире.
11. Приведите примеры экологического видообразования в животном мире.
12. Перечислите результаты эволюции.
13. Какими чертами характеризуется микроэволюция.
14. Приведите примеры образования новых видов разными способами и поясните их.

Тема: Макроэволюция

Вопросы:

1. Доказательства эволюции.
2. Сохранение биологического многообразия как основа устойчивости биосферы и прогрессивного ее развития.
3. Причины вымирания видов.
4. Основные направления эволюционного прогресса.
5. Биологический прогресс и биологический регресс.

Вопрос 1. Доказательства эволюции

Доказательства эволюции: *сравнительно-анатомические; эмбриологические; палеонтологические; биогеографические.*

Сравнительно-анатомические доказательства

Все организмы имеют *клеточное строение* (открытие клеточного строения живых организмов - одно из веских доказательств единства органического мира).

- *общий план строения* свидетельствует о родстве той или иной крупной группы живых организмов; например, для позвоночных животных характерны двусторонняя симметрия тела, полость тела, позвоночник, две пары конечностей, череп, головной и спинной мозг, передние конечности единого плана имеют плечо, предплечье и кисть, задние конечности имеют бедро, голень и стопу, и пр.;
- *наличие гомологичных органов* (соответствующих друг другу по строению и происхождению независимо от выполняемых ими функций): рука человека, передняя конечность лягушки, ящерицы; усики гороха, листовые пластинки листа гороха; иглы барбариса, иглы боярышника; лист тюльпана и листочек цветка и пр.; аналогичные органы (выполняющие однородные функции, но не имеющие сходного строения и единого происхождения) не являются доказательством родства, к таким органам относятся крыло птицы и крыло насекомого;
- *наличие рудиментов и атавизмов*; рудименты: глаза у крота, правый яичник у птиц, копчик у человека; атавизмы: многососковость у человека, волосатость лица у человека;
- *наличие переходных форм* (эвглена зеленая, зверозубый ящер, иностранцевия и др.).

Эмбриологические доказательства

Сходство зародышей (контуры тела, сходство формы головы у позвоночных, жаберные карманы по бокам головы и пр.).

- *открытие биогенетического закона* (Геккель, Мюллер, вторая половина XIX века), утверждавшего, что онтогенез - краткое повторение филогенеза (превращение головастика в лягушку; переход почечных чешуи в листья у клена, бузины, малины; переход листьев в чашелистики у гортензии); в последующем в него были внесены уточнения: в онтогенезе повторяются зародышевые стадии

развития предков (а не взрослых форм); А. Н. Северцов показал, что в онтогенезе не только выпадают некоторые стадии развития предков, но и возникают такие изменения, которых не было у зародышей предков.

Палеонтологические доказательства

В осадочных породах земной коры были найдены следы древних растений и животных: окаменевшие стволы деревьев, пыльца, окаменевшие кости, отпечатки раковин, скелетов.

- были открыты переходные формы: зверозубыс ящеры, археоптерикс: по ископаемым остаткам удалось расшифровать (восстановить) эволюцию некоторых животных, например лошади (В.О.Ковалевский);
- палеонтология подтверждает, что весь органический мир развивался от простого к сложному.

Биогеографические доказательства

Биогеография изучает закономерности распространения на Земле животных и растений.

- было выделено 5 биогеографических областей: *голарктическая, индомалайская, эфиопская, неотропическая, австралийская*;
- обнаружено сходство фауны Евразии и Северной Америки (в недавнем прошлом они соединялись сушей, которая была на месте Берингова пролива), своеобразии животного мира Австралии (материк был отделен от других континентов, и эволюция шла независимо от фауны других материков)

Вопрос 2. Сохранение биологического многообразия как основа устойчивости биосферы и прогрессивного ее развития

Огромное видовое разнообразие живых организмов обеспечивает постоянный режим биотического круговорота. Каждый из организмов вступает в специфические взаимоотношения со средой и играет свою роль в трансформации энергии. Это сформировало определённые природные комплексы, имеющие свою специфику в зависимости от условий среды в той или иной части биосферы. Живые организмы населяют биосферу и входят в тот или иной **биоценоз** — *пространственно ограниченные части биосферы — не в любом сочетании, а образуют определённые сообщества из видов, приспособленных к совместному обитанию*. Такие сообщества называются биоценозами.

Особой сложностью отличаются отношения между хищником и жертвой. С одной стороны, хищники, уничтожая домашних животных, подлежат истреблению. С другой — хищники необходимы для поддержания экологического равновесия («Волки — санитары леса»).

Важное экологическое правило состоит в том, что чем разнообразнее и сложнее биоценозы, тем выше устойчивость, способность противостоять

различным внешним воздействиям. Биоценозы отличаются большой самостоятельностью. Одни из них сохраняются в течение длительного времени, другие закономерно изменяются. Озёра превращаются в болота — идёт образование торфа, а в итоге на месте озера вырастает лес.

Процесс закономерного изменения биоценоза называется сукцессией. **Сукцессия** — это последовательная смена одних сообществ организмов (биоценозов) другими на определённом участке среды. При естественном течении сукцессия заканчивается формированием устойчивой стадии сообщества. В ходе сукцессии увеличивается разнообразие входящих в состав биоценоза видов организмов, вследствие чего повышается его устойчивость.

Повышение видового разнообразия обусловлено тем, что каждый новый компонент биоценоза открывает новые возможности для вселения. Например, появление деревьев позволяет проникнуть в экосистему видам, живущим в подсистеме: на коре, под корой, строящим гнёзда на ветвях, в дуплах.

В ходе естественного отбора в составе биоценоза неизбежно сохраняются лишь те виды организмов, которые могут наиболее успешно размножаться именно в данном сообществе. Формирование биоценозов имеет существенную сторону: «соревнование за место под солнцем» между различными биоценозами. В этом «соревновании» сохраняются лишь те биоценозы, которые характеризуются наиболее полным разделением труда между своими членами, а следовательно, более богатыми внутренними биотическими связями.

Так как каждый биоценоз включает в себя все основные экологические группы организмов, он по своим возможностям приравнивается биосфере. *Биотический круговорот в пределах биоценоза — своеобразная уменьшенная модель биотического круговорота Земли.*

Таким образом:

1. Устойчивость биосферы в целом, её способность эволюционировать определяется тем, что она представляет собой систему относительно независимых биоценозов. Взаимосвязь между ними ограничивается связями посредством неживых компонентов биосферы: газов, атмосферы, минеральных солей, воды и т. д.

2. Биосфера представляет собой иерархически построенное единство, включающее следующие уровни жизни: особь, популяция, биоценоз, биогеоценоз. Каждый из этих уровней обладает относительной независимостью, и только это обеспечивает возможность эволюции всей большой микросистемы.

3. Многообразие форм жизни, относительная устойчивость биосферы как среды обитания и жизни отдельных видов создают предпосылки для морфологического процесса, важным элементом которого является совершенствование реакций поведения, связанных с прогрессивным развитием нервной системы. Сохранились лишь те виды организмов, которые в ходе борьбы за существование стали оставлять потомство, несмотря на внутренние перестройки биосферы и изменчивость космических и геологических факторов.

Животный мир с его неопишуемым разнообразием размеров, форм, строения, окрасок, стиля жизни множества загадочных созданий исследован до этого

времени недостаточно. Ученые уже насчитывают: 80 тыс. видов моллюсков; 27 тыс. паукообразных; 20 тыс. ракообразных; 18 тыс. рыб; 15 тыс. червяков; по 5 тыс. иглокожих и губок; 4 тыс. пресмыкающихся и т. д. Надо сказать то, что ни один ученый-зоолог не сумеет дать четкий ответ на обычный вопрос: а сколько же всего видов животных, больших и маленьких, составляют фауну нашей планеты? В особенности тяжело с исследованием маленьких животных, таких как: отряды и семейства клещей, пауков, насекомых, червяков и др. Очень хочется подчеркнуть то, что энтомологам (специалистам по насекомым) чрезвычайно нередко приходится избирать для себя на первый взгляд чрезвычайно узенькое поле деятельности, к примеру, учить жуков какого-либо одного рода либо семейства. Несомненно, стоит упомянуть то, что это не прихоть – в одном семействе как раз могут быть сотни видов, различать и находить в природе их нелегко, а не считая того, необходимо еще выяснить, где, когда, сколько и как самка откладывает яйца, где и сколько времени развиваются личинки и почти все другое. Как бы это было не странно, но без этого нельзя найти предпосылки распространения вида в одних уголках и отсутствия в остальных, методы борьбы с вредным видом и вероятные приемы защиты и использования полезного вида.

Из всех классов позвоночных животных лучше остальных исследованы птицы. Искать их достаточно просто, тысячи любителей в различных странах мира давно с упоением занимаются исследованием птиц и помогают орнитологам-специалистам в их исследованиях. Четкие подсчеты проявили, что число видов птиц, населяющих нашу планету, *приравнивается всего к 8635 либо 8548* (часть ученых считает некие виды лишь подвидами). Необходимо добавить, что у почти всех птиц самцы и самки сильно различаются по размерам, форме оперения и окраске, оперение меняется также в зависимости от возраста птицы, сезона и географического положения местности. И действительно, не считая упомянутых 8 тыс. видов, есть еще десятки тысяч подвидов птиц.

Млекопитающих насчитывают около 3500 видов, но число это не окончательное, оно беспрерывно возрастает, потому что ученые в год находят и описывают до 30-40 видов, ранее неизвестных науке, в основном это виды маленьких грызунов и летучих мышей. Такие животные, как: слон, буйвол, медведь – немногочисленны. В большинстве мест как раз преобладают маленькие зверьки, при этом на широких участках континентов первое место по численности занимают грызуны.

В России водится 143 вида грызунов, а это приблизительно около половины всего перечня наших млекопитающих. Но *первое место по числу видов и по значению в жизни людей занимают насекомые*. Число видов узнаваемых науке насекомых уже достигло 1 500 000. По иным догадкам, их (совместно с теми, которые еще пока не открыты) около 10 млн.

Лишь 1% видов насекомых приносит вред продуктам, вещам и постройкам, ценным растениям полей, огородов, садов, лесным породам, сельскохозяйственным животным и здоровью самих людей, другие - полезны либо безобидны. В их числе: комары – переносчики желтоватой лихорадки и малярии, мошки, слепни и дождевики - переносчики туляремии и сибирской язвы, блохи грызунов

- хранители и переносчики бацилл чумы, мухи цеце - переносчики возбудителей сонной болезни.

Надо сказать, что численность особей почти всех насекомых огромна. К примеру, чрезвычайно маленьких ногохвосток, живущих на поверхности и в верхних слоях земли, на 1 м² приходится от пары тысяч до 700 тыс. особей, в зависимости от богатства отмерших листьев, цветочной пыльцы, спор и мицелия грибов, составляющих их еду. Эти крошечные и чрезвычайно древнейшие насекомые (их отпечатки известны в сланцах возраста 300- 400 млн. лет) выполняют важную работу по созданию и сохранению плодородия земли.

Энтомологи уже попробовали вычислить вероятное суммарное количество всех насекомых на Земле; оно изображается единицей с 18 нулями, т. е. миллиарды миллиардов, при этом эта цифра несколько занижена. На каждого человека приходится более 250 млн. этих маленьких животных. Можно утверждать, что Земля переживает период расцвета жизни насекомых (как когда-то пресмыкающихся). Великий швед Карл Линней еще в XVIII веке для описания видов живых существ предложил бинарную номенклатуру, заложив тем самым основы современной классификации живого мира.

За 250 лет было открыто и классифицировано 1,2 миллиона видов растений и животных. Ну а чем больше ученые совершали открытий видов, тем чаще им приходилось задумываться над тем, сколько всего живого вокруг: животных, растений, грибов, вирусов и бактерий.

Примерные оценки всего биоразнообразия варьировались от 3 до 100 миллионов. Но теперь команда канадских ученых из Дальхаузского университета предложила новый, «самый корректный» способ оценки биоразнообразия. В расчет исследователи брали эукариотов – организмы, клетка которых имеет ядро. Затем исследователи вычислили число видов. Полученная цифра 8,7 миллиона видов означает, что 86% из наземных видов и 91% из обитателей Мирового океана наука элементарно еще не открыла. *Камило Мора*, морской эколог из Гавайского университета в Маноа и его канадские коллеги из Университета Дальхаузи в Галифаксе для подсчета видов использовали вычислительный метод, который позволяет прогнозировать, исходя из имеющихся данных по различным таксонам: порядки, роды, виды.

Их метод основывается на анализе таксономической классификации известных на сегодня видов. *Иерархическая система Карла Линнея напоминает пирамиды* – более низкие уровни содержат большее число элементов, то есть видов больше, чем родов, родов больше, чем семейств и так далее. Исследователи определили алгоритм, который связывает число таксонов разных категорий, и использовали его для предсказания. Так как данные о числе высших таксонов (это – отряд, тип, класс) более полны, то, имея такую информацию, можно вычислить и число низших таксонов, то есть видов. «Качество такого исследовательского подхода заключено в том, что он несложно проверяем, - говорят специалисты. – Его можно проверить на группах животных, достаточно полно описанных, скажем, на млекопитающих или рептилиях. И уже на этом уровне сравнить предсказания с фактическим числом видов». Работа канадцев подтвердила

тот важный факт, что одни группы живых организмов изучены гораздо полнее других. К примеру, 72% из предсказанных 298 тыс. видов наземных растений биологами уже описаны. Для сравнения, наука описала всего лишь 12% видов наземных животных и 7% видов наземных грибов. Открытия новых видов имеют место постоянно, к примеру, среди водорослей, наземных растений, морских червей и даже среди различных видов обезьян. Зачастую один вид раздваивается или даже растраивается после анализа его ДНК. Итак, по расчётам канадцев, в океане сегодня обитает 2,2 миллиона видов, на суше — 6,5 миллиона. Животных на современной планете около 7,8 миллиона видов, грибов — 611 тысяч, а растений — 300 тысяч. Так что, пока изучение окружающего нас живого мира напоминает суть индийской притчи про мудрецов, которые на ощупь пытались понять, что есть слон. Сегодня, несмотря на возможности новейших технологий, к разгадке того, кто и в каких количествах населяет нашу планету, ее самые развитые обитатели движутся невероятно медленно – всего 20 новых видов в сутки.

Биологическое разнообразие — это все многообразие жизни на планете, все существующие и сосуществующие природные системы. В наше время биологическое разнообразие видов стремительно сокращается. Выбирают растения, исчезают с лица Земли животные... Во многом, виной тому - активная деятельность человека, которая и губит природные системы и их обитателей... *Каждый день с лица Земли исчезает около 100 видов живых организмов...*

Беспокойство о дальнейшей судьбе биологического разнообразия видов на нашей планете выразилось в том, что на *Конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию, состоявшейся в 1992 году в Рио-де-Жанейро*, было предложено политическим деятелям и мировой общественности в первую очередь обратить внимание на сохранение биологического разнообразия - как живых видов, так и экологических систем.

Была принята Конвенция о биологическом разнообразии, и сторонами ее сегодня является около 188 государств. **Цели**, к которым стремятся страны, присоединившиеся к Конвенции, очевидны: *сохранение биологического разнообразия живых видов и экологических систем, устойчивое использование компонентов биологического разнообразия и, конечно же, - получение выгод от использования генетических ресурсов*. Похоже, без слова "выгода" многие политики просто не в состоянии воспринимать никакую идею. Но хорошо, что хоть оно действует.

В 2000 году Генеральная Ассамблея постановила ежегодно отмечать *Международный день биологического разнообразия 22 мая*, в день принятия в 1992 году согласованного текста Конвенции о биологическом разнообразии (резолюция 55/201). С тех пор ежегодно 22 мая в мире отмечается Международный день биологического разнообразия.

Главная задача «Международного дня биологического разнообразия» - *обратить внимание общественности на проблему безвозвратного исчезновения на Земле многих представителей флоры и фауны*. Одним из способов борьбы за сохранение разнообразия жизни на нашей планете является охрана редких и исчезающих видов растений и животных. Эксперты подсчитали, что каждый день на Земле исчезают десятки представителей флоры и фауны.

Всемирный союз охраны природы выделил семь основных факторов, способствующих потере биологического разнообразия: утеря и фрагментация естественной среды; конкуренция со стороны инвазивных (чужеродных) видов; загрязнение окружающей среды; глобальные климатические изменения; опустынивание; рост населения и чрезмерное потребление; безрассудное использование природных ресурсов. Многие из этих факторов являются результатом деятельности людей.

На Нагойском саммите по биоразнообразию в Айти, Япония, правительства согласовали новый стратегический план по биоразнообразию. Айтинские целевые показатели предусматривают значительное уменьшение к 2020 году темпов потерь, деградации и фрагментации естественных сред обитания, в том числе лесов. Одним из важных инструментов, согласованных в Японии, стал Нагойский протокол регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения. Леса хранят огромные и практически не учтенные ресурсы биоразнообразия. Скорейшая ратификация и осуществление этого Протокола может способствовать защите лесов и устойчивому использованию биоразнообразия. Это, в свою очередь, может внести вклад в сокращение масштабов нищеты и способствовать устойчивому национальному развитию, говорится в Послании Генерального секретаря ООН Пан Ги Муна.

Двадцать второго мая ежегодно отмечается Международный день биологического разнообразия. Биологическое разнообразие продолжает сокращаться, а экологическое равновесие все еще подвергается изменениям. Около 60% экологической системы деградирует или используется безрассудно, что ведет к потере биологического разнообразия и тяжелым последствиям, которые в ближайшие 50 лет могут усугубиться. Всемирный союз охраны природы выделяет семь основных факторов, способствующих потере биологического разнообразия:

- Утеря и фрагментация естественной среды;
- Конкуренция со стороны инвазивных видов;
- Загрязнение окружающей среды;
- Глобальные климатические изменения;
- Опустынивание;
- Рост населения и чрезмерное потребление;
- Безрассудное использование природных ресурсов.

Многие из этих факторов являются результатом деятельности людей.

Природа и животный мир – это самое прекрасное, что есть в данный момент на Земле. Биологические виды стремительно сокращаются, вымирают, так как мир все более индустриализуется, окружающая среда загрязняется и становится невыносимой для обитания каких-либо биологических видов. Именно к этой проблеме призывают отнестись серьезно в день, посвященный биологическому разнообразию, который отмечают во всем мире. Если человек задумается о том, какой вред он наносит природе и окружающей среде, то, возможно, будут предприняты какие-либо меры по изменению ситуации в целом, и мир не будет в ближайшем будущем ожидать биологический коллапс.

"Даже в грезах своих человек не может вообразить ничего прекрасней природы", - писал Ж.Б. Ламарк. В настоящее время учёными описано 2,5 млн. видов живых организмов, но предполагается, что их истинное число с учетом низших животных – “невидимок” достигает 5 млн., а может быть, даже 15 или 30 млн. Совокупность всех видов и составляет биологическое разнообразие.

Множество различных живых организмов, изменчивость среди них и экологических комплексов, частью которых они являются, что включает разнообразие внутри видов, между видами и экосистемами.

Вопрос 3. Причины вымирания видов

Главные причины утраты биологического разнообразия, сокращения численности и вымирания животных, заключаются в нарушении среды их обитания, чрезмерном добывании или промысле в запрещенных зонах, интродукции (акклиматизации) чужих видов, прямом уничтожении с целью защиты продукции, случайном или непреднамеренном уничтожении и загрязнении среды.

Нарушение среды обитания вследствие вырубki лесов, распашки степей, осушения болот, зарегулирования стока, создания водохранилищ и других антропогенных воздействий коренным образом меняет условия размножения диких животных, пути их миграции, что весьма негативно отражается на их численности и выживании. Например, в 60-70 гг. XX в. ценой больших усилий была восстановлена калмыцкая популяция сайгака и ее численность превысила 700 тыс. голов. В настоящее время сайгаков в калмыцких степях стало значительно меньше, а их репродуктивный потенциал потерян. Причинами являются интенсивный перевыпас домашнего скота, использование проволочных изгородей, развитие сети ирригационных каналов, перерезавших естественные пути миграции животных, в результате чего сайгаки тысячами тонут в каналах на пути своего передвижения.

Под добыванием имеется в виду любое изъятие животных из природной среды для различных целей. Чрезмерная добыча служит главной причиной сокращения, например, численности крупных млекопитающих (слонов, носорогов и др.) в странах Африки и Азии: высокая стоимость слоновой кости на мировом рынке приводит к ежегодной гибели около 60 тыс. слонов. На птичьих рынках больших городов России ежегодно продаются сотни тысяч мелких певчих птиц. Объем международной торговли дикими птицами превышает семь миллионов экземпляров, большая часть которых погибает либо в дороге, либо вскоре после прибытия.

Интродукция (акклиматизация) чуждых видов также приводит к сокращению численности и исчезновению видов животных. Часто местные виды из-за вторжения «пришельцев» находятся на грани исчезновения. Известны примеры негативного влияния американской норки на европейскую норку, канадского бобра на европейского, ондатры на выхухоль. Однако считается возможным введение новых видов в обедненные антропогенные экосистемы для их сбалансирования. Вполне допустима, например, интродукция растительноядных рыб —

толстолобика, белого амура — в искусственные каналы, где они препятствуют их зарастанию.

Другими причинами снижения численности и исчезновения животных являются:

- Прямое их уничтожение для защиты сельскохозяйственной продукции и промысловых объектов (гибель хищных птиц, сусликов, ластоногих, койотов и др.).
- Случайное (непреднамеренное) уничтожение на автомобильных дорогах, в ходе военных действий, при кошении трав, на линиях электропередач, при зарегулировании водного стока и др.
- Загрязнение среды пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, атмосферными загрязнителями, свинцом и другими токсикантами.

Например, в результате строительства гидротехнических плотин в русле реки Волги полностью ликвидированы нерестилища лососевых рыб и проходной сельди, а площади распространения осетровых рыб сократились до 400 гектаров, что составляет 12% от прежнего нерестового фонда в Вол-го-Ахтубинской пойме. В центральных областях России при ручном сенокосении гибнет 12-15% полевой дичи, при использовании конных косилок — 25-30%, при механизированной уборке сена — 30-40%. В целом гибель дичи на полях при сельхозработах в семь-десять раз превышает объем ее добычи охотниками.

Вопрос 4. Основные направления эволюционного прогресса

Биологический прогресс — наиболее общее выражение адаптивности эволюции. Можно выделить следующие пути или, по А.Н. Северцову (1939), главные направления эволюционного процесса:

1. *Ароморфоз*, или *морфофизиологический прогресс*, т.е. повышение уровня организации в общепринятом смысле этого слова, например, повышение уровня организации млекопитающих по сравнению с рептилиями, покрытосеменных растений по сравнению с голосеменными, эукариот по сравнению с прокариотами.

2. *Идиоадаптация* — выработка частных приспособлений. Сюда относятся все случаи прогрессивной эволюции без повышения уровня организации. Примерами могут служить филогенез лошадей, эволюция системы прыжкового движения у бесхвостых амфибий, сопровождающаяся глубокой перестройкой организации, развитие мимикрии и других типов приспособительной окраски, т.е. большинство случаев адаптивной эволюции.

3. *Общая дегенерация*, *морфофизиологический регресс*, или *вторичное упрощение организации*. Этот способ биологического прогресса наблюдается, как правило, при переходе к паразитизму или к сидячему образу жизни. Классический пример эволюции по пути общей дегенерации — происхождение асцидий. Свободно плавающие личинки асцидий устроены довольно сложно, у них есть хорда, нервная трубка, метамерная мускулатура. Следовательно, теми же

признаками обладали предки асцидий. При метаморфозе личинка асцидии переходит к сидячему образу жизни и утрачивает все эти системы. В то же время, у взрослых асцидий сильно развивается глотка, которая и занимает основной объём тела. У паразитов, например у ленточных червей, исчезают пищеварительная и нервная системы, зато сильно развиваются выделительная и половая.

Вопрос 5. Биологический прогресс и биологический регресс

Биологический прогресс (от лат. *progressus* — движение вперед) — направление эволюции, характеризующееся повышением приспособленности организмов определенной систематической группы к окружающей среде. Появление новых приспособлений обеспечивает организмам успех в борьбе за существование, сохранение и размножение в результате естественного отбора. Это приводит к вспышке численности и, как следствие, к освоению новых мест обитания и формированию многочисленных популяций. Популяции, оказавшиеся в разных условиях среды, подвергаются действию разнонаправленного естественного отбора. В результате они постепенно превращаются в новые виды, виды — в роды и т. д. В результате систематическая группа (вид, род, семейство и др.) находится в состоянии процветания, так как включает много подчиненных форм.

Таким образом, биологический прогресс является результатом успеха систематической группы в борьбе за существование, благодаря повышению приспособленности ее особей.

Биологический регресс (от лат. *regressus* — возвращение, движение назад) — направление эволюции, характеризующееся снижением приспособленности организмов определенной систематической группы к условиям обитания. Если у организмов темпы эволюции (формирование приспособлений) отстают от изменений внешней среды и родственных форм, то они не могут конкурировать с другими группами организмов. Это значит, что они будут удаляться естественным отбором. Произойдет снижение численности особей. В результате уменьшится площадь заселенной ими территории и, как следствие, сократится число таксонов. В результате может произойти вымирание данной группы.

Таким образом, биологический регресс — постепенное вымирание систематической группы (вида, рода, семейства и др.) вследствие снижения приспособленности ее особей. Деятельность человека также может приводить к биологическому регрессу некоторых видов. Причиной может быть прямое истребление (зубр, соболь, стеллерова корова и др.). Но это может произойти и в результате сокращения ареалов при освоении новых территорий (дрофа, журавль белый, жаба камышовая и др.). Виды, находящиеся в состоянии биологического регресса, заносятся в Красную книгу и подлежат охране.

В четвертое издание Красной книги Республики Беларусь включено 202 вида животных, 189 — растений, 34 — мхов, 21 — водорослей, 25 — лишайников и 34 вида грибов. Очень важным природоохранным мероприятием является создание так называемых красных тетрадей — списков редких видов данной местности, составляемых юными экологами в школах.

Признаки, характерные для биологического прогресса и биологического регресса, представлены в таблице:

Признаки биологического прогресса и регресса

Биологический прогресс	Биологический регресс
Увеличение численности особей	Уменьшение численности особей
Расширение ареала	Сокращение ареала
Увеличение числа популяций, подвидов, видов и т. д. (прогрессивная дифференциация)	Уменьшение числа систематических групп более низкого ранга (снижение разнообразия особей)

Пути достижения биологического прогресса

Биологический прогресс может достигаться тремя основными путями — посредством арогенеза, аллогенеза и катагенеза. Каждый из путей характеризуется возникновением у организмов определенных приспособлений (адаптаций).

Арогенез (от греч. *airo* — поднимаю, *genesis* — развитие) — путь развития адаптаций, повышающих уровень организации особей и их приспособленность к различным средам обитания до такой степени, что это позволяет им перейти в новую среду жизни (например, из водной среды в наземно-воздушную). Эти адаптации называются *ароморфозами* (от греч. *airo* — поднимаю, *morphosis* — образец, форма). Они представляют собой глубокие изменения в строении и функциях организмов. В результате появления данных адаптаций значительно повышается уровень организации и интенсивность процессов жизнедеятельности организмов. Поэтому Северцов называл ароморфозы **морфофизиологическим прогрессом**. Примеры основных ароморфозов представлены в таблице:

Основные ароморфозы у животных и растений

Животные

Двусторонняя (билатеральная) симметрия тела

Два типа половых систем

Подвижные конечности

Трахейное дыхание у беспозвоночных животных

Растения

Хлорофилл и хлоропласты (фотосинтез)

Ткани (покровная, механическая, проводящая)

Органы (корень, стебель, лист)

Чередование поколений (спорофит и гаметофит)

Легочное дыхание у позвоночных животных

Цветок и плод

Центральная нервная система, развитые отделы головного мозга

Двойное оплодотворение (без воды)

Четырехкамерное сердце

Два круга кровообращения (теплокровность)

Альвеолярные легкие

Арогенез приводит к появлению крупных систематических групп (классов, отделов, типов, царств). Примерами арогенеза является возникновение отделов голо- и покрытосеменных растений, классов наземных позвоночных животных и др.

Аллогенез (от греч. *allos* — другой, иной, *genesis* — происхождение, возникновение) — путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей. Но они позволяют особям более полно заселить прежнюю среду обитания. Эти адаптации называются *алломорфозами*. Алломорфозы возникают на основе ароморфозов и представляют собой разнообразие форм органов без изменения их внутреннего строения. Примерами алломорфозов могут быть разные формы конечностей у позвоночных, клювов и ног у птиц, разные типы листьев, стеблей, цветков у растений и др. За счет алломорфозов аллогенез приводит к увеличению видового разнообразия в пределах крупных систематических групп. Например, увеличение видового разнообразия класса двудольных растений произошло за счет появления разной формы цветков.

Катагенез (от греч. *kata* — приставка, означающая движение сверху вниз, *genesis* — происхождение, возникновение) — особый путь эволюции в более простой среде, сопровождающийся редукцией отдельных систем органов с одновременным повышением эффективности репродуктивной системы. Упрощения систем органов проявляют себя как адаптации, поэтому закрепляются естественным отбором. Эти адаптации называются *катаморфозами*. А. Н. Северцов называл их *общей дегенерацией*. Примерами катаморфозов являются: редукция нервной системы, органов чувств, движения и пищеварения у паразитических червей; утрата листьев и корней у растений-паразитов и др. Упрощение организации у паразитических форм сопровождается совершенствованием репродуктивной системы. Это приводит к их процветанию, т. е. к биологическому прогрессу, сочетающемуся с морфофизиологическим регрессом.

А. Н. Северцов также отмечал, что в ходе эволюции наблюдается закономерная смена путей эволюции (закон Северцова). Любая крупная система-

тическая группа начинает свое развитие по пути арогенеза благодаря появлению ароморфозов. Это позволяет ей перейти в новую среду обитания. Далее организмы расселяются в различные местообитания. На основе ароморфозов возникают алломорфозы, и эволюция протекает по пути аллогенеза. В результате происходит полное заселение новой среды и т. д. Северцов рассматривал катагенез как частный случай при арогенезе и аллогенезе.

Основными направлениями эволюции являются биологический прогресс (процветание таксономической группы) и биологический регресс (вымирание таксономической группы). Биологический прогресс может достигаться разными путями: посредством арогенеза, аллогенеза и катагенеза.

Вопросы для повторения:

1. Приведите примеры доказательства эволюции.
2. Зачем сохранение биологического многообразия?
3. Перечислите причины вымирания видов.
4. Перечислите основные направления эволюционного прогресса.
5. Дайте понятие, что такое биологический прогресс и биологический регресс.

Тема: Антропогенез

Вопросы:

1. Эволюция приматов
2. Современные гипотезы о происхождении человека
3. Доказательства родства человека с млекопитающими животными
4. Этапы эволюции человека

Вопрос 1. Эволюция приматов

40 млн. лет назад – амфипитек и пондаунгия. Примерно в это же время в Старом Свете жили примитивные узконосые обезьяны (парапитеки, олигопитеки, апидиумы, проплиопитеки), являющиеся предками современных форм.

30 млн. лет назад – египтопитек (предок обезьян и людей отличался малой величиной, имел низкий лицевой отдел, мозг большой, очень сильно развиты зрительные и обонятельные анализаторы).

Эволюционную эстафету египтопитеков принимают дриопитеки – их расцвет - 22-27 млн. лет назад и 5-10 млн. лет назад. Появившись в Африке, они позднее мигрировали в Европу и Азию. Дриопитекам были присущи полуназемный – полудревесный образ жизни и питание растительной пищей.

Также существовала особая группа высших приматов – ориопитеки, которые сочетают в себе признаки человекообразных и мартышкообразных обезьян.

Такова основная цепочка приматов, которая постоянно пополняется.

Вопрос 2. Современные гипотезы о происхождении человека

На сегодняшний день существуют различные версии происхождения человека на Земле. Это и научные теории, и альтернативные, и апокалиптические. Многие люди считают себя потомками ангелов или божественных сил, вопреки убедительным доказательствам ученых и археологов. Авторитетные историки отрицают эту теорию, как мифологию, отдавая предпочтение другим версиям.

Теория Дарвина

В настоящее время бытуют различные версии происхождения человека. Однако самой вероятной и близкой к правде считается теория британского ученого по имени Чарльз Дарвин. Именно он внес неоценимую лепту в биологическую науку. Его теория основана на определении естественного отбора, который играет роль движущей силы эволюции. Это естественно-научная версия происхождения человека и всего живого на планете. Фундамент теории Дарвина сформировали его наблюдения за природой во время путешествия вокруг света. Разработка проекта было начата в 1837 году, а продлилась более 20 лет. В конце 19 века англичанин поддержал другой ученый-естествовед - А. Уоллес. Вскоре после своего доклада в Лондоне он признался, что именно Чарльз был его вдохновителем. Так появилось целое направление - дарвинизм. Последователи этого движения сходятся во мнении, что все типы представителей фауны и флоры на

Земле изменчивы и происходят из других, ранее существовавших, видов. Таким образом, теория основывается на непостоянстве всего живого в природе. Причиной этому является естественный отбор. На планете выживают только сильнейшие формы, которые способны приспособляться к текущим условиям среды. Человек как раз и является таким существом. Благодаря эволюции и стремлению выживать люди стали развивать свои умения и познания.

Теория вмешательства

В основе этой версии происхождения человека стоит деятельность посторонних цивилизаций. Считается, что люди являются потомками инопланетных созданий, которые высадились на Землю миллионы лет назад. Такая история происхождения человека имеет сразу несколько развязок. По мнению одних, люди появились в результате скрещивания инопланетян с прародителями. Другие считают, что всему виной генная инженерия высших форм разума, которые вывели гомо сапиенс из колбы и собственных ДНК. Кто-то уверен, что люди произошли в результате ошибки опытов над животными. С другой стороны, весьма интересной и вероятной является версия об инопланетном вмешательстве в эволюционное развитие гомо сапиенса. Не секрет, что археологи до сих пор находят в различных уголках планеты многочисленные рисунки, записи и прочие свидетельства о том, что античным людям помогали какие-то сверхъестественные силы. Это касается и индейцев Майя, которых якобы просвещали внеземные создания с крыльями на странных небесных колесницах. Также существует теория о том, что вся жизнь человечества от происхождения до пика эволюции протекает по давно прописанной программе, заложенной инопланетным разумом. Есть и альтернативные версии о переселении землян с планет таких систем и созвездий, как Сириус, Скорпион, Весы и т. д.

Эволюционная теория

Последователи этой версии полагают, что появление человека на Земле связано с видоизменением приматов. Эта теория на сегодняшний день является самой распространенной и обсуждаемой. Исходя из нее, люди произошли от некоторых видов обезьян. Эволюция началась в незапамятные времена под влиянием естественного отбора и прочих внешних факторов. Теория эволюции действительно имеет ряд интересных доказательств и свидетельств, как археологических, палеонтологических, генетических, так и психологических. С другой стороны, каждое из этих утверждений может трактоваться по-разному. Неоднозначность фактов – вот что не делает эту версию на 100% верной.

Теория творения

Данное ответвление получило названием креационизм. Его последователи отрицают все основные теории происхождения человека. Считается, что людей сотворил Бог, который является высшим звеном в мире. Человек был создан по

его подобию из небиологического материала. Библейская версия теории гласит, что первыми людьми были Адам и Ева. Их Бог сотворил их глины. В Египте и многих других странах религия уходит далеко в античные мифы. Подавляющее большинство скептиков считают эту теорию невозможной, оценивая ее вероятность в миллиардные доли процента. Версия сотворения всего живого Богом не требует доказательства, она просто существует и имеет на это право. В ее поддержку можно привести схожие примеры из легенд и мифов народов разных уголков Земли. Эти параллели нельзя оставить без внимания.

Теория аномалий пространства

Это одна из самых спорных и фантастических версий антропогенеза. Последователи теории считают появление человека на Земле случайностью. По их мнению, люди стали плодом аномалии параллельных пространств. Праотцами землян были представители цивилизации гуманоидов, которые представляют собой смесь Материи, Ауры и Энергии. Теория аномалий предполагает, что во Вселенной миллионы планет с аналогичными биосферами, которые создавались единой информационной субстанцией. При благоприятных условиях это ведет к возникновению жизни, то есть гуманоидного разума. В остальном эта теория во многом схожа с эволюционной, за исключением утверждения об определенной программе развития человечества.

Акватическая теория

Этой версии происхождения человека на Земле практически 100 лет. В 1920-е годы акватическую теорию впервые предложил известный морской биолог по имени Алистер Харди, которого впоследствии поддержал другой авторитетный ученый, немец Макс Вестенхоффер. Версия базируется на доминирующем факторе, заставившем человекообразных приматов выйти на новую ступень развития. Именно это вынудило обезьян поменять водный образ жизни на сушу. Так гипотеза объясняет отсутствие густого волосяного покрова на теле. Таким образом, на первом этапе эволюции человек перешел из стадии гидропитека, которые появились более 12 млн. лет назад, к гомо эректус, а затем и сапиенс. Сегодня эта версия в науке практически не рассматривается.

Альтернативные теории

Одна из самых сказочных версий происхождения человека на планете заключается в том, что потомками людей были некие рукокрылые существа. В некоторых религиях их называют ангелами. Именно эти существа с незапамятных времен заселяли всю Землю. Их облик был схож с гарпией (смесью птицы и человека). Существование таких созданий подкрепляется многочисленными наскальными рисунками. Имеет место и еще одна теория, по которой люди на ранних этапах развития были настоящими великанами. По некоторым легендам,

такой гигант был получеловеком-полубогом, так как одним из их родителей был ангел. Со временем высшие силы перестали спускаться на Землю, и великаны исчезли

Античные мифы

О происхождении человека существует огромное количество легенд и сказаний. В Древней Греции верили, что прародителями людей были Девкалион и Пирра, которые по воле богов пережили потоп и создали новую расу из каменных статуй. Античные китайцы считали, что первый человек был бесформенным и вышел из глиняного кома. Создателем людей является богиня Нюйва. Она была человеком и драконом в одном лице. По турецкому преданию, люди вышли из Черной горы. В ее пещере была яма, которая напоминала облик тела человека. Струи дождя смывали в нее глину. Когда форма наполнилась и согрелась солнцем, из нее вышел первый человек. Имя ему Ай-Атам. Мифы о происхождении человека индейцев сиу гласят, что людей создал Кролик-вселенная. Божественное создание нашло сгусток крови и начало с ним играть. Вскоре тот стал накапывать о землю и превратился в кишки. Затем на сгустке крови появилось сердце и прочие органы. В итоге кролик накатал полноценного мальчика — предка сиу. По мнению античных мексиканцев, бог создал облик человека из гончарной глины. Но из-за того, что он передержал заготовку в печи, человек получился подгоревшим, то есть черным. Последующие попытки раз за разом становились все лучше, а люди выходили все белее. Монгольское предание один в один схоже с турецким. Человек появился из глиняной формы. Единственным отличием является то, что яму вырыл сам бог.

Вопрос 3. Доказательства родства человека с млекопитающими животными

Согласно современной систематике, человек разумный (*Homo sapiens*) относится к

1. типу хордовых,
2. подтипу позвоночных,
3. классу млекопитающих,
4. отряду приматов,
5. семейству людей.

Развитие человека, как многоклеточных животных, начинается с оплодотворенного яйца (зиготы), которое многократно делится, образуя сначала однослойный, затем двухслойный зародыш, у него формируются ткани органы, системы органов. Эти стадии эмбрионального развития — общие для человека и многоклеточных животных. На последующих стадиях онтогенеза у зародыша человека проявляются черты, общие для всех хордовых животных.

Так, в качестве внутреннего осевого скелета функционирует хорда; центральная нервная система имеет трубчатое строение; в области глотки формируются жаберные дуги, снаружи хорошо заметны валики межжаберных перегородок.

При дальнейшем развитии хорда сменяется позвоночником, формируется мозговой череп, который защищает головной мозг, состоящий из пяти отделов. Появляются парные конечности. В замкнутой кровеносной системе в начале крупного брюшного сосуда формируется сердце. Эти общие черты характерны для представителей подтипа позвоночных, или черепных.



Четырехдневный зародыш человека



Восьмимесячный зародыш человека

Много общих признаков у человека с млекопитающими. Они проявляются на поздних стадиях эмбрионального развития и сохраняются пожизненно. Основные из них:

- четырехкамерное сердце,
- левая дуга аорты,

- сильно развитая кора переднего мозга,
- дифференцированная альвеолярная зубная система с возрастной сменой зубов, сохранившиеся участки волосяного покрова,
- молочные железы.

Длительное развитие эмбриона в теле матери, питание и газообмен которого происходит через плаценту, свидетельствует о принадлежности человека к высшим, или плацентарным, млекопитающим.

Поразительное сходство раннего детского развития между человеком и высшими млекопитающими доказывают уникальные случаи воспитания детей в стадах (прайдах) зверей. Такие «маугли», попавшие в младенчестве в звериные семьи и выкормленные самками животных, вполне благополучно развиваются до подросткового возраста.

Сходство человека и человекообразных обезьян.

Наибольшее сходство существует между человеком и высшими узконосыми, или человекообразными, обезьянами (шимпанзе, гориллой, орангутаном и гиббоном). Максимальное число общих черт отмечают у человека и африканских приматов — шимпанзе и гориллы.



Так, в скелетах этих обезьян и человека одинаковое число сходных по строению гомологичных костей;

поразительное сходство существует у них в строении и функционировании внутренних органов.

Пальцы у антропоидов, как и у человека, имеют плоские ногти.

У высших приматов и человека сходное строение зубных систем, органов слуха, в том числе ушных раковин, зрения, мимических мышц.

У приматов, как и у человека, также четыре группы крови (А, В, О, АВ) и кровяные клетки не разрушаются при взаимном переливании соответствующих групп крови.

Детеныши у обезьян, как и дети у человека, рождаются беспомощными. Длительное время они нуждаются в кормлении молоком и уходе матери.

У шимпанзе, гориллы и человека есть общие паразиты (головная и лобковая вши), общие инфекционные болезни — грипп, оспа, холера, туберкулез, брюшной тиф, СПИД и др.

Сходно у них строение хромосомного аппарата: у человека — 46 хромосом, у человекообразных обезьян — 48. Полагают, что сокращение числа хромосом у человека произошло при слиянии двух пар негомологичных хромосом. Гены человека совпадают с генами шимпанзе на 95 %.

Рудименты и атавизмы — свидетельства родства человека и животных. Существование у человека рудиментов и атавизмов — одно из бесспорных доказательств его животного происхождения.

К рудиментарным относятся органы, утратившие у человека по сравнению с животными свои функции. Так, дарвиновбугорок на ушной раковине, представляющий сильно редуцированную заостренную вершину уха млекопитающих, является рудиментом у человека. Во внутренних углах глаз сохранились остатки мигательных перепонки. Тонкие короткие волоски на теле человека — это рудименты шерстного покрова зверей. Направление волосков на теле человека совпадает с направлением роста шерсти у антропоидов. Последние, третьи, коренные зубы рудиментарны и иногда не появляются на поверхности десен. Эти органы унаследованы человеком от животных предков, у которых они были хорошо развиты.

Атавизмы — необычно сильно развитые рудиментарные органы. Они напоминают человеку о развитии того или иного признака у его предков или у его современных эволюционных родственников среди животных. Так, в некоторых случаях у человека развивается наружный хвост, который иногда достигает 20—25 см длины. К типичным атавизмам относится обильное развитие волосяного покрова на лице, руках, груди и в других местах, где они обычно отсутствуют. Увеличение числа сосков на груди (полимастия) также является атавизмом.



Вопрос 4. Этапы эволюции человека

Выделяют 4 условных стадии антропогенеза, характеризующиеся определенным типом ископаемого человека, уровнем развития материальной культуры и общественных институтов: 1) австралопитеки (предшественники человека); 2) питекантропы (древнейшие люди, архантропы); 3) неандертальцы (древние

люди, палеоантропы); 4) человек современного типа, ископаемый и современный (неоантропы).

Австралопитеки (предшественники человека)

Палеонтологические и современные биологические данные подтвердили теорию Дарвина о происхождении человека, и современных антропологов – от общей исходной формы, от которых разошлись 2 ветви эволюции: 1 – понгидная, привела спустя много миллионов лет к современным человекообразным обезьянам, 2 – гоминидная – к появлению человека современного анатомического типа. Эти 2 ветви в течение многих миллионов лет развивались независимо друг от друга в разных адаптивных направлениях.

Австралопитеки представляют собой одну из первых стадий эволюции человека. Они могут рассматриваться как предшественники всех ископаемых и современных людей. Первая находка австралопитека была сделана на юге африканского материка. Она представляла собой остатки черепа и естественный отлив его мозговой части, принадлежащего детской особи. Находка вызвала много споров: одни причисляли ее к ископаемым антропоидам, другие – к ископаемым гоминидам. Сейчас нет сомнения в том, что австралопитеки – промежуточный тип между человекообразными обезьянами и человеком. Объем мозговой полости австралопитеков небольшой: грациальные австралопитеки – в ср. 450 см.³, массивные австралопитеки – 517 см.³, антропоиды – 480 см.³, т.е. почти втрое меньше, чем у современного человека: 1450 см.³. Таким образом, прогресса в развитии мозга в типе австралопитека практически не видно. Среди южноафриканских форм отчетливо выделяются «австралопитек африканский» и «австралопитек мощный».

Интересны находки австралопитеков в Восточной Африке, в частности, в Олдувайском ущелье (Танзания). Первоначально в Олдувайском ущелье был открыт череп массивного австралопитека, названного «Зинджантроп бойсов» («Щелкунчик»). Возраст находки – 2,3 – 1,4 млн. лет. Здесь так же были найдены архаичные каменные орудия в виде отщепов со следами ретуши. Позднее, ниже зинджантропа, были найдены кости черепа и руки более прогрессивного по типу человеческого существа. Именно этому человеку разумному (*Homo habilis*) принадлежали олдувайские древнейшие орудия. Древность *Homo habilis* – 1,9 – 1,6 млн. лет. (Южная и Восточная Африка). Его рост – до 120 см., при весе 40-50 кг. Структура челюсти выдает его способность к всеядности.

В Эфиопии и Танзании были открыты костные остатки «афарских австралопитеков», древность – 3,9 – 3,0 млн. лет. Находка была названа «Люси»: рост 105-107 см., вес – 29 кг. В строении черепа, челюстей и зубов отмечены очень примитивные признаки. Скелет адаптирован к двуногой походке, хотя и отличной от человеческой. Изучение отпечатков стоп в вулканическом пепле приводит к выводу, что афарские австралопитеки не полностью разгибали ногу в тазобедренном суставе, а при ходьбе перекрещивали стопы, ставя их одну впереди другой.

Несмотря на находки древних культур каменных орудий, существует разрыв во времени между появлением двуногости и возникновением труда. Предполагается, что причиной выделения первых гоминид из животного мира мог стать перенос оборонительной функции зубного аппарата на искусственные орудия защиты, а употребление орудий стало эффективной адаптацией в поведении первых людей, заселивших саванну. Олдувайская (галечная) эпоха – самая ранняя в палеолите (древнем каменном веке). Наиболее характерные орудия – массивные архаичные поделки из галек и обломков камня, камни – заготовки (нуклеусы), орудия на отщепах. Типичное орудие олдувая – чоппер. Он представляет собой гальку со стесанным концом, необработанная часть которой служила для удержания орудия в руке. Австралопитеки могли устраивать простейшие укрытия типа ветровых заслонов.

Питекантропы (древнейшие люди, архантропы)

Питекантропы – вторая по счету группа гоминид после австралопитековых. Питекантропы (архантропы), т.е. «древнейшие люди» - «истинные люди». Находки питекантропов известны в – Африке, Азии и Европе. Их предками были представители *Homo habilis*. Время существования питекантропов 1,8млн. лет – менее 200 тыс. лет. Наиболее древние из них открыты в Африке (1,6 млн. лет – 1,8млн. лет); с рубежа 1 млн. лет они распространены в Азии, а со времени 0,5млн. лет питекантропы обитали в Европе.

Впервые костные фрагменты питекантропа обнаружил голландский врач Э.Дюбуа на о.Ява в 1891г. Вблизи с.Триниль были найдены верхний коренной зуб, черепная крышка и бедренная кость. В 1894г. Э.Дюбуа впервые дал научное описание «Питекантропуса эректуса» (обезьяночеловека прямоходящего). Зубы синантропа (китайского питекантропа) были найдены в известняковой пещере Чжоукоудянь (Китай) в 1918г. В 1937г. здесь были открыты более 40 индивидуумов синантропа. Абсолютная датировка синантропа 400-500тыс. лет.

Общая массивность скелета питекантропа больше, чем у австралопитека. Стенки черепа толстые, нижняя челюсть массивная и широкая, зубы крупные, при этом размеры клыка близки к современным. Сильно развитый затылочный рельеф связан с развитием шейной мускулатуры, игравшей большую роль в балансировке черепа при ходьбе. Мозг питекантропа составляет 750-1350см.³, он усложнен – развиты участки теменной области, нижнелобной и верхней задней части лобной области, что связано с развитием специфических человеческих функций – труда и речи.

Характер пищевых остатков, как и строение нижних челюстей, указывает на изменение типа питания синантропов в сторону всеядности, что является прогрессивным признаком. У синантропов вероятен каннибализм. Сравнительная сложность культуры требует достаточно высокого уровня общения и взаимопонимания, следовательно, можно прогнозировать существование в это время примитивной речи. Биологическим основанием такого прогноза можно считать усиление костного рельефа в местах прикрепления мышц языка, начало формирования подбородка, грацилизацию нижних челюстей.

Широко обсуждался в науке вопрос о времени и месте появления первого питекантропа. Ранее его родиной считалась Азия, а время появления оценивалось примерно в 2 млн. лет. Сейчас данный вопрос решается иначе. Родиной и австралопитеков и питекантропов считается Африка. Основными находками самых ранних питекантропов Африки считаются: Кооби-Фора (1,6млн. лет), южноафриканский Сварткранс (1,5млн. лет), Олдувай (1,2 млн. лет), в Узбекистане (Сель-Унгур), на Северном Кавказе (Кударо), Украине. Открыты разные типы стоянок: охотничьи лагеря, мастерские по добыче кремня, долговременные стоянки. В результате афро-азиатских миграций первых людей возникло 2 основных центра эволюции человека – западный и восточный. Разделенные большими расстояниями популяции питекантропов могли прогрессировать длительное время в изоляции друг от друга.

Неандертальцы (древние люди, палеоантропы)

В традиционной модели антропогенеза промежуточную эволюционную ступень между *Homo erectus* и *Homo sapiens* представляли собой палеоантропы («древние люди»), которые в абсолютном летоисчислении обитали в период от 300 тыс. лет до примерно 30 тыс. лет в Европе, Азии и Африке. Зачастую «древние люди» называются «неандертальцами», по названию одной из первых находок 1848 г. в местности Неандерталь (Германия). Палеоантропы в настоящее время рассматриваются как подвид «Человека разумного», т.е. как его ископаемый вариант (*Homo sapiens neanderthalensis*). Первые находки неандертальцев были сделаны в 19в. в Западной Европе.

Объем мозга ранних неандертальцев составляет 1200-1400см³. По пропорциям тела неандертальцы были похожи на современный тип эскимосов, что помогало им поддерживать температуру тела в условиях холодного климата.

Наиболее известные находки: **Табун** – ископаемый череп, найденный в пещере Табун, гора Кармел. Древность – 100 тыс. лет. Череп невысок, лоб покатый, есть надглазничные валики, но лицевая часть и затылочный отдел имеют современный характер. Изогнутые кости конечностей напоминают тип европейских неандертальцев. Находка **Схул-5**, древность – 90 тыс. лет, череп сочетает большой объем мозговой полости и довольно высокий лоб с современным строением лицевого отдела и затылка. Находка **Амуд**, древность – 50 тыс. лет. Найден в пещере Амуд в Израиле. Он имеет большой объем мозга – 1740 см³, кости конечностей удлиненные. Находка **Кафзех**, древность – ок.100 тыс. лет (Израиль). На территории Узбекистана сделана находка неандертальца со следами погребального обряда. Череп принадлежал мальчику с неоформившимся надглазничным валиком. Место находки – пещера Тещик-Таш, древность – 70 тыс. лет. На о.Ява, в районе деревни Нгандонг, найдены своеобразные черепа, со следами каннибализма. В науке существовало мнение, что это местный, своеобразный тип неандертальца, сформировавшийся в результате замедленного эволюционного процесса.

Также палеонтологические данные свидетельствуют о метисном происхождении классических европейских неандертальцев. Существовали две волны

мигрантов из Африки и Азии примерно 300-250 тыс. лет назад, с последующим смещением. Но наибольшую поддержку имеет точка зрения, которая говорит нам о том, что формирующийся человек современного типа мигрировал из Африки в Европу через Азию. В Азии он зафиксирован около 100 тыс. лет, а в Европу он попал на рубеже 40 тыс. лет. Далее происходила ассимиляция неандертальского населения.

Если говорить о технологии обработки камня неандертальским человеком, то она отличается относительно высоким уровнем техники раскалывания и вторичной обработки отщепов. Выделяется три основных вида орудий: остроконечники, скребла, рубильцы. Широко применялись орудия из дерева: дубины, копья, рогатины; сосуды для воды и элементы жилищ.

Неандертальца были хорошими охотниками. На их стоянках обнаружены скопления костей крупных животных: мамонтов, пещерных медведей, бизонов, диких лошадей, антилоп и др. Именно мустьерцы начали практиковаться в прожаривании мяса на огне. Определенное значение имело собирательство. Каннибализм у неандертальцев присутствовал, но не был широко распространен. В мустьерское время изменился характер поселений, чаще заселялись гроты и пещеры, поэтому многие находки и были сделаны именно в пещерах. Появились мустьерские погребения – первые достоверные следы захоронения умерших.

Человек современного типа, ископаемый и современный (неоантропы)

Ископаемые представители *Homo sapiens sapiens* широко представлены в известных археологических находках остатков гоминид. Название «кроманьонцы» (так называют неоантропов) обязано известному французскому памятнику верхнего палеолита Кро-Маньон. Строение черепа и скелета туловища ископаемых неоантропов не отличаются от человека современного типа, хотя его кости более массивны. По данным анализа костного материала из позднепалеолитических погребений, средний возраст кроманьонцев составлял 30-50 лет. Кроманьонцы были выше ростом (169-177) и сложены менее грубо, чем неандертальцы.

Современные биомолекулярные данные позволяют предположить, что предки современного человечества – выходцы из Африки. Кроманьонцы изготавливали более сложный набор орудий: ножи, наконечники копий, резцы долота, костяные орудия типа шильев, игл, гарпунов и т.д. Костяные орудия составляют около половины всего инвентаря, они были прочными и более долговечными, чем каменные. Совершенным новшеством явились копьёметалки, которые давали руке кроманьонца выигрыш в силе, удваивая расстояние, на которое можно было метнуть копьё (137м). Именно кроманьонец изобрел и стал использовать силки для птиц, ловушки для зверей.

Европейские кроманьонцы, заселяя пещеры, использовали хорошее знание местности. Высокое интеллектуальное развитие и психологическая сложность кроманьонцев доказаны существованием многочисленных памятников перво-

бытного искусства, которое известно для периода 35-10 тыс. лет в Европе: скульптуры малых форм и настенная живопись в пещерах. Но предназначение первобытного искусства не ясно. Предполагается, что оно носило ритуальный характер. Продолжительность жизни кроманьонского человека в сравнении с неандертальцами возросла.

Были реконструированы некоторые ритуалы кроманьонцев. Так, обычай посыпать скелет умершего кроманьонца красной охрой свидетельствует о вере в загробную жизнь. Погребения с богатыми украшениями позволяют предположить появление в среде охотников – собирателей богатых людей.

Вопросы для повторения:

1. Как происходила эволюция приматов.
2. Современные гипотезы о происхождении человека.
3. Перечислите доказательства родства человека с млекопитающими животными.
4. Перечислите этапы эволюции человека.
5. Приведите примеры рудиментов и атавизмов у человека.

Тема: Экология — наука о взаимоотношениях организмов между собой и окружающей средой

Вопросы:

- 1. Экология как наука**
- 2. Связь экологии с другими науками**
- 3. Глобальные экологические проблемы и пути их решения**

Вопрос 1. Экология как наука

Экология (от греч. «ойкос» — дом, жилище и «логос» — учение) — наука о взаимоотношениях живых существ между собой и с окружающей их средой, о структуре и функционировании надорганизменных систем (любые объединения организмов, пример: популяции, биотические сообщества, экосистемы, биосфера).

Термин ввел в 1866 году нем. эволюционист Эрнст Геккель. Считал, что экология должна изучать различные формы борьбы за существование, по Геккелю: Экология – наука об отношении организмов к окружающей среде.

Экология как наука характеризуется наличием собственного объекта, предмета, цели, задач и методов.

Объект – часть окружающего мира, который изучается наукой, предмет – наиболее главная существенная сторона ее объекта.

Объектом экологии являются биологические системы организменного и надорганизменного уровня. Главный объект изучения в экологии экосистемы, представляющие собой единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой их обитания. Кроме того, в область ее компетенции входит изучение отдельных видов организмов (организменный уровень), их популяций, т. е. совокупностей особей одного вида (популяционно-видовой уровень), биотических сообществ, т.е. совокупностей популяций (биоценологический уровень) и биосферы в целом (биосферный уровень).

Предметом экологии является взаимоотношения организмов и надорганизменных систем с окружающей их средой.

Цель и важнейшая проблема экологии - вывести человечество, из глобального экологического кризиса на путь устойчивого развития, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений.

Задачи экологической науки состоят в следующем:

1. разработка теории и методов оценки устойчивости экологических систем на всех уровнях, включая биосферный.
2. исследование регуляции численности популяций, биотического разнообразия и механизмов его поддержания, регулирующего воздействия биоты на окружающую среду.
3. изучение и прогнозирование изменений биосферы под влиянием естественных (природных) и антропогенных факторов и оценка их экологических последствий.

4. оценка состояния и динамики природных ресурсов и экологических последствий их потребления.

5. разработка и совершенствование методов управления качеством окружающей среды.

6. формирование биосферного уровня мышления экологизация сознания людей, выработка норм экологической этики и морали

7. оптимизация экономических, социальных и иных решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития.

8. стратегическая задача – развитие теории взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

Методы экологических исследований подразделяются на неспецифические (использует методы биологических и небιологических наук), специфические (пример, количественный анализ структуры и функционирования надорганизменных систем). Ее методическую основу составляет сочетание системного подхода, натуральных наблюдений, эксперимента и моделирования.

Вопрос 2. Связь экологии с другими науками

Связь с философией. Философия исследует познавательное, социально-политическое, ценностное, этическое и эстетическое отношение человека к миру. Она занимается поиском путей гармонизации природы и общества.

Биологические науки. Изучением взаимодействия организмов с химическими компонентами окружающей среды занимаются физиология и биохимия, а внешними реакциями - этология (наука о поведении). Все эти отрасли знаний касаются человека, животных и микроорганизмов.

Математика. Все взаимодействия между организмами и средой могут быть представлены и формализованы в виде уравнений, графиков, дисперсионного анализа и т. д. Они позволяют установить связи между динамикой численности живых организмов и условий окружающей среды расчет нормативов сбросов и выбросов предприятий и управления качеством окружающей среды.

Химические науки. В основе жизни лежат процессы обмена веществ между организмами и средой обитания и протекают биогеохимическими циклами.

Физика. Закономерности процессов преобразования веществ в пищевых цепях в водной, воздушной средах подчиняются фундаментальным законам физики - закону сохранения массы и второму началу термодинамики (сохранение энергии).

Географические науки. Экология тесно связана с географией. Разные экосистемы сосуществуют в воздухе, воде, почве. Отсюда появилась географическая экология, ландшафтная экология, ботаническая и зоологическая география.

Медицина. Снижение качества окружающей среды в результате антропогенной деятельности человека приводит к отклонению конкретных условий среды от норм, что ведет к заболеванию людей, животных и растений и часто к их гибели.

Экономика. Э. Геккель называл экологию наукой об экономике. Считается, что качество окружающей среды в любом государстве адекватно состоянию его экономики.

Правоведение. Человек имеет право на благоприятную окружающую среду, что записано в Конституции РК.

Вопрос 3. Глобальные экологические проблемы и пути их решения

Экологические проблемы современности по своим масштабам условно могут быть разделены на локальные, региональные и глобальные, а среди большинства международных экологических конфликтов можно выделить четыре категории: распределение водных ресурсов, загрязнение морей, чистота воздуха, чистота воды.

Завод, без очистки сбрасывающий в реку свои промышленные стоки, вредные для здоровья людей, хищническая рубка векового лесного массива, ненормированные выбросы вредных веществ в атмосферу в результате работы промышленного предприятия — все это примеры *локальных* экологических проблем.

Примером региональных экологических проблем может служить проблема Полесья — болотистого края с недавно проведенной масштабной мелиорацией.

К региональным экологическим проблемам можно также отнести проблему Кузбасса — почти замкнутой в горах котловины, заполненной газами коксовых печей и дымами металлургического гиганта, об улавливании которых при строительстве завода никто не думал; проблему высыхающего Аральского моря; высокую радиоактивность почв в районах, прилегающих к Чернобылю.

Глобальные проблемы существуют в масштабах земного шара.

Основные глобальные экологические проблемы современности:

- изменение климата Земли, парниковый эффект (глобальное антропогенное потепление);
- разрушение озонового экрана, возникновение озоновых дыр;
- химическое загрязнение атмосферы и, как следствие, образование кислотных осадков;
- демографический кризис, относительное перенаселение Земли в некоторых регионах;
- чрезмерная урбанизация, что приводит к существенным перестройкам ландшафтов Земли;
- загрязнение почв, уменьшение их площадей;
- загрязнение Мирового океана и изменение свойств океанических вод за счет нефтепродуктов, насыщения их углекислым газом атмосферы;
- загрязнение поверхностных вод суши;
- опустынивание обширных территорий;
- истребление лесного покрова Земли;
- продолжающееся накопление на поверхности Земли бытового мусора, твердых и жидких отходов;

- уменьшение биологического разнообразия флоры и фауны и устойчивости экосистем;
- замусоривание околоземного космического пространства.;
- изменение геохимии ландшафтов в связи с развитием теплоэнергетики, • перераспределением элементов между недрами и поверхностью Земли в результате горно-металлургического передела, извлечения на поверхность высокоминерализованных подземных вод и рассолов;
- исчерпание многих месторождений минерального сырья и постепенный переход от богатых ко все более бедным рудам.

Вопросы для повторения:

1. Дайте определение экологии.
2. С какими науками связана экология.
3. Рассмотрите на примерах глобальные экологические проблемы и пути их решения.

Тема: Экологические системы

Вопросы:

1. Видовая и пространственная структура экосистем
2. Пищевые связи, круговорот веществ и превращение энергии в экосистемах
3. Причины устойчивости и смены экосистем
4. Сукцессии
5. Агроэкосистемы
6. Урбоэкосистемы

Вопрос 1. Видовая и пространственная структура экосистем

Видовая структура экосистемы — это *разнообразие видов, взаимосвязь и соотношение их численности*. Различные сообщества, входящие в состав экосистемы, состоят из разного числа видов - *видового разнообразия*. В таежном лесу, например, на площади в 100 м², как правило, произрастают растения около 30 различных видов, а на лугу вдоль реки - в два раза больше. Видовое разнообразие степей еще шире: на той же площади произрастают сотни растений.

Видовое разнообразие зависит от соотношения численности видов в экосистеме. Например, в пригородном лесу обитают 1000 птиц: по 100 особей 10 разных видов. В другом пригородном лесу также 1000 птиц этих же 10 видов, но 920 из птиц - вороны и галки (двух видов), а особи остальных 8 видов встречаются значительно реже, в среднем по 10 особей. Ясно, что во втором случае ситуация вызывает тревогу: перспективы сохранения малочисленных видов незначительны.

Уменьшение видового разнообразия угрожает самому существованию вида в силу сокращения *генетического разнообразия* - запаса рецессивных аллелей, обеспечивающего приспособленность популяций к меняющимся условиям среды обитания.

В свою очередь, видовое разнообразие служит основой *экологического разнообразия* - разнообразия экосистем. *Совокупность генетического, видового и экологического разнообразия составляет биологическое разнообразие планеты.*

Деятельность человека по влиянию на биологическое разнообразие планеты превосходит все известные в прошлом геологические катастрофы. Очень важно не допустить такого снижения биоразнообразия, которое привело бы к снижению устойчивости экосистем, перешло бы границы их самовосстановительных возможностей.

Пространственная структура экосистемы. *Популяции разных видов в экосистеме распределены определенным образом - образуют **пространственную структуру**.* Различают вертикальную и горизонтальную структуры экосистемы.

Основу вертикальной структуры формирует растительность.

Растительное сообщество определяет, как правило, облик экосистемы. Растения в значительной мере влияют на условия существования остальных видов. В лесу это крупные деревья, на лугах и в степях - многолетние травы, а в тундрах господствуют мхи и кустарнички.

Обитая совместно, *растения одинаковой высоты создают своего рода этажи - ярусы*. В лесу, например, высокие деревья составляют первый (верхний) ярус, второй ярус формируется из молодых особей деревьев верхнего яруса и из взрослых деревьев, меньших по высоте. Третий ярус состоит из кустарников, четвертый - из высоких трав. Самый нижний ярус, куда попадает совсем мало света, составляют мхи и низкорослые травы.

Ярусность наблюдается также в травянистых сообществах (лугах, степях, саваннах). Имеется и *подземная ярусность*, что связано с разной глубиной проникновения в почву корневых систем растений: у одних корни уходят глубоко в почву, достигают уровня грунтовых вод, другие имеют поверхностную корневую систему, улавливающую воду и элементы питания из верхнего почвенного слоя.

Благодаря ярусному расположению растения наиболее эффективно используют световой поток, при этом снижается конкуренция: светолюбивые растения занимают верхний ярус, а теневыносливые развиваются под их пологом.

Животные тоже приспособлены к жизни в том или ином растительном ярусе (некоторые вообще не покидают свой ярус). Например, среди насекомых выделяют: *подземных*, обитающих в почве (медведка, норный паук); *наземных*, поверхностных (муравей, щитник); *обитателей травостоя* (кузнечик, тля, божья коровка) и *обитателей более высоких ярусов* (различные мухи, стрекозы, бабочки).

Вследствие неоднородности рельефа, свойств почвы, различных биологических особенностей *растения и в горизонтальном направлении располагаются микрогруппами, различными по видовому составу*. Это явление носит название *мозаичности*. Мозаичность растительности — это своего рода "орнамент", образованный скоплениями растений разных видов.

Благодаря вертикальной и горизонтальной структурам обитающие в экосистеме организмы более эффективно используют минеральные вещества почвы, влагу, световой поток.

Вопрос 2. Пищевые связи, круговорот веществ и превращение энергии в экосистемах

Живые организмы находятся в постоянном взаимодействии друг с другом и с факторами внешней среды, формируя устойчивую саморегулирующуюся и самоподдерживающуюся экосистему. Особенности видового состава этой системы определяются историческими и климатическими условиями, а взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой строятся на основе *пищевого поведения*.

В рассмотренной нами экосистеме дубравы олени едят травянистые растения и листья кустарников, белки не прочь полакомиться желудями и грибами, ёж съедает дождевого червя, а филин на ночной охоте ловит мышей и полёвок. Многочисленные насекомые, желуди дуба, плоды дикой яблони и груши, семена и ягоды – прекрасный корм птицам. Мёртвые органические остатки падают на землю. На них развиваются бактерии, которых потребляют простейшие, служащие, в свою очередь, кормом многочисленным мелким почвенным беспозвоночным. Все виды организмов связаны друг с другом сложной системой *пищевых взаимоотношений*.

При изучении структуры любой экосистемы становится очевидным, что её устойчивость зависит от многообразия *пищевых связей*, существующих между разными видами этого сообщества. Причём, чем больше видовое многообразие, тем устойчивее структура. Представьте себе систему, в которой хищник и жертва представлены только одиночными видами, допустим «лиса – заяц». Исчезновение зайцев неизбежно приведёт к гибели хищников, и экосистема, потеряв два своих компонента, начнёт разрушаться. Если же в качестве пищи в данной экосистеме лиса может использовать и грызунов, и лягушек, и мелких птиц, то пропажа одного источника пищи не приведёт к разрушению всей структуры, а освободившуюся экологическую нишу вскоре займут другие организмы со сходными требованиями к среде.

В экосистеме происходит постоянный перенос вещества и энергии, заключённой в пище, от одних организмов к другим. Растения (продуценты), используя солнечную энергию, образуют сложные органические соединения. Эти вещества употребляют гетеротрофы (консументы), продукты жизнедеятельности которых, возвращаясь в окружающую среду, вновь используются автотрофными организмами. В экосистеме существует постоянный круговорот вещества и энергии, который поддерживается энергией солнца. Каждый организм, участвующий в этом процессе, находится на определённом трофическом, или пищевом, уровне, образуя *трофическое (пищевое) звено*. В результате соединения нескольких трофических звеньев образуется *пищевая цепь*, в которой каждое предыдущее звено служит пищей последующему. Если проследить структуру отдельных

пищевых цепей, то можно обнаружить, что цепи очень редко изолированы друг от друга. Обычно одно и то же растение служит пищей нескольким животным, которые, в свою очередь, могут быть съедены разными хищниками. Таким образом, все пищевые цепи связаны между собой в единую *пищевую сеть*.

Первый трофический уровень экосистемы образуют автотрофные организмы, в основном зелёные растения.

Второй трофический уровень – это растительноядные животные и паразитические растения.

Третий уровень – это плотоядные животные, которые питаются травоядными, так называемые хищники первого порядка – мелкие млекопитающие, насекомоядные птицы, амфибии и рептилии. К этому же уровню относят паразитов этих животных.

Четвёртый уровень образуют более крупные плотоядные животные – хищники второго порядка и их паразиты.

Пятый уровень формируют редуценты, которые потребляют мёртвое органическое вещество.

Как правило, в экосистеме существует от трёх до пяти трофических уровней. Пищевую цепь, которая начинается от растений, называют *пастбищной пищевой цепью*: например, осина - заяц - волк. Если цепь питания начинается с детрита (мёртвой органики), её называют *детритной цепью*: листовая опад - дождевой червь - певчий дрозд - ястреб-перепелятник.

Обычно размеры хищников с переходом на следующий трофический уровень возрастают, а их численность снижается. Если мы попробуем оценить общее количество биомассы на каждом трофическом уровне, то заметим определённую закономерность. В большинстве наземных экосистем с повышением трофического уровня количество биомассы будет неуклонно снижаться. Подобная закономерность носит название *экологической пирамиды* и связана с тем, что на каждом трофическом уровне организмы способны использовать лишь 5–15 % энергии поступившей биомассы для построения своего тела. Остальная энергия расходуется или на движение, рассеивается в виде тепла или просто не усваивается. Именно поэтому число трофических уровней в экосистеме ограничено и редко бывает более пяти-шести.

Основание пирамиды образуют продуценты (растения). Над ними располагаются растительноядные животные. Следующий уровень образуют хищники первого порядка. Вершину пирамиды занимают наиболее крупные плотоядные животные. Причём число уровней в пирамиде соответствует числу звеньев в пищевой цепи. Различают пирамиду численности (особей), пирамиду биомассы и пирамиду энергии.

Наличие сложных пищевых взаимоотношений обеспечивает устойчивость экосистем. Если изменится среда обитания продуцентов, через пищевую сеть это неизбежно отразится на всех остальных организмах экосистемы. Нельзя нарушить какой-либо из экологических факторов, не затронув в той или иной степени существование всех видов, составляющих экосистему. Следовательно, изменение любого абиотического или биотического фактора неизбежно повлечёт за собой изменение всей экосистемы.

Вопрос 3. Причины устойчивости и смены экосистем

Причины устойчивости экосистем. Каждая экосистема – это динамическая структура, состоящая из сотен и даже тысяч видов продуцентов, консументов и редуцентов, связанных друг с другом сложной сетью пищевых и непищевых взаимоотношений. Устойчивость экосистемы зависит от ее видового многообразия и сложности цепей питания. Чем сложнее и разветвленнее цепи, тем стабильнее существование экосистемы. Экологические возможности разных видов так дополняют и компенсируют друг друга, что в случае незначительных изменений условий окружающей среды сложная система сохраняет свою целостность.

Каждый вид в составе экосистемы представлен популяцией, поэтому стабильное существование экосистемы определяется стабильным существованием входящих в нее популяций. Изменение внешних условий воздействует на некоторые виды неблагоприятно, их численность уменьшается, и они могут вовсе исчезнуть из экосистемы. Такое направленное увеличение или уменьшение численности особей какой-либо популяции может привести к изменению экосистемы в целом. Например, при резком увеличении численности копытных в степной зоне может произойти полное уничтожение растительности. Нарушение травяного покрова вызовет ветровую эрозию почвы, и верхний плодородный слой может быть полностью уничтожен. Количество копытных в отсутствие основного корма снизится, но это не приведет к автоматическому восстановлению растительности в экосистеме.

Абсолютно неизменной и статичной может быть только неживая система. Даже в самых стабильных экосистемах в зависимости от сезона, времени суток, погодных влияний происходят определенные изменения. Если эти изменения отражают некие циклические процессы во внешней среде, они не приводят к направленному преобразованию экосистемы. Все показатели такой экосистемы колеблются около некой средней величины, т. е. поддерживается *динамическое равновесие*.

Равновесное состояние экосистемы означает, что то количество продукции, которое синтезируют зеленые растения и другие продуценты, в энергетическом отношении соответствует потребностям экосистемы. В этом случае биомасса экосистемы остается постоянной, а положение экосистемы равновесным. Если затраты в экосистеме снизятся, она не сможет перерабатывать всю продукцию, и органическое вещество начнет накапливаться, если энергозатраты повысятся – исчезать. В обоих случаях равновесие нарушится, что вызовет изменение сообщества. Эти изменения могут затронуть видовое разнообразие, структуру пищевых цепей, продуктивность и другие показатели системы, что, в конце концов, приведет к смене экосистем.

Смена экосистем. Этот процесс заключается в том, что в определенном районе в строго определенной последовательности происходит закономерная смена популяций различных видов. Как правило, это очень длительный процесс, однако иногда изменения в экосистеме можно проследить на протяжении жизни

нескольких поколений. Примером таких быстрых изменений может служить зарастание небольшого озера.

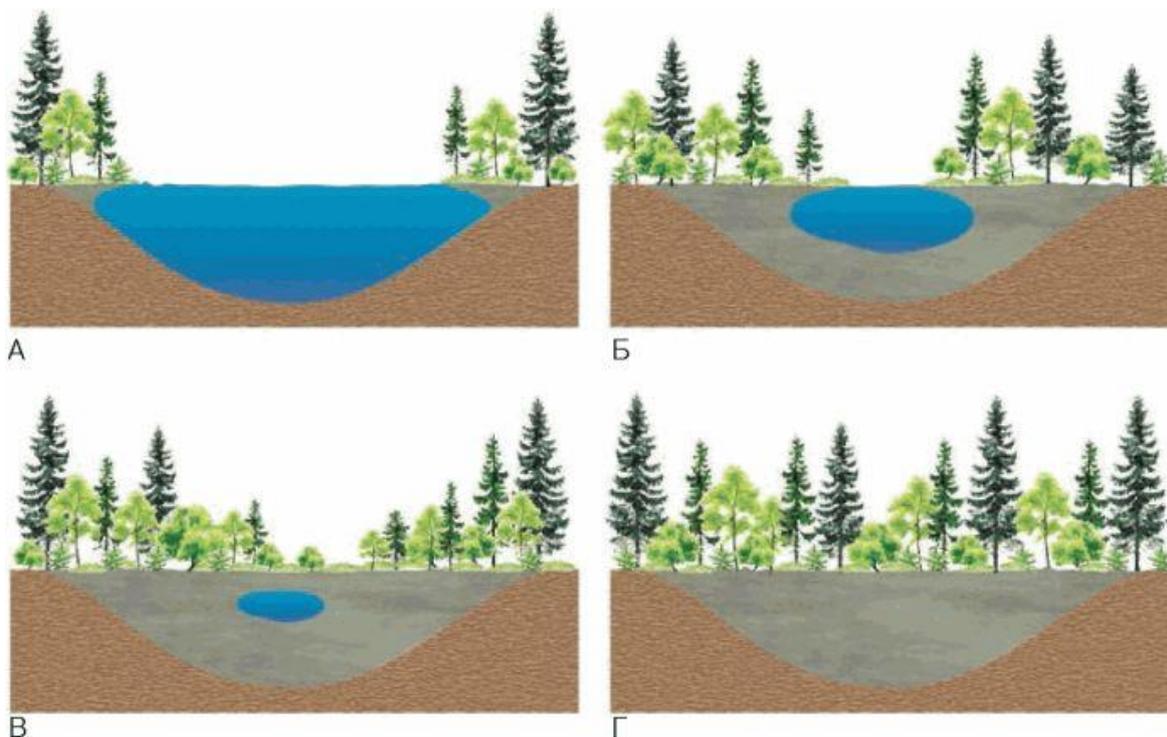


Рис. Смена сообществ при зарастании водоема

Растительность продвигается от берегов к центру водной поверхности (А). Этот процесс продолжается, и озеро постепенно заполняется торфом (Б, В). После того как озеро полностью заполнится торфом, на его месте вырастает лес (Г)

Сначала по периметру озера образуется сплавина – сплошной ковер плавающих растений, которые, погибая, опускаются на дно водоема. В придонных слоях в условиях нехватки кислорода редуценты не успевают переработать все отмирающие части растений и животные остатки. В результате образуются торфяные отложения, озеро постепенно мелеет и превращается в болото. В дальнейшем болото зарастает с краев, превращаясь в луг, а позднее в лес. Таким образом, полностью меняется видовой состав и растительной, и животной части экосистемы. На месте бывшего озера формируется экосистема леса.

Экосистемы всегда стремятся к сохранению равновесия, поэтому при смене экосистем каждая последующая стадия развития длительнее и устойчивее предыдущих.

В природе смены экосистем происходят постоянно и характеризуются определенными закономерностями: увеличивается видовое разнообразие, нарастает общая биомасса, усложняются цепи питания. Все это постепенно приводит к формированию стабильных сообществ.

Конечный этап развития экосистем зависит от климатических, почвенных, водных и топографических условий. В одних районах земного шара наиболее устойчивым сообществом будет лес, в других – степь, а в-третьих – тундра. С течением времени условия на земном шаре постепенно изменяются в том или

ином направлении, и то сообщество, которое было стабильным в определенный период исторического развития, спустя тысячи лет уступит место иному стабильному сообществу, чья структура соответствует изменившимся условиям. Так, более 10 тыс. лет назад в эпоху последнего оледенения на месте нынешних широколиственных листопадных лесов находилась тундра.

Если не считать землетрясений, оползней, извержений вулканов и других природных катастроф, естественные смены экосистем происходят постепенно. Однако вмешательство человека часто вызывает резкие и глобальные изменения, приводящие к нарушениям или гибели экосистем.

Вопрос 4. Сукцессии

Сукцессия (от лат. **Successio** — преемственность, наследование) — процесс саморазвития сообществ. В основе сукцессии лежит неполный биологический круговорот в данном сообществе. Каждый живой организм в результате жизнедеятельности меняет вокруг себя среду, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами метаболизма. При более или менее длительном существовании популяций они меняют свое окружение в неблагоприятную сторону и в результате оказываются вытесненными популяциями других видов, для которых вызванные преобразования среды оказываются экологически выгодными. В ходе сукцессии на основе конкурентных взаимодействий видов происходит постепенное формирование более устойчивых комбинаций, соответствующих конкретным абиотическим условиям среды.

Последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ называется **сукцессионной серией**.

Сукцессии в природе имеют различные масштабы. Иерархичность в организации сообществ проявляется и в иерархичности сукцессионных процессов: более крупные преобразования экосистем складываются из более мелких. Даже в стабильных экосистемах с хорошо отрегулированным круговоротом веществ постоянно осуществляется множество локальных сукцессионных смен, поддерживающих сложную внутреннюю структуру сообществ.

Выделяют два основных типа сукцессий:

- 1) с участием как автотрофного, так и гетеротрофного населения;
- 2) с участием лишь гетеротрофов.

Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными; они начинаются на лишенных жизни местах, и вторичными — восстановительными. В настоящее время практически вся доступная жизни поверхность суши занята различными сообществами и поэтому возникновение свободных от живых существ участков имеет локальный характер.

Сукцессии любого масштаба и ранга характеризуются целым рядом **общих закономерностей**, многие из которых чрезвычайно важны для практической деятельности человека. В любой сукцессионной серии темпы происходящих изменений постепенно замедляются и заканчиваются формированием устойчивой

стадии - **климаксового сообщества**. С энергетических позиций **сукцессия** — такое неустойчивое состояние сообщества, которое характеризуется неравенством двух показателей: общей продуктивности и энергетических трат всей системы на поддержание обмена веществ.

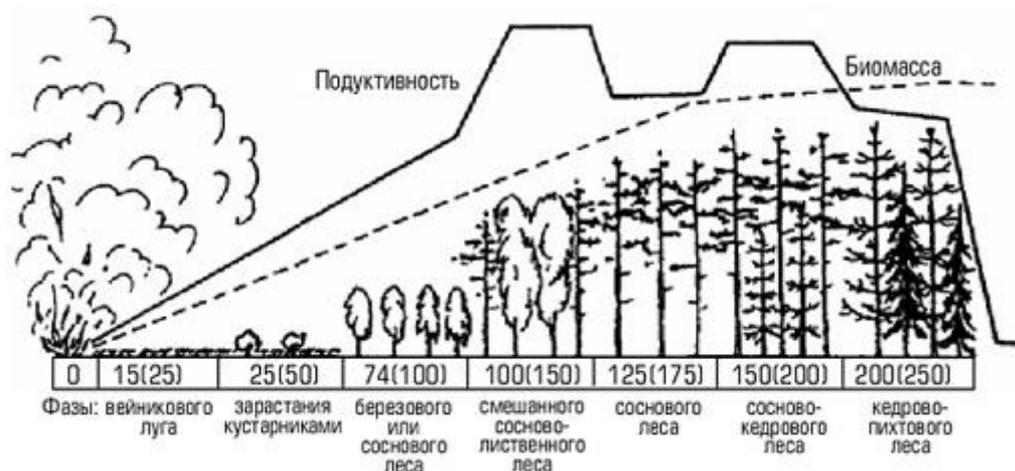


Рис. Вторичная сукцессия сибирского темнохвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара: числа в прямоугольниках — колебания в длительности прохождения фаз вторичной сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе (кривые отражают качественную и количественную стороны процесса)

В ходе сукцессии общая биомасса сообщества сначала возрастает, но затем темпы этого прироста снижаются, и на стадии климакса биомасса системы стабилизируется.

При изъятии избытка чистой продукции из экосистем, находящихся в начале сукцессионных рядов, уменьшается только скорость сукцессии. Вмешательство же в стабильные, климаксовые системы, с большой полнотой расходуемые энергию на «свои» нужды, неминуемо вызывает нарушения сложившегося равновесия в этой экосистеме.

Пока нарушения не превышают восстановительной способности экосистемы (соблюдается принцип **Ле Шателье**), она может вернуться к исходному состоянию. Этим пользуются, например, при рациональном планировании рубок леса. Но если интенсивность воздействия выходит за рамки этих возможностей, то первоначально устойчивое, богатое видами сообщество постепенно деградирует, сменяясь другим.

Вырубка леса на локальных участках с оставлением части территории под коренными типами лесной растительности вызывает ускоренные сукцессии, исходные фитоценозы восстанавливаются за относительно короткий срок — несколько десятилетий.

Таким образом, сообщество не может одновременно сочетать два противоположных свойства: быть высокостабильным и давать большой выход чистой продукции, которую можно было бы изымать без вреда для самого сообщества.

Относительно длительное существование биоценоза на одном месте (сосновый или еловый лес, низинное болото) изменяет биотоп (место, на котором существует биоценоз) так, что он становится малопригодным для существования одних видов, но пригодным для внедрения или развития других. В результате в данном биотопе постепенно развивается другой биоценоз, более приспособленный к новым условиям среды. Такая многократная смена одних биоценозов другими называется сукцессией.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека.

Термин «сукцессия» впервые употребил французский ботаник Де Люк в 1806 г. для обозначения смен растительности. Это один из ключевых терминов современной экологии.

Примерами сукцессий являются постепенное зарастание сыпучих песков, каменистых россыпей, отмелей, заселение растительными и животными организмами заброшенных сельскохозяйственных земель (пашни), залежей, вырубок и др. Бывшие поля быстро покрываются разнообразными однолетними растениями. Сюда же попадают семена древесных пород: сосны, ели, березы, осины. Они легко и на большие расстояния разносятся ветром и животными. В слабозадерживающей почве семена начинают прорастать. В наиболее благоприятном положении оказываются светолюбивые мелколиственные породы (береза, осина).

Классический пример сукцессии — зарастание озера или речной старицы и превращение ее сначала в болото, а затем, через длительный промежуток времени, в лесной биоценоз. Вначале водная гладь мелеет, затягивается со всех сторон сплавиной, на дно опускаются отмершие части растений. Постепенно зеркало воды затягивается травой. Этот процесс будет длиться несколько десятков лет, а затем на месте озера или старицы образуется верховое торфяное болото. Еще позже болото постепенно начнет зарастать древесной растительностью, скорее всего сосной. По прошествии какого-то периода времени процессы торфообразования на месте бывшего водоема приведут к созданию избыточного увлажнения и к гибели леса. Наконец, появится новое болото, но уже отличное от того, что было прежде.

Вместе с изменением растительности меняется и животный мир территории, подверженной сукцессии. Для старицы или озера типичны водные беспозвоночные, рыбы, водоплавающие птицы, земноводные, некоторые млекопитающие — ондатра, норки. Итог сукцессии — сфагновый сосняк. Теперь здесь обитают другие птицы и млекопитающие — глухарь, куропатка, лось, медведь, заяц.

Любое новое местообитание — обнажившийся песчаный берег реки, застывшая лава потухшего вулкана, лужа после дождя — сразу оказывается ареной заселения новыми видами. Характер развивающейся растительности зависит от свойств субстрата. Вновь поселившиеся организмы постепенно изменяют среду обитания, например затеняют поверхность или меняют ее влажность. След-

ствием такого изменения среды является развитие новых, устойчивых к ним видов и вытеснение предыдущих. С течением времени формируется новый биоценоз с заметно отличающимся от первоначального видовым составом.

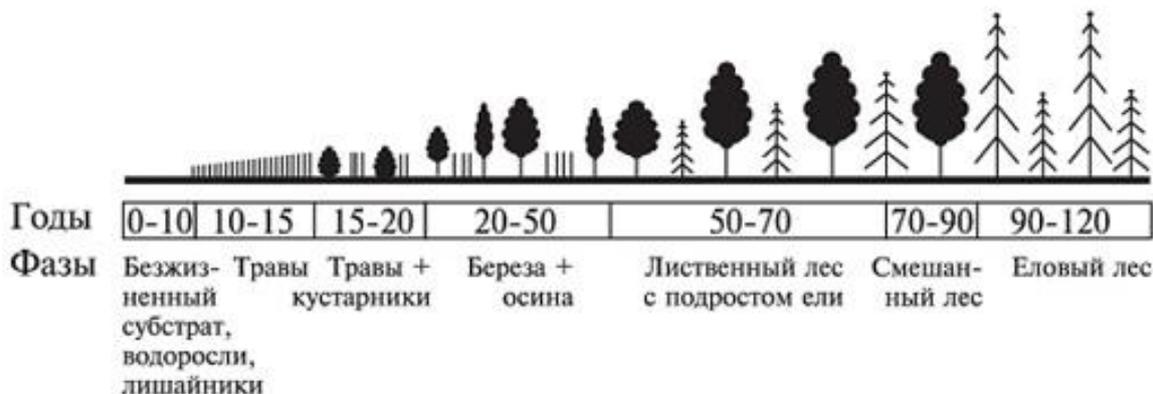


Рис. Экологическая сукцессия на примере смен фитоценозов в южной тайге

Вначале изменения происходят быстро. Затем скорость сукцессии снижается. Всходы березы образуют густую поросль, которая затеняет почву, и даже если вместе с березой прорастают семена ели, ее всходы, оказавшись в весьма неблагоприятных условиях, сильно отстают от березовых. Светолюбивая береза — серьезный конкурент для ели. К тому же специфические биологические особенности березы дают ей преимущества в росте. Березу называют «пионером леса», пионерной породой, так как она почти всегда первой поселяется на нарушенных землях и обладает широким диапазоном приспособляемости.

Березки в возрасте 2-3 лет могут достигать высоты 100-120 см, тогда как елочки в том же возрасте едва дотягивают до 10 см. Постепенно, к 8-10 годам, березы формируют устойчивое березовое насаждение высотой до 10-12 м. Под развивающимся пологом березы начинает подрастать и ель, образуя подрост разной степени густоты. Перемены происходят и в нижнем, травяно-кустарничковом ярусе. Постепенно, по мере смыкания крон березы, светолюбивые виды, характерные для начальных стадий сукцессии, начинают исчезать и уступают место теневыносливым.

Изменения касаются и животного компонента биоценоза. На первых стадиях поселяются майские хрущи, березовая пяденица, затем многочисленные птицы — зяблик, славка, пеночка, мелкие млекопитающие — землеройка, крот, еж. Изменение условий освещения начинает благоприятно сказываться на молодых елочках, которые ускоряют свой рост. Если на ранних этапах сукцессии прирост елочек составлял 1-3 см в год, то по прошествии 10-15 лет он достигает уже 40-60 см. Где-то к 50 годам ель догоняет березу в росте, и образуется смешанный елово-березовый древостой. Из животных появляются зайцы, лесные полевки и мыши, белки. Сукцессионные процессы заметны и среди птичьего населения: в таком лесу поселяются иволги, питающиеся гусеницами.

Смешанный елово-березовый лес постепенно сменяется еловым. Ель перегоняет в росте березу, создает значительную тень, и береза, не выдержав конкуренции, постепенно выпадает из древостоя.

Таким образом происходит сукцессия, при которой вначале березовый, а затем смешанный елово-березовый лес сменяется чистым ельником. Естественный процесс смены березняка ельником длится более 100 лет. Именно поэтому процесс сукцессии иногда называют вековой сменой.

Если развитие сообществ идет на вновь образовавшихся, ранее не заселенных местообитаниях (субстратах), где растительность отсутствовала — на песчаных дюнах, застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате эрозии или отступления льдов, то такая сукцессия называется первичной.

В качестве примера первичной сукцессии можно привести процесс заселения вновь образованных песчаных дюн, где растительность прежде отсутствовала. Здесь вначале поселяются многолетние растения, способные переносить засушливые условия, например пырей ползучий. Он укореняется и размножается на зыбучем песке, укрепляет поверхность дюны и обогащает песок органическими веществами. Физические условия среды, находящейся в непосредственной близости от многолетних трав, изменяются. Вслед за многолетниками появляются однолетники. Их рост и развитие часто способствуют обогащению субстрата органическим материалом, так что постепенно создаются условия, подходящие для произрастания таких растений, как ива, толокнянка, чабрец. Эти растения предшествуют появлению проростков сосны, которые закрепляются здесь и, подрастая, через много поколений образуют сосновые леса на песчаных дюнах.

Если на определенной местности ранее существовала растительность, но по каким-либо причинам она была уничтожена, то ее естественное восстановление называется вторичной сукцессией. К таким сукцессиям может привести, например, частичное уничтожение леса болезнями, ураганом, извержением вулкана, землетрясением либо пожаром. Восстановление лесного биоценоза после таких катастрофических воздействий происходит в течение длительного времени.

Примером вторичной сукцессии является образование торфяного болота при зарастании озера. Изменение растительности на болоте начинается с того, что края водоема зарастают водными растениями. Влаголюбивые виды растений (камыш, тростник, осока) начинают разрастаться вблизи берегов сплошным ковром. Постепенно на поверхности воды создается более или менее плотный слой растительности. Отмершие остатки растений накапливаются на дне водоема. Из-за малого количества кислорода в застойных водах растения медленно разлагаются и постепенно превращаются в торф. Начинается формирование болотного биоценоза. Появляются сфагновые мхи, на сплошном ковре которых произрастают клюква, багульник, голубика. Здесь же могут поселяться сосенки, образуя редкую поросль. С течением времени формируется экосистема верхового болота.

Ни один вид растений или птиц не может процветать на протяжении всей сукцессии. По мере роста древостоя животное население в значительной степени меняет свой состав. Появляющиеся хищники и паразиты контролируют видовую структуру биоценоза. Поэтому последовательная и непрерывная смена видов во времени — характерная черта большинства сукцессионных процессов. В течение сукцессии биомасса живых организмов возрастает, а круговорот веществ увеличивается.

Большинство сукцессий, наблюдаемых в настоящее время, антропогенные, т.е. они происходят в результате воздействия человека на природные экосистемы. Это выпас скота, рубка лесов, возникновение очагов возгорания, распашка земель, затопление почв, опустынивание и т.п.

Вопросы для повторения:

1. Что такое пищевая цепь (цепь питания) и что лежит в её основе?
2. Чем определяется устойчивость экосистемы?
3. Составьте пищевую цепь, начинающуюся от растений.
4. Приведите примеры детритных пищевых цепей.
5. Объясните, что такое экологическая пирамида.
6. В чем смысл концепции экосистемы?
7. Какой размерности могут быть экосистемы.
8. Приведите примеры экосистем.
9. Какие признаки присущи естественным экосистемам?
10. Дайте определение пищевой цепи.
11. Какие виды экологических пирамид вы знаете?
12. Что такое биогеоценоз?
13. Приведите примеры биогеоценозов.
14. Что общего и в чем различие между биогеоценозом и экосистемой?
15. Какие функционально связанные части можно выделить в биогеоценозе?
16. Чем определяются границы биогеоценоза?
17. Чем определяется динамика экосистем?
18. Охарактеризуйте суточную и сезонную динамику экосистем.
19. Что такое сукцессия? Приведите примеры сукцессий.
20. Чем первичная сукцессия отличается от вторичной?
21. Что такое сукцессия антропогенная?

Тема: Искусственные экосистемы

Вопросы:

1. Агроэкосистемы

2. Урбоэкосистемы

Вопрос 1. Агроэкосистемы

В биосфере помимо естественных биогеоценозов (лес, луг, болото, река и т.д.) и экосистем существуют и сообщества, созданные хозяйственной деятельностью человека. Такое искусственно созданное человеком сообщество называется агроэкосистема (агроценоз, агробиоценоз, сельскохозяйственная экосистема).

Агроэкосистема (от греч. агрос - поле - сельскохозяйственная экосистема, агроценоз, агробиоценоз) - *биотическое сообщество, созданное и регулярно поддерживаемое человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Обычно включает совокупность организмов, обитающих на землях сельхозпользования.*

К агроэкосистемам относят поля, сады, огороды, виноградники, крупные животноводческие комплексы с прилегающими искусственными пастбищами. Характерная особенность агроэкосистем - малая экологическая надежность, но высокая урожайность одного или нескольких видов (или сортов культивируемых растений) или животных.

Агроэкосистемы отличаются от естественных экосистем рядом особенностей.

Агроэкосистемы имеют несколько отличных от экосистем естественных, природных.

1. Видовое разнообразие в них резко снижено для получения максимально высокой продукции. На ржаном или пшеничном поле кроме злаковой монокультуры можно встретить разве что несколько видов сорняков. На естественном лугу биологическое разнообразие значительно выше, но биологическая продуктивность уступает засеянному полю во много раз.

2. Виды сельскохозяйственных растений и животных в агроэкосистемах получены в результате действия искусственного, а не естественного отбора, что в значительной мере влияет на сужение их генетической базы. В агроэкосистемах происходит резкое сужение генетической базы сельскохозяйственных культур, которые крайне чувствительны к массовым размножениям вредителей и болезням.

3. Для агроэкосистем, по сравнению с естественными биоценозами, характерна большая открытость. Это означает, что в естественных биоценозах первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях питания и вновь возвращается в систему биологического круговорота в виде углекислого газа, воды и элементов минерального питания. Агроэкосистемы же более открыты, и из них изымается вещество и энергия с урожаем, животноводческой продукцией, а также в результате разрушения почв.

4. Смена растительного покрова в агроэкосистемах происходит не естественным путем, а по воле человека, что не всегда хорошо отражается на качестве входящих в нее абиотических факторов. Особенно это касается почвенного плодородия.

Почва является важнейшей системой жизнеобеспечения и существования сельскохозяйственного производства. Однако продуктивность агроэкосистем зависит не только от плодородия почвы и поддержания ее качества. В не меньшей мере на нее влияет сохранность среды обитания полезных насекомых (опылители) и других представителей животного мира. К тому же в этой среде обитают многие естественные враги сельскохозяйственных вредителей. Так, уже стал хрестоматийным пример массовой гибели опылителей полей гречихи в США, происходившей при столкновении их с автомобилями в местах близкого расположения сельскохозяйственных угодий к автотрассам.

5. Одна из главных особенностей экосистем состоит в получении дополнительной энергии для нормального функционирования. Без поступления дополнительной энергии извне агроэкосистемы, в отличие от экосистем природных, существовать не могут. Под дополнительной понимается любой тип энергии, привносимый в агроэкосистемы. Это может быть мускульная сила человека или животных, различные виды горючего для работы сельскохозяйственных машин, удобрения, пестициды, ядохимикаты, дополнительное освещение и т.д. Под дополнительной энергией можно также понимать новые породы домашних животных и сорта культурных растений, внедряемые в структуру агроэкосистем.

6. Все искусственно создаваемые в сельскохозяйственной практике агроэкосистемы полей, садов, пастбищных лугов, огородов, теплиц представляют собой системы, специально поддерживаемые человеком.

Следует отметить, что агроэкосистемы являются крайне неустойчивыми сообществами. Они не способны к самовосстановлению и саморегулированию, подвержены угрозе гибели от массового размножения вредителей или болезней. Для их поддержания необходима постоянная деятельность людей.

А какие же признаки сообщества, экосистемы считаются устойчивыми? Прежде всего, это сложная, полидоминантная структура, включающая наибольшее, возможное при данных условиях число видов и популяций. Затем, максимальная биомасса. И последнее – относительное равновесие между приходом и расходом энергии. Несомненно то, что в таких экосистемах наблюдается наименьший уровень продуктивности. Биомасса большая, а продуктивность низкая. Это связано с тем, что основная часть поступающей в экосистему энергии идет на поддержание процессов жизнедеятельности.

Самое важное негативное следствие существования агроэкосистем — это их дестабилизирующее воздействие на биогеохимические циклы биосферы, где осуществляется воспроизводство основных видов экологических ресурсов и совершается регуляция химического состава жизненных сред. На сельскохозяйственных угодьях круговорот биогенов оказывается разомкнутым на десятки процентов. Поэтому есть все основания говорить, что агроценозы с самого

начала их существования находятся в антагонистических отношениях с окружающей природной средой. Ныне стало очевидно, что они угрожают разрушением фундаментальных биосферных процессов и повинны в глобальном экологическом кризисе. Это относится ко всем созданным человеком формам, в том числе к самым продуктивным сортам и породам.

Следует только добавить, что в настоящее время человечество не придумало еще иного способа снабжать себя продовольствием, нежели создавая искусственные агроэкосистемы.

Вопрос 2. Урбоэкосистемы

Урбанизация — это исторический процесс, связанный с ростом городов и распространением городского образа жизни. Урбанизация носит объективный характер, однако она приносит в жизнь человечества много проблем, поскольку с улучшением условий существования происходит концентрация промышленных производств, увеличение транспорта, сокращение зеленых насаждений, и как следствие появление новых мутагенов и рисков для жизни человека.

Городские экосистемы или урбоэкосистемы — это искусственные гетеротрофные антропогенные экосистемы, возникающие в результате развития городов и представляющие собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В отличие от агроценозов в них нет элементов саморегуляции.

Для развития городской экосистемы необходимы три главных компонента:

1) Географическая среда - природная основа экосистемы. Представляет собой природно-климатический комплекс, включающий абиотические (рельеф, почву, климат, воды) и биотические (растительный и животный мир) компоненты.

2) Городское население (социальный комплекс) - совокупность людей, связанных общественными отношениями и городской средой. Является потребителем продукции производства, а также носителем различных потребностей нематериального характера (наука, образование, культура). Именно этот компонент урбосистемы выполняет функцию управления, которая обеспечивает сохранение определенной структуры города, поддерживает режим деятельности, реализацию программ и целей развития системы.

3) Городская среда, которая включает взаимосвязанные и взаимопроникающие подсистемы (среды): преобразованную географическую природную среду, ландшафтно-архитектурную, социально-экономическую, общественно-производственную. Связь между ними столь велика, что практически ни одна из них в отдельности не может выполнять свои функции, и в то же время отсутствие одной из них влечет разрушение городской экосистемы в целом.

Современный город можно сравнить с единым сложно устроенным организмом, который активно обменивается веществом и энергией с окружающими его природными комплексами и другими населенными пунктами. В его составе

города можно выделить следующие территории: промышленные зоны, где сосредоточены промышленные объекты, являющиеся основным источником загрязнения окружающей среды; селитебные зоны (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.д.; рекреационные зоны, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.); транспортные системы и сооружения, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.).

Для урбоэкосистем характерны следующие особенности:

- Городская экосистема — это открытая система на определенном географическом пространстве. Город, с одной стороны, является мощным потребителем вещества, энергии, информации, с другой - источником колоссальных объемов выбросов в окружающую среду.

- Урбоэкосистема является вероятностной, так как ответные реакции природы на антропогенные воздействия не удается точно спрогнозировать, функционирование системы идет не только по законам природы, но и по законам социально-экономического развития общества.

- Зависимость, т.е. необходимость постоянного поступления ресурсов и энергии.

- Неравновесность, т.е. невозможность достижения экологического равновесия.

- Аккумуляция твердого вещества за счет превышения его ввоза в город над вывозом (примерно 10:1). Сегодня это ведет к увеличению массы строений и площади полигонов для хранения бытовых и промышленных отходов.

- Число факторов, воздействующих на человека, в городе неограниченно велико, а время этого воздействия значительно короче. Следовательно, городские популяции подвергаются более мощному экологическому стрессу.

- Города отличаются специфичным составом городского населения. Мощные миграционные потоки сопровождаются высоким темпом генетической эволюции, протекающей вне связи с процессами роста численности популяции и ее приспособленности, что коренным образом отличает городскую популяцию от естественной. Факторы городской среды способствуют увеличению мутационного давления на жителей больших городов, что ведет к росту наследственных заболеваний.

- Десинхронизация биологических ритмов. Одно из существенных нарушений состоит в том, что естественная синхронизация светового дня и активности человека сдвинута в сторону темной части суток. Суточная десинхронизация физиологических процессов требует напряжения адаптационных механизмов, что истощает приспособительные возможности организма.

- Деформированность видимой среды. В городе преобладают серый цвет и плоские поверхности. Длительное пребывание человека в видимой среде, бедной зрительными элементами, сопровождается нарушениями движений глаз, ухудшением самочувствия и возникновением ощущения дискомфорта. В городских условиях преобладают гомогенные и агрессивные видимые поля.

В настоящее время значительная часть твердых веществ, поступающих в городскую экосистему, накапливается в зданиях и твердых покрытиях поверхностей улиц и площадей. Кроме того, увеличивается площадь полигонов хранения бытовых и промышленных отходов. Города являются «паразитами биосферы», которые потребляют огромное количество кислорода, воды и других ресурсов, а продуцируют только углекислый газ и загрязнение окружающей среды.

Более всего естественная среда обитания изменяется в крупных городах. Этому способствуют специфический ритм жизни, психоэмоциональная обстановка труда и быта и пр. Интенсивность солнечной радиации в городах на 15-20% ниже, чем в прилегающей местности, тогда как среднегодовая температура примерно на 1,5°C выше, не столь значительны суточные и сезонные колебания температуры, чаще возникают туманы, больше осадков (в среднем на 10%), ниже атмосферное давление.

В состав городских экосистем могут входить промышленные экосистемы, формирующиеся на территории промышленных предприятий. Для них характерны высокий уровень загрязненности (физические, химические и биологические загрязнения); высокая зависимость от внешних источников энергии; исключительная обедненность видового разнообразия; неблагоприятное влияние на смежные экосистемы.

Городские и сельскохозяйственные экосистемы тесно связаны. В городах сельскохозяйственную продукцию перерабатывают на молочных заводах, мясоконсервных комбинатах, кондитерских и прядильных фабриках. Из города в село поступают сельскохозяйственные машины, горючее, удобрения, пестициды, множество предметов, необходимых сельским жителям (одежда, строительные материалы, электроприборы, химикаты и т.д.). Наконец, из города жители села получают информацию. В городах печатают газеты, там работают радио- и телерадиокомпании.

Вследствие «расползания» городов происходит уменьшением площади естественных и сельскохозяйственных экосистем. Кроме того, города отрицательно влияют на окружающие их естественные и сельскохозяйственные экосистемы (происходит загрязнение атмосферы и воды). Неблагоприятные экологические факторы влияют на горожан, испытывающих влияние химического загрязнения атмосферы (в первую очередь выхлопами автомобильного транспорта) и воды, физического загрязнения (шумового, электромагнитного, радиационного), а также видеозагрязнения («агрессивных» однообразных поверхностей архитектурных сооружений).

Городскому жителю постоянно приходится решать задачи, требующие больших психологических усилий, он вынужден увеличивать продолжительность своего рабочего времени, сокращая отдых и постоянно ощущая нехватку времени. Горожане испытывают постоянный избыток информации. В результате у многих людей развиваются неврозы и так называемые болезни цивилизации.

Социальные условия, информационные и интеллектуальные перегрузки, вызывающие у горожан психическую усталость и эмоциональные стрессы, становятся причиной возникновения большинства язвенных болезней желудка и случаев инфаркта миокарда, провоцируют конфликтные ситуации, дезорганизацию ближайшего социального окружения человека, способствуют развитию болезней.

Значительную роль в жизни человека, особенно в крупных городах, играет шум. Высокий уровень шума способствует повышению числа гипертензий и гипотензий, гастритов, язвенной болезни желудка, болезней желез внутренней секреции и обмена веществ, психозов, неврозов, болезней органов кровообращения. У лиц, проживающих в шумных районах, чаще выявляются церебральный атеросклероз, увеличенное содержание холестерина в крови, астенический синдром. Доля новорожденных с пониженной массой возрастает соответственно увеличению уровня шума.

Вопросы для повторения:

1. Что такое сукцессия антропогенная?
2. Дайте определение агроэкосистемы, приведите примеры.
3. В чем проявляются существенные различия между природными экосистемами и агроэкосистемами?

Тема: Экологические факторы, их значение в жизни организмов

Вопросы:

1. Абиотические факторы среды
2. Биотические факторы среды

Вопрос 1. Абиотические факторы среды

Компоненты природной среды, влияющие на состояние и свойства организма, популяции, природного сообщества, называют экологическими факторами. Среди них различают разные по своей природе группы факторов:

абиотические факторы - все компоненты неживой природы, среди которых наиболее важны свет, температура, влажность и другие компоненты климата, а также состав водной, воздушной и почвенной среды, т.е. элементы неживой природы;

биотические факторы - живые тела, или организмы; взаимодействия между различными особями в популяциях, между популяциями в природных сообществах;

ограничивающие факторы - экологические факторы, выходящие за границы максимума или минимума выносливости, ограничивающие существование вида.

антропогенный фактор - вся разнообразная деятельность человека, которая приводит к изменению природы как среды обитания всех живых организмов или непосредственно сказывается на их жизни (вырубка леса, осушение болот, возведение плотины, выброс в атмосферу различных химических веществ и пр.).

Разные экологические факторы (температура, влажность, пища) действуют на каждую особь. В ответ на это у организмов через естественный отбор вырабатываются различные приспособления к ним. Интенсивность факторов, наиболее благоприятную для жизнедеятельности, называют оптимальной или оптимумом.

Оптимальное значение того или иного фактора для каждого вида различно. В зависимости от отношения к тому или иному фактору виды могут быть тепло- и холодолюбивые (слон и белый медведь), влаго- и сухолюбивые (липа и саксаул), приспособленные к высокой или низкой солености воды и т. д.

Температура

Большинство видов приспособлено к довольно узкому диапазону температур. Некоторые организмы, особенно в стадии покоя, способны существовать при очень низких температурах. Например, споры микроорганизмов выдерживают охлаждение до -200°C . Отдельные виды бактерий и водорослей могут жить и размножаться в горячих источниках при температуре $+80$ $+88^{\circ}\text{C}$. Диапазон колебаний температуры в воде значительно меньше, чем на суше, соответственно и пределы выносливости к колебаниям температуры у водных организмов уже, чем у наземных. Однако и для водных, и для наземных обитателей оптимальной является температура в пределах $15-30^{\circ}\text{C}$.

Различают организмы с непостоянной температурой тела - пойкилотермные и организмы с постоянной температурой тела - гомойотермные.

Температура тела пойкилотермных организмов зависит от температуры

окружающей среды. Ее повышение вызывает у них интенсификацию жизненных процессов и, в известных пределах, ускорение развития.

Гораздо меньше зависят от температурных условий среды животные гомотермные - птицы и млекопитающие. Эти изменения строения позволили этим двум классам сохранять активность при очень резких перепадах температур и освоить практически все места обитания.

Таким образом, температура окружающей среды представляет собой важный и зачастую ограничивающий жизненные проявления фактор.

Свет

Свет в форме солнечной радиации обеспечивает все жизненные процессы на Земле. Для организмов важны длина волны воспринимаемого излучения, его интенсивность и продолжительность воздействия (длина дня, или фотопериод). Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 0,3 мкм составляют примерно 40% лучистой энергии, достигающей земной поверхности. В небольших дозах они необходимы животным и человеку. Под их воздействием в организме образуется витамин D. Энергия видимого света составляет около 45% общего количества лучистой энергии, падающей на Землю.

Чрезвычайно важную роль в регуляции активности живых организмов и их развития играет продолжительность воздействия света - фотопериод, который представляет собой как бы пусковой механизм, последовательно включающий физиологические процессы, приводящие к росту, цветению растений весной, плодоношению летом и сбрасыванию ими листьев осенью, а также к линьке и накоплению жира, миграции и размножению у птиц и млекопитающих, наступлению стадии покоя у насекомых.

Кроме сезонных изменений смена дня и ночи определяет суточный ритм активности как целых организмов, так и физиологических процессов. Способность организмов ощущать время, наличие у них «биологических часов» - важное приспособление, обеспечивающее выживание особи в данных условиях среды.

Инфракрасное излучение составляет 45% от общего количества лучистой энергии, падающей на Землю. Инфракрасные лучи повышают температуру тканей растений и животных, хорошо поглощаются объектами неживой природы, в том числе водой.

Влажность

Вода играет исключительно важную роль в жизнедеятельности клетки и организма в целом. Поддержание количества воды на достаточном уровне составляет одну из основных физиологических функций любого организма.

Роль влажности как экологического фактора для наземных организмов обусловлена тем, что осадки (а соответственно влажность воздуха и почвы) распределяются на земной поверхности в течение года очень неравномерно. Так как большинство наземных животных и растений влаголюбивы, то недостаток влажности часто оказывается причиной, ограничивающей их жизнедеятельность и распространение.

Температура тела

Все химические процессы, протекающие в организме, зависят от температуры - внешней и внутренней. Особенно ясно зависимость от внешней температуры выражена у организмов, неспособных поддерживать постоянную температуру тела, т. е. у всех растений и большинства животных, кроме птиц и млекопитающих. Подавляющее большинство наземных растений и животных в состоянии активной жизнедеятельности не переносят отрицательной температуры и погибает. Верхний температурный предел жизни неодинаков для разных видов, но редко бывает выше 40-45°C. Только немногие виды приспособлены к жизни при более высокой температуре.

Оптимальная температура зависит от условий обитания вида, к которым он приспособился на основе естественного отбора в течение предшествующей эволюции.

Вопрос 2. Биотические факторы среды

Биотические факторы окружающей среды (Биотические факторы; Биотические экологические факторы; Biotic factors; Biological factors; от греч. Biotikos — жизненный) — факторы живой среды, влияющие на жизнедеятельность организмов.

Беклемишев В.Н. разделил биотические факторы на 4 группы:

топические — по изменению среды (разрывание почвы)

трофические — пищевые отношения (продуценты, консументы, редуценты)

фабрические — по жилищу (паразитические черви используют организм как среду обитания)

форические — по переносу (рак отшельник переносит актинию)

Действие биотических факторов выражается в форме взаимовлияний одних организмов на жизнедеятельность других организмов и всех вместе на среду обитания. Различают прямые и косвенные взаимоотношения между организмами.

Внутривидовые взаимодействия между особями одного и того же вида складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции.

Межвидовые взаимоотношения значительно более разнообразны. Возможные типы комбинации отражают различные виды взаимоотношений:

нейтрализм — взаимоотношения между организмами не приносят друг другу ни вреда, ни пользы

синойкия (квартиранство) — сожительство, при котором особь одного вида использует особь другого вида только как жилище, не принося своему «живому дому» ни пользы, ни вреда. Например, пресноводная рыбка горчак откладывает икринки в мантийную полость двухстворчатых моллюсков. Развивающиеся икринки надежно защищены раковиной моллюска, но они безразличны для хозяина и не питаются за его счет.

конкуренция — антагонистические отношения между организмами (видами), связанные борьбой за пищу, самку, место обитания и другие ресурсы

мутуализм (взаимовыгодный симбиоз) — совместное сожительство организмов разных видов, приносящее взаимную пользу. Например, лишайники являются симбиотическими организмами, тело которых построено из водорослей и грибов. Нити гриба снабжают клетки водоросли водой и минеральными веществами, а клетки водорослей осуществляют фотосинтез и, следовательно, снабжают гифы грибов органическими веществами.

протокооперация (кооперация) — это полезные взаимоотношения организмов, когда они могут существовать друг без друга, но вместе им лучше. Например, рак-отшельник и актиния, акулы и рыбы-прилипалы.

комменсализм — совместное сожительство организмов разных видов, при котором один организм использует другой как жилище и источник питания, но не причиняет вреда партнеру. Например, некоторые морские полипы, поселяясь на крупных рыбах, в качестве пищи используют их испражнения. В желудочно-кишечном тракте человека находится большое количество бактерий и простейших, питающихся остатками пищи и не причиняющих вреда хозяину.

аменсализм — это взаимоотношения между организмами, при которых один несет ущерб, а другому они безразличны. Например, гриб пеницилл выделяет антибиотик, убивающий бактерий, но вторые на гриб никак не влияют.

паразитизм — это форма антагонистического сожительства организмов, относящихся к разным видам, при котором один организм (паразит), поселяясь на теле или в теле другого организма (хозяина), питается за его счет и причиняет вред. Болезнетворное действие паразитов складывается из механического повреждения тканей хозяина, отравления его продуктами обмена, питания за его счет. Паразитами являются все вирусы, многие бактерии, грибы, простейшие, некоторые черви и членистоногие. В отличие от хищника паразит использует свою жертву длительно и далеко не всегда приводит ее к смерти. Нередко вместе со смертью хозяина погибает и паразит. Связь паразита с внешней средой осуществляется опосредованно через организм хозяина.

Хищничество. Антагонистические взаимоотношения паразитов и хищников со своими жертвами поддерживают численность популяции одних и других на определенном относительно постоянном уровне, что имеет большое значение в выживании видов.

Вопросы для повторения

1. Дайте пояснение абиотическому фактору среды.
2. Дайте пояснение биотическому фактору среды.
3. Объясните влияние света на живые организмы.
4. Объясните влияние температуры на живые организмы.
5. Объясните влияние влажности на живые организмы.
6. Объясните закон оптимума на примере.
7. Объясните правило взаимодействия факторов на примерах.
8. Объясните правило лимитирующих факторов на примерах.
9. Объясните на примерах межвидовые взаимодействия.

Тема: Биосфера — глобальная экосистема

Вопросы:

1. Учение В. И. Вернадского о биосфере
2. Роль живых организмов в биосфере
3. Биомасса
4. Круговорот важнейших биогенных элементов (на примере углерода, азота и др.) в биосфере

Вопрос 1. Учение В. И. Вернадского о биосфере

Учение В.И. Вернадского о биосфере представляет собой обобщение естественнонаучных знаний, оно вобрало в себя эволюционные взгляды Ч. Дарвина, периодический закон Д.И. Менделеева, теорию единства пространства и времени А. Эйнштейна, идеи о неразрывной связи живой и неживой природы многих отечественных и зарубежных ученых.

В работах В.И. Вернадского рассматриваются компоненты биосферы, ее границы, функции живого вещества, эволюция биосферы.

Ученый впервые показал, что живая и неживая природа Земли тесно взаимодействуют и составляют единую систему.

Структура биосферы. В биосфере можно выделить следующие основные компоненты: *живое вещество, косное (неживое) вещество, неживое биогенное вещество, биокосное вещество.*

Живым веществом В.И. Вернадский назвал *совокупность живых организмов, населяющих нашу планету.* Это главная сила, преобразующая поверхность планеты, основа формирования и существования самой биосферы. Во все геологические эпохи живое вещество, преобразуя и аккумулируя солнечную энергию, влияло на химический состав земной коры, было мощной геохимической силой, формирующей лик Земли.

Живое вещество имеет количественные характеристики, его можно изучать, используя математические законы.

Количество живого вещества в биосфере (биомасса) - величина постоянная или мало изменяющаяся с течением времени. Во все геологические эпохи на Земле количество живого вещества было практически одинаковым. Ученый подчеркивал, что современное живое вещество генетически родственно живому веществу прошлых геологических эпох.

Под **косным веществом** В.И. Вернадский понимал *такие вещества биосферы, в создании которых живые организмы не участвуют.* Это, например, газы, твердые частицы и водяные пары, выбрасываемые вулканами, гейзерами.

Кроме живого и косного веществ, в состав биосферы входят:

неживое биогенное вещество, которое образовано *живым веществом современной и прошлых геологических эпох* (ископаемые остатки организмов,

нефть, уголь, газы атмосферы, озерный ил - сапропель, осадочные породы, например, известняки);

биокосное вещество, которое создавалось одновременно и живыми организмами, и косным веществом (например, почва, вода обитаемых водоемов, глинистые минералы).

Границы биосферы совпадают с границами распространения живых организмов в оболочках Земли, что определяется наличием условий существования жизни (благоприятный температурный режим, уровень радиации, достаточное количество воды, минеральных веществ, кислорода, углекислого газа). Биосфера охватывает всю поверхность суши, а также океаны, моря и ту часть недр Земли, где находятся породы, созданные в процессе жизнедеятельности живых организмов. Иначе говоря, биосфера — это часть литосферы, атмосферы, гидросферы, заселенная живым веществом.

Для существования живых организмов необходимы следующие условия: достаточное количество воды, минеральных веществ, кислорода, углекислого газа, оптимальный температурный режим, уровень радиации и др.

Верхняя граница биосферы определяется **озоновым экраном**, представляющим собой тонкий слой (2-4 мм) газа озона. Роль озонового слоя в биосфере велика: он задерживает губительные для живого ультрафиолетовые лучи солнечного света. Этот слой расположен на высотах 16 - 20 км.

Нижняя граница биосферы неровная. К примеру, в литосфере живые организмы или продукты их жизнедеятельности можно встретить на глубине 3,5-7,5 км, а в Мировом океане организмы - на глубине 10 - 11 км.

Нижняя граница на суше связана с областями "былых биосфер" - так В.И. Вернадский назвал сохранившиеся остатки биосфер прошлых геологических эпох (накопления осадочных пород, углей, горючих сланцев и др.). "Былые биосферы" служат доказательством длительной эволюции биосферы Земли.

Ученый отмечал, что живое вещество распределено в биосфере неравномерно. Основная его масса сконцентрирована в приповерхностном слое суши толщиной 50-100 м и в приповерхностной толще воды (10-20 м). Здесь находится более 90% биомассы Земли. Но и в приповерхностном слое имеются пространства, густо заселенные живыми организмами (тропики и субтропики, теплые моря), и менее заселенные территории (пустыни, высокогорья, арктические и антарктические области). Для остальных территорий биосферы характерно, по словам В.И. Вернадского, "разрежение живого вещества".

Тем не менее, в пределах биосферы нет абсолютно безжизненных пространств. Даже в самых суровых условиях обитания можно найти бактерии и другие микроорганизмы. В.И. Вернадский высказал идею о "всюдности жизни", живое вещество способно "растекаться" по поверхности планеты; оно с огромной скоростью захватывает все незанятые участки биосферы, что обуславливает "давление жизни" на неживую природу.

Функции живого вещества. Одна из основных заслуг В.И. Вернадского состоит в том, что он впервые обратил внимание на роль живых организмов как

мощного геологического фактора, на то, что живое вещество выполняет в биосфере различные *биогеохимические функции*. Благодаря этому обеспечиваются круговорот веществ и превращение энергии и, в итоге, целостность, постоянство биосферы, ее устойчивое существование. Важнейшими функциями являются энергетическая, газовая, окислительно-восстановительная, концентрационная.

Энергетическая функция заключается в накоплении и преобразовании растениями энергии Солнца (бактерии-хемоавтотрофы преобразуют энергию химических связей) и передаче ее по пищевым цепям: от продуцентов - к консументам и, далее, - к редуцентам. При этом энергия постепенно рассеивается, но часть ее вместе с остатками организмов переходит в ископаемое состояние, "консервируется" в земной коре, образуя запасы нефти, угля и др.

В осуществлении **газовой функции** ведущая роль принадлежит зеленым растениям, которые в процессе фотосинтеза поглощают углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород. В то же время, большинство живых организмов (и растения в том числе) в процессе дыхания используют кислород, выделяя в атмосферу углекислый газ. Таким образом, участвуя в обменных процессах, живое вещество поддерживает на определенном уровне газовый состав атмосферы.

Окислительно-восстановительная функция тесно связана с энергетической. Существуют микроорганизмы, которые в процессе жизнедеятельности окисляют или восстанавливают различные соединения, получая при этом энергию для жизненных процессов. Велико их значение для образования многих полезных ископаемых. Например, деятельность железобактерий по окислению железа привела к образованию таких осадочных пород как железные руды; серобактерии, восстанавливая сульфаты, образовали месторождения серы.

Концентрационная функция заключается в способности живых организмов накапливать различные химические элементы. Например, осоки и хвощи содержат много кремния, морская капуста и щавель - йод и кальций. В скелетах позвоночных животных содержится большое количество фосфора, кальция, магния. Осуществление данной функции способствовало образованию залежей известняка, мела, торфа, угля, нефти.

Эволюция биосферы. В.И. Вернадский в своих работах подчеркивал, что история возникновения и эволюция биосферы — это история возникновения жизни на Земле. Развитие биосферы идет вместе с эволюцией органического мира - изменяется состав ее компонентов, расширяются границы и т. д.

Живое вещество эволюционирует в сторону усложнения уровня организации, уменьшения прямой зависимости от среды обитания, усовершенствования способов ориентации и передвижения в пространстве.

Перенеся идеи физики о неразрывности пространства и времени на явления природы, В.И. Вернадский объяснил направленность эволюции биосферы: она ограничена пространством, что определяется телом планеты, и направлена в сторону прогрессивного развития, так как необходимо приобрести свойства, которые позволят это ограниченное пространство использовать по возможности максимально.

Особое внимание в своих трудах ученый уделял возрастающему влиянию

человека на ход эволюции биосферы. Вернадский подчеркивал, что человек разумный - невиданная по своим масштабам геохимическая сила, которая увеличивает свое влияние по мере развития научной мысли. Еще в 20-х годах прошлого века ученый сумел предугадать многие тенденции воздействия человека на природу. Его теоретические положения о биосфере и месте в ней человека - блестящий пример научного обобщения.

Вопрос 2. Роль живых организмов в биосфере

Деятельность живых организмов в биосфере сопровождается извлечением из окружающей среды больших количеств минеральных веществ. После смерти организмов составляющие их химические элементы возвращаются в окружающую среду. Так возникает биогенный (с участием живых организмов) круговорот веществ в природе, т. е. циркуляция веществ между литосферой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. Под круговоротом веществ понимают повторяющийся процесс превращения и перемещения веществ в природе, имеющий более или менее выраженный циклический характер.

В круговороте веществ принимают участие все живые организмы, поглощающие из внешней среды одни вещества и выделяющие в нее другие. Так, растения потребляют из внешней среды углекислый газ, воду и минеральные соли и выделяют в нее кислород. Животные вдыхают кислород, выделенный растениями, а поедая их, усваивают синтезированные из воды и углекислого газа органические вещества и выделяют углекислый газ, воду и вещества непереваренной части пищи. При разложении бактериями и грибами отмерших растений и животных образуется дополнительное количество углекислого газа, а органические вещества превращаются в минеральные, которые попадают в почву и снова усваиваются растениями. Таким образом, атомы основных химических элементов постоянно совершают миграцию из одного организма в другой, из почвы, атмосферы и гидросферы — в живые организмы, а из них — в окружающую среду, пополняя таким образом неживое вещество биосферы. Эти процессы повторяются бесконечное число раз. Так, например, весь атмосферный кислород проходит через живое вещество за 2 тыс. лет, весь углекислый газ — за 200—300 лет.

Непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере по более или менее замкнутым путям называется биогеохимическим циклом. Необходимость такой циркуляции объясняется ограниченностью их запасов на планете. Чтобы обеспечить бесконечность жизни, химические элементы должны совершать движение по кругу. Круговорот каждого химического элемента является частью общего грандиозного круговорота веществ на Земле, т. е. все круговороты тесно связаны между собой.

Круговорот веществ, как и все происходящие в природе процессы, требует постоянного притока энергии. Основой биогенного круговорота, обеспечивающего существование жизни, является солнечная энергия. Связанная в органических веществах энергия по ступеням пищевой цепи уменьшается, потому что большая ее часть поступает в окружающую среду в виде тепла или же тратится

на осуществление процессов, происходящих в организмах, поэтому в биосфере наблюдается поток энергии и ее преобразование. Таким образом, биосфера может быть устойчивой только при условии постоянного круговорота веществ и притока солнечной энергии.

Вопрос 3. Биомасса

Биомасса — это общая масса живого вещества в биосфере. В настоящее время на Земле известны около 500 тыс. видов растений, более 1,5 миллионов видов животных. 93% их населяют сушу, а 7% являются обитателями водной среды (таблица).

Таблица. Биомасса организмов на Земле

Масса су- хого веще- ства	Континенты			Океаны			Общее количе- ство
	Зелёные растения	Живот- ные и микроор- ганизмы	Всего	Зелёные растения	Живот- ные и микроор- ганизмы	Всего	
Тонны	$2,4 \times 10^{12}$	$0,02 \times 10^{12}$	$2,42 \times 10^{12}$	$0,0002 \times 10^{12}$	$0,003 \times 10^{12}$	$0,0032 \times 10^{12}$	$2,4232 \times 10^{12}$
Проценты	99,2	0,8	100	6,3	93,7	100	

Из данных таблицы видно, что хотя океаны и занимают около 70% земной поверхности, однако они образуют всего 0,13% биомассы Земли.

Биомасса растений (фитобиомасса) на суше составляет 99% биомассы Земли, а биомасса животных (зообиомасса) — менее 1%.

Основную часть биомассы океанов (93,7%) составляет зообиомасса.

Биомасса суши

В направлении от полюсов к экватору содержание биомассы и многообразие видов, плотность жизни постепенно увеличиваются. В экваториальных биоценозах наблюдается острая конкуренция за обладание местом обитания, пищей, светом и кислородом. Под воздействием человека площади, где образуется биомасса, претерпевают очень большие изменения. Основную часть поверхности суши занимают биогеоценозы почвы.

Образование почвы происходит биогенным путём, она состоит из неорганических и органических веществ. Вне биосферы образование почвы невоз-

можно. Под воздействием микроорганизмов, растений и животных на горных породах начинает постепенно формироваться почвенный слой Земли. Накопленные в организмах биогенные элементы после их гибели и разложения опять переходят в почву.

Процессы, происходящие в почве, являются важным компонентом круговорота веществ в биосфере. Хозяйственная деятельность человека может привести к постепенному изменению состава почвы и гибели живущих в ней микроорганизмов. Вот почему необходима разработка мер разумного использования почвы.

Биомасса океана

Гидросфера играет важную роль в распределении тепла и влажности по планете, в круговороте веществ, поэтому она также оказывает мощное влияние на биосферу. Вода является важным компонентом биосферы и одним из наиболее необходимых факторов для жизни организмов. Основная часть воды находится в океанах и морях. В состав океанической и морской воды входят минеральные соли, содержащие около 60 химических элементов. Кислород и углерод, необходимые для жизни организмов, хорошо растворяются в воде. Водные животные в процессе дыхания выделяют углекислый газ, а растения в результате фотосинтеза обогащают воду кислородом.

Планктон

В верхних слоях океанических вод, достигающих в глубину 100 м, широко распространены одноклеточные водоросли и микроорганизмы, которые образуют *микропланктон* (от *греч.* plankton — блуждающий).

Около 30% фотосинтеза, осуществляющегося на нашей планете, происходит в воде. Водоросли, воспринимая солнечную энергию, превращают её в энергию химических реакций. В питании водных организмов основное значение имеет *планктон*.

Бентос

Организмы, ведущие донный образ жизни, называются *бентосом* (от *греч.* benthos — глубинный). Бактерии, живущие на дне океанов, превращают (минерализуют) органические вещества в неорганические.

Вопрос 4. Круговорот важнейших биогенных элементов (на примере углерода, азота и др.) в биосфере

Круговорот веществ — естественное циклическое движение химических элементов от одного компонента биосферы (или биоценоза) к другому, поддерживаемое потоком солнечной радиации. Основным средством этого круговорота

служат пищевые связи живых организмов. В воздушный круговорот включается 98,3% веществ (O₂, H₂, N, C и др.), в водный -1,7% (Na, Mg, Fe, S, Cl, K и др.).

Биологический круговорот — обмен веществ и энергии между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью живых организмов и носящий циклический характер. Движущая сила этого процесса — поток энергии Солнца и деятельность живого вещества.

Круговорот углерода

Углерод в природе находится в горных породах в виде известняка и мрамора. Большая часть углерода находится в атмосфере в виде углекислого газа. Из воздуха углекислый газ поглощается зелеными растениями, при фотосинтезе превращается в органические вещества, которые затем переходят по цепям питания, и снова углерод возвращается в атмосферу в виде углекислого газа, образующегося в результате метаболизма (дыхание, брожение), благодаря деятельности бактерий, разрушающих мертвые остатки растений и животных.

Круговорот азота — биогеохимический процесс в биосфере, в котором участвуют организмы-редуценты, а также нитрифицирующие и клубеньковые бактерии. Азот — важный химический элемент, входящий в состав белков и нуклеиновых кислот. Основная масса азота поступает из атмосферы благодаря азотфиксирующим бактериям. Они усваивают его и переводят в химические соединения, способные усваиваться растениями. Затем азот передается по цепям питания и возвращается в свободном виде в атмосферу. Аммонификация — разложение (гниение) белков с образованием аммиака (минерализация органического вещества) — осуществляется редуцентами. Нитрификация — процесс окисления солей аммиака в соли азотной кислоты: I этап — превращение аммиака в нитриты; II этап — превращение нитритов в нитраты. Осуществляется почвенными нитрифицирующими бактериями (нитрозомонас, нитрозабактер). Денитрификация — разложение солей азотной кислоты до образования газообразного азота — осуществляется почвенными денитрифицирующими бактериями. Азотфиксация — образование азотистых соединений путем фиксации атмосферного азота свободноживущими почвенными бактериями (азотобактер) или бактериями, живущими в симбиозе с корнями бобовых растений (клубеньковые бактерии ризобиум).

Круговорот воды в биосфере

Вода выпадает на поверхность Земли в виде осадков, образующихся из водяного пара атмосферы. Определенная часть выпавших осадков испаряется прямо с поверхности, возвращаясь в атмосферу водяным паром. Другая часть проникает в почву, всасывается корнями растений и затем, пройдя через расте-

ния, испаряется в процессе транспирации. Третья часть просачивается в глубокие слои подпочвы до водоупорных горизонтов, пополняя подземные воды. Четвертая часть в виде поверхностного, речного и подземного стока стекает в водоемы, откуда также испаряется в атмосферу. Наконец, часть используется животными и потребляется человеком для своих нужд. Вся испарившаяся и вернувшаяся в атмосферу вода конденсируется и вновь выпадает в качестве осадков.

Сера и фосфор, содержащиеся в горных породах, после их разрушения и эрозии попадают в почву (наземные экосистемы), часть фосфатов вовлекается в круговорот воды и уносится в море. Вместе с отмершими остатками фосфаты погружаются на дно. Одна часть из них используется, а другая теряется в глубинных отложениях. Из почвы серу и фосфор извлекают наземные растения, а из воды — водоросли. В результате деятельности редуцентов они вновь возвращаются в почву или в виде мертвого органического вещества оседают на дно и снова включаются в состав горных пород.

Таким образом, в результате круговорота веществ в биосфере происходит непрерывная **биогенная миграция элементов**.

Необходимые для жизни растений и животных химические элементы переходят из среды в организм. При разложении организмов эти элементы снова возвращаются в среду, откуда поступают в организм. В биогенной миграции элементов принимают участие различные организмы, в том числе и человек. В каждом биогеоценозе можно наблюдать *биологический круговорот элементов* — аккумуляцию и минерализацию. При наличии зеленых растений на поверхности суши и в верхних слоях моря образование живого вещества преобладает над минерализацией, а в почве и в глубинах моря — минерализация. Перенос химических элементов осуществляется также при переселении, миграциях, передвижениях живых организмов, спор, семян. *Биогенная миграция атомов*, осуществляемая микроорганизмами, превышает миграцию, производимую многоклеточными организмами. В последние десятилетия человеческая деятельность также оказывает влияние на миграцию атомов.

Вопросы для повторения

1. В чем заключается суть учения В. И. Вернадского о биосфере.
2. Объясните роль живых организмов в биосфере.
3. Дайте понятие, что такое биомасса.
4. Объясните круговорот углерода.
5. Объясните круговорот азота.

Тема: Биосфера и человек

Вопросы:

1. Изменения в биосфере

2. Последствия деятельности человека в окружающей среде

Вопрос 1. Изменения в биосфере

Человечество представляет собой небольшую биомассу в биосфере, но оно оказывает на нее грандиозное воздействие. Масштабы деятельности человечества расширяются благодаря постоянно растущей численности людей, стремительному ускорению научно-технического воздействия на природную среду.

В процессе природопользования человечество ежегодно перемещает на нашей планете более 4 трлн. т. вещества, создает тысячи новых химических соединений, большинство из которых не включается в круговорот веществ и в конечном счете накапливается в биосфере, вызывая ее загрязнение. В результате промышленной деятельности происходит загрязнение природной среды, сокращение уровня солнечной радиации над крупными географическими регионами.

В развитии биосферы наступил такой период, когда человек должен планировать свою хозяйственную деятельность таким образом, чтобы она не нарушала сложившиеся в этой гигантской экосистеме закономерности, не способствовала сокращению биомассы.

Деятельность человека особенно в последнее столетие начала резко менять состояние экосистем и биосферы в целом, что приводит к загрязнению атмосферы, воды и почвы, разрушению тысячелетиями сложившихся экосистем, исчезновению многих видов растений и животных. Сжигание в огромных количествах органического топлива приводит к снижению содержания кислорода и увеличению концентрации углекислого газа в атмосфере. Накопление углекислоты вызывает парниковый эффект, приводящий к повышению средней температуры у поверхности Земли, что может способствовать расширению площади пустынь, таянию ледников и повышению уровня Мирового океана.

Газы, молекулы которых способствуют накоплению тепла, – парниковыми газами. К ним относят оксид углерода, метан, оксид азота и фреоны, которые в XX в. начали широко применять для распыления лаков, красителей и в качестве хладагентов в холодильниках и кондиционерах.

До развития промышленности природные парниковые газы обеспечивали нагрев земной поверхности до $+15^{\circ}\text{C}$. С конца XVIII в. содержание CO_2 и CH_4 в атмосфере начало увеличиваться. Так, с 1960 по 1990 г. концентрация CO_2 возросла с 315 до 350 ppm, концентрация CH_4 с начала XIX в. почти удвоилась. Добавочное поступление CO_2 связано в основном со сжиганием топлива, а также со сведением лесов и минерализацией гумуса пахотных почв. Возрастание концентрации метана в атмосфере объясняют увеличением поголовья скота (CH_4 – один из продуктов метаболизма жвачных животных), переувлажнением земель при культивации риса и возрастанием добычи угля, в залежах которого этот газ накапливается.

Является ли добавочный парниковый эффект причиной повышения температуры Земли? Большинство климатологов отвечают на этот вопрос утвердительно. Глобальный нагрев атмосферы, по мнению ученых, на 50 % связан с CO_2 , на 18 % – с CH_4 , на 14 % – с фреонами и на 18 % – с другими газами, включая N_2O .

По прогнозам, если концентрация CO_2 в атмосфере достигнет 600 ppm, температура биосферы повысится на 1°C к 2025 г. и на 3°C к концу XXI столетия.

Ученые сегодня не могут сказать точно, с какой скоростью и как изменится климат, но определенные предсказания климатических сдвигов имеются. Наибольшие изменения наблюдаются в погоде: увеличение числа экстремально жарких дней, длительные засухи, сменяющиеся проливными дождями, страшные ураганы, штормы и смерчи, причудливые, непредсказуемые смены погоды. Потепление может изменить привычную, частично прогнозируемую схему зарождения тайфунов, привести к уменьшению количества осадков в основных зерновых районах – в США, Китае, Казахстане, к резкому уменьшению урожая риса в Азии (в этом регионе 60 % населения потребляют рис как основной продукт), вызвать усиление опустынивания в Африке и на Среднем Востоке, стать причиной гибели тропических лесов в Африке и Южной Азии.

Частичное таяние льдов и подъем уровня Мирового океана, вызванные потеплением, страшны тем, что большинство людей живут на побережьях. Подъем моря на 1 м. приведет к затоплению 25 % дельты Нила в Египте, а в Бангладеш под водой может оказаться от 12 до 28 % территории страны. Под угрозой находятся огромные прибрежные города США, Индии, Китая.

Изменение климата может привести к усилению голода в странах третьего мира, к ужесточению конфликтов из-за воды рек, используемых несколькими странами, к росту беженцев, к увеличению напряженности между сопредельными странами, куда хлынут их потоки. Таким образом, изменение климата, обусловленное нарушением газового режима атмосферы, неизбежно вызовет сдвиги экологического и социального характера в биосфере и мировом сообществе.

В последнее время отмечено ослабление озонового слоя атмосферы из-за оксида азота и фреонов. Разрушение озонового экрана может способствовать повышенному попаданию на поверхность Земли губительных для жизни ультрафиолетовых лучей.

Роль озонового слоя для биосферы исключительная: он поглощает, не пропуская к поверхности Земли, ультрафиолетовое излучение, смертоносное для живых организмов.

Уже на протяжении многих лет отмечается ослабление озонового слоя, что связано с попаданием в верхние слои атмосферы оксида азота (II) и фреонов.

В 80-е гг. появился новый тревожный феномен – образование озоновых дыр (в 1982 г. дыра была обнаружена над Антарктидой, а в 1987 г. – над Северным полюсом). Ученые опасаются, что озоновые дыры могут в ближайшее время возникнуть над Скандинавией, Россией, Канадой.

В результате промышленных выбросов и транспортных отходов (сернистого газа, углерода, тяжелых металлов), чрезмерного использования удобрений, сбросов отходов животноводства возникает загрязнение атмосферы и водоемов.

Особенную опасность представляют кислотные дожди, выпадающие из-за загрязнения воздуха сернистым газом и вызывающие гибель лесов и обитателей водоемов. Резко отрицательное воздействие на водоемы оказывает также бесконтрольное использование воды для сельскохозяйственных и промышленных целей, строительство гидросооружений, особенно гидроэлектростанций, мероприятия по орошению и осушению земель. В результате этой деятельности погибло много малых рек, и даже такие крупные водоемы, как Аральское море.

Важную роль в происходящих биосферных процессах играет также разрушение среды обитания многих видов животных и растений: вырубка лесов, распашка степей. Следует понимать, что экосистемы и биосфера в целом являются настолько тонко сбалансированными системами, что иногда даже слабые воздействия способны нарушить сложившееся в них равновесие. Вот почему ни одно строительство или хозяйственное мероприятие не должно осуществляться без предварительной квалифицированной экологической экспертизы.

Вопрос 2. Последствия деятельности человека в окружающей среде

Уничтожение лесов. На протяжении всего послевоенного времени наблюдается сведение лесов. Особое беспокойство вызывает разрушение тропических лесов. Началось массовое заболевание и гибель лесов Европы и Северной Америки из-за глобального загрязнения атмосферы, вод и почв. Самая большая беда наших лесов – заготовка древесины в огромных масштабах. Вследствие интенсивных рубок практически уничтожены хвойные леса Центральной России, неуклонно сокращаются лесосырьевые ресурсы и сводятся леса в Сибири и на Дальнем Востоке.

Уничтожение лесов вызывает кардинальные изменения климатических условий, водного режима, состояния почв.

Состояние почв. На поверхности нашей планеты идет непрерывное уничтожение почвенного покрова. Если этот процесс не будет остановлен, то, по прогнозу ООН, к концу тысячелетия будет утрачено до трети земель.

Кроме эрозии – потери верхнего плодородного слоя почвы в результате его сноса текущими водами или ветром – неблагоприятное воздействие на почву оказывает их полив при плохой системе дренажа. При неправильном регулировании режимов полива и сброса дренажных вод грунтовые воды, часто несущие соли, поднимаются к поверхности почв и засоляют ее верхние горизонты. Засоленные почвы непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур и требуют очень больших затрат для их восстановления.

Потеря биоразнообразия. Ученые считают, что на Земле обитает от 5 до 30 млн. видов, хотя описано около 1,7 млн. Совокупность всех видов составляет биоразнообразие Земли. От половины до 80 % (по разным оценкам) видов планеты живет в тропических лесах, хотя последние занимают всего 7 % территории Земли. Так, в дождевом лесу Панамы на площади 50 га ученые обнаружили около 300 видов деревьев и кустарников, в Малайзии на такой же площади – 835

видов деревьев. По направлению к Северному полюсу биоразнообразие снижается. Например, в штате Вашингтон на 50 га растет около 40, а в Западной Сибири – 5–6 видов деревьев.

Разрушение тропических лесов уже привело к гибели около 6000 видов. Тропические леса в основном принадлежат бедным государствам с быстрым ростом народонаселения. Эти страны вынуждены экспортировать древесину, сжигать леса, чтобы построить дороги и города, вырастить урожай. К сожалению, почвы тропических лесов очень бедны, за 2–3 года они истощаются и вновь требуется вырубка лесов.

Виды гибнут не только в тропиках. Везде, где разрушаются экосистемы или сильно сокращается их площадь, исчезают виды.

Деятельность человека создает новую искусственную оболочку земли – ноосферу.

Ноосфера – это состояние биосферы, где разумная деятельность человека становится определяющим фактором ее развития.

Понятие ноосферы как сферы разума было введено Э. Леруа и П. Тейером де Шарденом в 1927 году. Учение о ноосфере было создано и развито В. И. Вернадским в 40-х годах XX века. Вернадский понимал ноосферу как особую структурную форму, развивающуюся в результате взаимодействия человеческого общества и биосферы.

Вопросы для повторения

1. Какие изменения происходят в биосфере.
2. Приведите примеры последствия деятельности человека в окружающей среде.
3. Объясните выражение «Леса - легкие планеты»

Тема: Бионика как одно из направлений биологии

Вопросы:

- 1) Бионика как наука
- 2) Особенности строения, функционирования живых организмов, используемые человеком
- 3) Основные направления бионики
- 4) Перспективы развития науки
- 5) Биокомпьютинг, робототехника

Вопрос 1. Бионика как наука

Бионика (от греч. βίην - элемент жизни, буквально - живущий), наука, пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе моделирования структуры и жизнедеятельности организмов. Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками - электроникой, навигацией, связью, морским делом и др.

Бионика - наука об использовании в технике знаний о конструкции, принципе и технологическом процессе живого организма. Основу бионики составляют исследования по моделированию различных биологических организмов.

Прародителем бионики считается Леонардо да Винчи. Его чертежи и схемы летательных аппаратов были основаны на строении крыла птицы. В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществляли моделирование орнитоптера.

Из современных ученых можно назвать имя Осипа М.Р. Дельгадо. С помощью своих радиоэлектронных приборов он изучал неврологическо-физические характеристики животных. И на их основе пытался разработать алгоритмы управления живыми организмами.

Основные направления бионики

Создание модели в бионике — это половина дела. Для решения конкретной практической задачи необходима не только проверка наличия интересующих практику свойств модели, но и разработка методов расчета заранее заданных технических характеристик устройства, разработка методов синтеза, обеспечивающих достижения требуемых в задаче показателей.

И поэтому многие бионические модели, до того как получают техническое воплощение, начинают свою жизнь на компьютере. Строится математическое описание модели. По ней составляется компьютерная программа - бионическая модель. На такой компьютерной модели можно за короткое время обработать различные параметры и устранить конструктивные недостатки.

Сегодня бионика имеет несколько направлений.

Архитектурно-строительная бионика изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспече-

ния надежности. Нейробионика изучает работу мозга, исследует механизмы памяти. Интенсивно изучаются органы чувств животных, внутренние механизмы реакции на окружающую среду и у животных, и у растений.

Яркий пример архитектурно-строительной бионики, полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений. Стебли злаковых растений способны выдерживать большие нагрузки и при этом не ломаться под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение. В чем же секрет? Оказывается, их строение сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб, одним из последних достижений инженерной мысли. Обе конструкции полые. Склеренхимные тяжи стебля растения играют роль продольной арматуры. Междоузлия стеблей, кольца жесткости. Вдоль стенок стебля находятся овальные вертикальные пустоты. Стенки трубы имеют такое же конструктивное решение. Роль спиральной арматуры, размещенной у внешней стороны трубы в стебле злаковых растений, выполняет тонкая кожица. Однако к своему конструктивному решению инженеры пришли самостоятельно, не «заглядывая» в природу. Идентичность строения была выявлена позже.

В последние годы бионика подтверждает, что большинство человеческих изобретений уже «запатентовано» природой. Такое изобретение XX века, как застежки «молния» и «липучки», было сделано на основе строения пера птицы. Бородки пера различных порядков, оснащенные крючками, обеспечивают надежное сцепление.

Известные испанские архитекторы М. Р. Сервера и Х. Плез, активные приверженцы бионики, с 1985 года начали исследования «динамических структур», а в 1991 году организовали «Общество поддержки инноваций в архитектуре». Группа под их руководством, в состав которой вошли архитекторы, инженеры, дизайнеры, биологи и психологи, разработала проект «Вертикальный бионический город-башня». Через 15 лет в Шанхае должен появиться город-башня (по прогнозам ученых, через 20 лет численность Шанхая может достигнуть 30 млн человек). Город-башня рассчитан на 100 тысяч человек, в основу проекта положен «принцип конструкции дерева».

Башня-город будет иметь форму кипариса высотой 1128 м с обхватом у основания 133 на 100 м., а в самой широкой точке 166 на 133 м. В башне будет 300 этажей, и расположены они будут в 12 вертикальных кварталах по 80 этажей. Между кварталами, перекрытия-стяжки, которые играют роль несущей конструкции для каждого уровня-квартала. Внутри кварталов, разновысокие дома с вертикальными садами. Эта тщательно продуманная конструкция аналогична строению ветвей и всей кроны кипариса. Стоять башня будет на свайном фундаменте по принципу гармошки, который не заглубляется, а развивается во все стороны по мере набора высоты, аналогично тому, как развивается корневая система дерева. Ветровые колебания верхних этажей сведены к минимуму: воздух легко проходит сквозь конструкцию башни. Для облицовки башни будет использован специальный пластичный материал, имитирующий пористую поверхность кожи. Если строительство пройдет успешно, планируется построить еще несколько таких зданий-городов.

В архитектурно-строительной бионике большое внимание уделяется новым строительным технологиям. Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки, например у широко распространенного «морского уха», состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок. Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше. Такая технология может быть использована и для покрытия автомобилей.

Основными направлениями нейробионики являются изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток-нейронов и нейронных сетей. Это дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику.

Нервная система живых организмов имеет ряд преимуществ перед самыми современными аналогами, изобретенными человеком:

1. Гибкое восприятие внешней информации, независимо от формы, в которой она поступает (почерк, шрифт, цвет, тембр и т. д.).

2. Высокая надежность: технические системы выходят из строя при поломке одной или нескольких деталей, а мозг сохраняет работоспособность при гибели даже нескольких сотен тысяч клеток.

3. Миниатюрность. Например, транзисторное устройство с таким же числом элементов, как головной мозг человека, занимало бы объем около 1000 м³, тогда как наш мозг занимает объем 1,5 дм³.

4. Экономичность потребления энергии, разница просто очевидна.

5. Высокая степень самоорганизации, быстрое приспособление к новым ситуациям, к изменению программ деятельности.

Эйфелева башня и берцовая кость

К 100-й годовщине Великой французской революции в Париже была организована всемирная выставка. На территории этой выставки планировалось воздвигнуть башню, которая символизировала бы и величие Французской революции, и новейшие достижения техники. На конкурс поступило более 700 проектов, лучшим был признан проект инженера-мостовика Александра Гюстава Эйфеля. В конце XIX столетия башня, названная именем своего создателя, поразила весь мир ажурностью и красотой. 300-метровая башня стала своеобразным символом Парижа. Ходили слухи, будто бы построена башня по чертежам неизвестного арабского ученого. И лишь спустя полстолетия биологи и инженеры сделали неожиданное открытие: конструкция Эйфелевой башни в точности повторяет строение большой берцовой кости, легко выдерживающей тяжесть человеческого тела. Совпадают даже углы между несущими поверхностями. Это еще один показательный пример бионики в действии.

Использование в дизайне законов и форм живой природы вполне правомерно. В основе эволюции живых организмов и графических изображений лежат одни и те же принципы, определяемые взаимодействием форм и функций.

В мире все взаимообусловлено. Существуют законы, объединяющие весь мир в единое целое и порождающие объективную возможность использования в

искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения живой природы и ее форм.

Правомерность биодизайна предопределяется не только биологическим и техническим единством человечества и окружающего мира, но и особенностями человеческого познания. Человеческий разум в большей степени формируется под влиянием процессов, происходящих в природе.

В своей творческой деятельности человек постоянно, сознательно или интуитивно, обращается за помощью к живой природе. Для всей истории биодизайна характерно использование чисто внешних очертаний природных форм.

Причины особого внимания дизайнеров к законам формообразования живой природы заключаются в том, что графический дизайн как особый вид искусства имеет непосредственную связь с материальным производством, для которого создается изобразительный образ - торговый знак.

Живая природа имеет тенденцию в процессе своего развития стремиться к всемерной экономии энергии, строительного материала и времени. Закон минимума в живой природе обусловлен органической целесообразностью существования. Все это привело к мысли о возможности использования закономерностей формообразования живых структур именно в конструктивном плане, а не с целью лишь каких-то формальных поисков.

Наиболее ответственный этап в работе дизайнера - это исследование живой природы. На этом этапе неизбежно встает вопрос, что выбирать в природе и как выбирать. Основным методом биодизайна является метод функциональных аналогий, или сопоставления принципов и средств формообразования объектов дизайна и живой природы. Отбирать необходимые формы живой природы помогает чувство графической формы.

Работа дизайнера с природными аналогами заключается не в простом сравнении, а в изыскании методов и способов графического моделирования биологических процессов.

Работая над проектом, дизайнер тщательно проводит сравнительный анализ «живой» и искусственной техники, сопоставляет технические характеристики живых объектов и созданной руками человека аппаратуры и потом делает заключение о целесообразности применения в графике тех или иных изобразительных форм. Анализируя природную форму, художник-дизайнер стремится осмыслить ее тектонику, которую, как бы сложна она ни была, нельзя рассматривать как случайное сочетание объемов. Гармоничность ее развивается по строго определенным законам и принципам. Для восприятия гармонии, закономерности строения, образности природной формы требуется определенная подготовленность.

В природных формах главным является конструктивно-композиционная группировка элементов, их ритмика. Речь идет именно о композиционно подчеркнутых сгущениях - отдельных группах в пределах целостного организма, есть достаточно примеров разнообразных акцентов композиционной структуры в общей упорядоченности, от которых можно оттолкнуться при проектировании.

Каждая природная форма имеет свои, присущие лишь ей черты. Если

форма природного аналога состоит из многих сложно организованных элементов, то получаемый при ее восприятии ассоциативный сигнал сразу может не иметь столь четкого характера. Но в ходе тщательного анализа, отбора, сравнений знак проявляется и достигает полного звучания. Бионика в графическом дизайне это одновременно наука и искусство, это анализ и синтез, поиск оригинального, нового. Изучение форм живой природы питает фантазию дизайнеров, дает материал и помогает решать проблему гармонии функционального и эстетического начала, обогащая формальные средства гармонизации в поисках наиболее выразительных пропорций, ритма, симметрии, асимметрии и т. д.

Дизайнер делает подробные зарисовки всех разновидностей природного образца, затем путем формообразующих линий, осевых и линий членения анализирует природную форму и разрабатывает графический образец.

Конкретность живых форм, нашедших свое применение в фирменном знаке, выделяет эти знаки из числа других.

В работе с природными аналогами особую роль играют художественные данные человека и его интуиция. Интуиция помогает дизайнеру справиться со своей задачей значительно быстрее, чем при условии, что он будет действовать, всегда основываясь только на рациональных методах. Правда, решения, подсказанные интуицией, нуждаются во внимательной научной проверке, тем не менее, значение их очень велико.

Необходимость изучения биологических форм для дизайнера подчеркивается еще и тем, что они масштабно выдержаны и пропорционально безукоризненны, конструктивно и функционально обусловлены.

Гармония красоты и целесообразности в природе - поистине неисчерпаемый источник средств гармонизации формы, к которому постоянно обращались творцы шедевров архитектуры и искусства. Витрувий, Леон Альберти, Палладио, Ле Корбюзье, И. В. Жолтовский, А. В. Щусев неустанно искали закономерности строения прекрасной формы, вытекающей из законов природы.

Чаще всего природная форма, примененная в графическом образе, видоизменяется под действием стилизации, но не настолько, чтобы не быть узнаваемой.

Но без знания принципов и общих законов формообразования природы нельзя понять ту или иную форму.

При первом взгляде на окружающий нас предметный мир может показаться, что бионика как будто не проявляется в творениях человеческих рук столь непосредственно, однако в действительности ее влияние на предметный мир в целом и на графический дизайн в частности глубоко и устойчиво.

Применение бионики в системе дизайна будит творческую мысль, заставляет думать, искать, познавать законы природы.

Вопрос 2. Особенности строения, функционирования живых организмов, используемые человеком

Наиболее продвинувшиеся исследования в бионике - это разработка био-

логических средств обнаружения, навигации и ориентации; комплекс исследований, связанных с моделированием функций и структур мозга высших животных и человека; создание систем биоэлектрического управления и исследования по проблеме «человек-машина». Эти направления тесно связаны друг с другом. Анализ и синтез устройств, которые обеспечивают решение основных задач обработки информации, - общая цель всех четырех названных направлений. Именно проблемы, связанные с созданием разнообразной информационной техники, привлекают главное внимание бионики.

Давно известно, что птицы, рыбы, насекомые очень чутко и безошибочно реагируют на изменения погоды. Низкий полет ласточек предвещает грозу. По скоплению медуз у берега рыбаки узнают, что можно отправляться на промысел, море будет спокойным. Животные-«биосиноптики» от природы наделены уникальными сверхчувствительными «приборами». Задача бионики, не только найти эти механизмы, но и понять их действие и воссоздать его в электронных схемах, приборах, конструкциях.

Изучение сложной навигационной системы рыб и птиц, преодолевающих тысячи километров во время миграций и безошибочно возвращающихся к своим местам для нереста, зимовки, выведения птенцов, способствует разработке высокочувствительных систем слежения, наведения и распознавания объектов.

В настоящее время большим вкладом в ход научно-технического прогресса являются исследования анализаторных систем животных и человека. Эти системы столь сложны и чувствительны, что пока еще не имеют себе равных среди технических устройств. Например, термочувствительный орган гремучей змеи различает изменения температуры в $0,0010\text{ C}$; электрический орган рыб (скатов, электрических угрей) воспринимает потенциалы в $0,01$ микровольта, глаза многих ночных животных реагируют на единичные кванты света, рыбы чувствуют изменение концентрации вещества в воде 1 мг/м^3 ($=1\text{ мкг/л}$).

Многие живые организмы имеют такие анализаторные системы, которых нет у человека. Например, у кузнечиков на 12-м членике усиков есть бугорок, воспринимающий инфракрасное излучение. У акул и скатов есть каналы на голове и в передней части туловища, воспринимающие изменения температуры в $0,10\text{ C}$. Устройство, воспринимающее радиоактивное излучение, имеют улитки, муравьи и термиты. Многие реагируют на изменения магнитного поля (в основном птицы и насекомые, совершающие дальние миграции). Есть те, кто воспринимает инфра- и ультразвуковые колебания: совы, летучие мыши, дельфины, киты, большинство насекомых и т. д. Глаза пчелы реагируют на ультрафиолетовый свет, таракана -- на инфракрасный и т. д.

Есть еще многие системы ориентации в пространстве, устройство которых пока не изучено: пчелы, и осы хорошо ориентируются по солнцу, самцы бабочек (например, ночной павлиний глаз, бражник мертвая голова и т. д.) отыскивают самку на расстоянии 10 км . Морские черепахи и многие рыбы (угри, осетры, лососи) уплывают на несколько тысяч километров от родных берегов и безошибочно возвращаются для кладки яиц и нереста к тому же самому месту, откуда сами начали свой жизненный путь. Предполагается, что у них есть две системы

ориентации -- дальняя, по звездам и солнцу, и ближняя -- по запаху (химизм прибрежных вод).

Почему же при современном уровне развития техники природа настолько опережает человека? Во-первых, чтобы понять устройство и принцип действия живой системы, смоделировать ее и воплотить в конкретных конструкциях и приборах, нужны универсальные знания. А сегодня, после длительного процесса дробления научных дисциплин, только начинает обозначаться потребность в такой организации знаний, которая позволила бы охватить и объединить их на основе единых всеобщих принципов. И бионика здесь занимает особое положение.

Во-вторых, в живой природе постоянство форм и структур биологических систем поддерживается за счет их непрерывного восстановления, поскольку мы имеем дело со структурами, которые непрерывно разрушаются и восстанавливаются. Каждая клетка имеет свой период деления, свой цикл жизни. Во всех живых организмах процессы распада и восстановления компенсируют друг друга, и вся система находится в динамическом равновесии, что дает возможность приспособляться, перестраивая свои конструкции в соответствии с изменяющимися условиями. Основным условием существования биологических систем является их непрерывное функционирование. Технические системы, созданные человеком, не имеют внутреннего динамического равновесия процессов распада и восстановления, и в этом смысле они статичны. Их функционирование, как правило, периодически. Эта разница между природными и техническими системами очень существенна с инженерной точки зрения.

Живые системы значительно многообразнее и сложнее технических конструкций. Биологические формы часто не могут быть рассчитаны из-за их необычайной сложности. Мы просто еще не знаем законов их формирования. Тайны структурообразования живых организмов, подробности происходящих в них жизненных процессов, устройство и принципы функционирования можно узнать лишь с помощью самой современной аппаратуры, что не всегда доступно. Но даже при наличии новейшей техники очень многое остается «за кадром».

Японские инженеры и биологи установили в результате многочисленных экспериментов, что форма кита лучше, совершеннее формы современных судов. Было построено большое океанское «китоподобное» судно, и преимущества новой конструкции сказались тут же. При мощности двигателя, уменьшенной на четверть, скорость и грузоподъемность остались теми же.

Таким образом, изучение гидродинамических особенностей строения китов и дельфинов помогло создать особую обшивку подводной части кораблей, которая обеспечивает повышение скорости на 20-25% при той же мощности двигателя. Называется эта обшивка «ламинфло» и, аналогично коже дельфина, не смачивается и имеет эластично-упругую структуру, что устраняет турбулентные завихрения и обеспечивает скольжение с минимальным сопротивлением.

Такой же пример можно привести из истории авиации. Долгое время проблемой скоростной авиации был флаттер, внезапно и бурно возникающие на определенной скорости вибрации крыльев. Из-за этих вибраций самолет разва-

ливался в воздухе за несколько секунд. После многочисленных аварий конструкторы нашли выход -- крылья стали делать с утолщением на конце. Через некоторое время аналогичные утолщения были обнаружены на концах крыльев стрекозы. В биологии эти утолщения называются птеростигмы. Новые принципы полета, бесколесного движения, построения подшипников и т. д. разрабатываются на основе изучения полета птиц и насекомых, движения прыгающих животных, строения суставов.

Особенно следует подчеркнуть значение рожденного в практике бионических исследований специального подхода к организации и ведению научного исследования - бионического подхода. Он возможен в любом техническом исследовании. Бионический подход - это искусство применения биологии для небιологических целей. Бионический подход в научном исследовании в современных условиях лучше всего осуществляется тогда, когда над общей проблемой работают сообща биологи и инженеры. Дружная работа различных специалистов, преодоление профессиональных «перегородок», выработка понимания друг друга с полуслова, создание единых методов работы - все это, как правило, помогает решать трудные задачи. Постоянные поиски сравнений интересующего объекта, явления, процесса, свойства, характеристики и т.д. с чем-то подобным в живой природе, скрупулезный анализ найденных аналогий и связей, границ их применимости - в этом существо бионического подхода. Работа на стыке наук и особенно в непосредственной связи с биологией - столбовая дорога развития всех разделов современной науки, техники и практического производства.

Бионики в течение многих лет изучали, какую скорость развивают некоторые степные животные, птицы, насекомые, рыбы. Ведь известно, человек давно «перекрыл» скоростные рекорды и голубой акулы, делающей до 70 км/час, и самых быстроногих кузнечиков, которые могут скакать со скоростью в пределах от 10 до 60 км/час!

Но инженеров-транспортников интересуют задачи маневренности, гибкости управления, которые «мимолетно» решают и птицы, и рыбы, и насекомые.

Бионический принцип положен и в основу отечественной снегоходной машины «Пингвин». Она полностью оправдывает свое название. Как движутся по рыхлому снегу пингвины? На брюхе, отталкиваясь от снега лапами, как лыжными палками, Так же, лежа на снегу днищем и отталкиваясь от снега колесными спицами, будет скользить по поверхности и «Пингвин» механический. Конструкторы рассчитали, что машина при весе в 1300 кг будет двигаться со скоростью 50 км/час.

Помогает бионика и химикам. Химики-органики, изучающие и создающие полимерные материалы, большое внимание уделяют «технологии» природы, когда она создает чрезвычайно сложные химические соединения. И на основе опять-таки примера природы сейчас работают «живые фабрики». Здесь получают антибиотики, витамины, белки, жиры, аминокислоты.

Также ученые усиленно ищут биологические средства защиты от опасных излучений. Надеются построить живые фильтры для очистки воды и почвы от радиоактивности.

Пришли к мысли и о биологизации производства: незачем пропадать «даровым» машинам и приборам природы. Давно известно, что химический состав растений может указать на присутствие полезных ископаемых. Мед пчел, «сладкая карта», говорящая геологам о залежах руд в районе сбора нектара. В морях и океанах животные, водоросли, бактерии, микробы накапливают в своих организмах химические элементы. Нельзя ли это «морское население» заставить добывать ценные вещества для человека?

Возможно, развитие бионики уже в скором времени сделает многое непривычным в мире техники. И самые неожиданные сюрпризы ждут нас в разработке различных приборов обнаружения, методах добычи полезных ископаемых и производства веществ. А в технике -- и этого ожидают -- появятся такие системы управления, куда будут «встроены» новые, биологические машины. Заглядывая далеко вперед, ученые предсказывают наступление подлинной биоэры.

Контур ее пытаются обрисовать уже сегодня, основываясь на первых успехах бионики. Иногда говорится, что в будущем, по примеру живой природы, мы начнем строить орнитоптеры, быстроходные подводные лайнеры, вездеходы для путешествий по Луне, Марсу, Венере и другим планетам; воздвигать на Земле лучезарные города из домов-деревьев и сказочной красоты поселения на дне морей и океанов; свободно ориентироваться в космосе, как птицы в воздухе; точно прогнозировать изменения погоды, наступление землетрясений и вулканических извержений; выращивать различные радиоэлектронные устройства, невиданные биомеханизмы, искусственные нейроны; строить белковые вычислительные машины... Прямое превращение солнечного света в одежду и продукты питания по образцу фотосинтеза, происходящего в каждом зеленом листе. Вместо громоздких машин -- искусственные мышцы. Управление самолетами, станками, автомобилями и ракетами простым усилием воли, мысли, без всяких штурвалов и рулей.

Смысл существования всех видов искусств, в том числе и архитектуры, заключается в воплощении чувств. Архитектура не относится к свободным формам искусства. Ее назначение - создание пространственной среды жизнедеятельности.

Мы всегда стремились к комфортабельному жилью. Для нас всегда было важно чтобы место где мы живем, работаем, отдыхаем соответствовало нашему внутреннему мироощущению. Но, к сожалению, в силу определенных обстоятельств Советская стройка не могла дать нам того, чего мы хотели. Только недавно, а именно 10-15 лет назад наше общество смогло воочию убедиться, что «хрущевки», «корабли» и «свечки» это все таки не предел мечтаний. Сегодняшний день отчетливо показывает, насколько тогда наша страна отставала от мирового строительства. Теперь же мы с вами можем с легкостью воплотить наши мечты об идеальном доме в жизнь.

Испокон веков великие умы зодчества ведут поиски новых архитектурных стилей. Начиная от Вавилонской башни и заканчивая архитектурными шедеврами нового Парижа человечество искало, находило, воплощало. Опять искало, опять находило и опять воплощало. И так по кругу до бесконечности.

Сегодня миру известно много архитектурных стилей: романский, готика,

ренессанс, барроко, романтизм, модерн, классицизм, неоклассицизм, бионика. Бесспорно, каждый из этих стилей по-своему интересен и достоин внимания.

Как уже упоминалось, само понятие бионика появилось в начале двадцатого века.

Первые попытки использовать природные формы в строительстве предпринял еще Антонио Гауди. Парк Гуэля, или как говорили раньше «Природа, застывшая в камне», Каза Батло, Каза Мила - ничего подобного избалованная архитектурными изысками Европа, да и весь мир, еще не видели. Эти шедевры великого мастера дали толчок к развитию архитектуры в бионическом стиле. В 1921 году бионические идеи нашли отражение в сооружении Рудольфа Штайнера Гетеанум, и с этого момента зодчие всего мира взяли бионику на «вооружение».

Со времен Гетеанума и до сегодняшних дней в бионическом стиле было построено большое количество как отдельно взятых зданий, так и целых городов. Сегодня современное воплощение органической архитектуры можно наблюдать в Шанхае - дом «Кипарис», в Нидерландах - здание правления NMB Bank, Австралии - здание Сиднейской оперы, Монреале - здание Всемирного выставочного комплекса, Японии - небоскреб SONY и музей плодов.

С недавнего времени бионическую архитектуру можно увидеть и в России. В 2003 году в Санкт-Петербурге по проектам архитектора Бориса Левинсона были построен «Дом Дельфин» и оформлен холл известной клиники «Меди-Эстетик».

Восприятие бионического пространства

Что же такое сооружение в бионическом стиле?

Если вспомнить дизайн домов хоббитов в фильме «Властелин колец», то в некоторой степени можно сказать, что эти дома построены по всем законам бионики, но, по правде говоря, режиссер фильма только лишь ограничился элементами органической идеи.

Первое впечатление о здании в бионическом стиле - постройки выбиваются из правильной геометрии. Природные формы объекта будят воображение. В бионике стены подобны живым мембранам. Пластичные и протяженные стены и окна выявляют направленную сверху вниз силу нагрузки и противодействующую ей силу сопротивления материалов. Благодаря ритмической игре меняющихся вогнутых и выпуклых поверхностей стен сооружений кажется, что здание дышит. Здесь стена уже не просто перегородка, она живет подобно организму.

Прав был Великий Антонио Гауди, сказав, что «Архитектор не должен отказываться от красок, а напротив использовать их для придания жизни формам и объемам. Цвет - это дополнение формы и самое яркое проявление жизни». Только представьте, войдя в органическое здание, вы ощущаете себя погруженным в чудесный мир, наполненный светом прозрачного цвета. Цвет создает особый мир интерьера, оживляя и открывая материалы, просвечивающиеся под слоем краски. Цвет живет и движется по своим законам. Создается впечатление, что он влияет на усиление либо ослабление функций здания и пространства.

В бионическом строении благодаря постоянно меняющемуся балансу взаимодействия желаний и пространственных возможностей человек испытывает ощущение движения - в покое, и покоя - в движении пространства. Малейшее

движение сдвигает баланс сил, благодаря чему меняется восприятие пространства. Постоянство и изменение, симметрия и асимметрия, защищенная интимность и широкая открытость существуют в хрупком равновесии. И в движении, и в покое всегда присутствует ощущение равновесия.

В своей сущности бионика, как архитектурный стиль, стремится создать такую пространственную среду, которая бы всей своей атмосферой стимулировала именно ту функцию здания, помещения, для которой последние предназначены. В бионическом доме спальня будет спальней, гостиная - гостиной, кухня - кухней.

Рудольф Штайнер говорил: «Духовный аспект создания бионических форм связан с попыткой осознать предназначение человека. В соответствии с этим архитектура трактуется как «место», где раскрывается смысл человеческого бытия».

Прародителем бионики считается Леонардо да Винчи. Его чертежи и схемы летательных аппаратов были основаны на строении крыла птицы. В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществляли моделирование орнитоптера.

Бионика широко используется в дизайне. Такое использование происходит в двух направлениях - заимствование чисто внешней формы и построение механизмов, сооружений, мебели на основании закономерностей, «подсмотренных» у природы.

Живые системы значительно многообразнее и сложнее технических конструкций. Биологические формы часто не могут быть рассчитаны из-за их необычайной сложности. Мы просто еще не знаем законов их формирования. Тайны структурообразования живых организмов, подробности происходящих в них жизненных процессов, устройство и принципы функционирования можно узнать лишь с помощью самой современной аппаратуры, что не всегда доступно.

Вопрос 3. Основные направления бионики

Бионика имеет несколько направлений:

- Архитектурно-строительная бионика;
- Нейробионика.

Основным методом биодизайна является метод функциональных аналогий. Применение бионики в системе дизайна будит творческую мысль, заставляет думать, искать, познавать законы природы.

Наиболее продвинувшиеся исследования в бионике - это разработка биологических средств обнаружения, навигации и ориентации; комплекс исследований, связанных с моделированием функций и структур мозга высших животных и человека; создание систем биоэлектрического управления и исследования по проблеме «человек-машина».

Вопрос 4. Перспективы развития науки

Бионика – это наука, которая находится где-то на границе техники и биологии. Она позволяет решать разнообразные технические задачи с помощью принципов, свойств и структуры живых организмов. Действительно, зачем при-

думывать велосипед, если эволюция отсеяла для нас самые лучшие и эффективные механизмы. Взять только известную каждому застежку-липучку или водоталкивающие материалы, которые базируются на «эффекте лотоса». Кроме этого, мало кто знает, что автомобильные шасси в 98% случаях изготавливаются по принципам живой природы: простота деталей достигается благодаря подражанию костям живых организмов, а разветвления в «скелете» авто, ориентируясь на деревья. Новый всплеск развитие этой науки можно объяснить следующими факторами: - во-первых, уровень развития современных технологий позволяет реализовать принципы, о реализации которых мы могли только мечтать; - во-вторых, дефицит сырья (энергетически кризис) заставляет обращаться к более эффективным и энергосберегающим технологиям. Другими словами, человек, набравшись какого-никакого опыта, решает опереться только на самые надежные и проверенные принципы.

Рассмотрим несколько интересных примеров. Уровень развития современных нанотехнологий позволил ученым реализовать технологию NanoForceGripper. Она базируется на принципе работы ящерицы-геккона, который, как известно, может прилепиться к любой твердой поверхности. Подобные нанотехнологии используются в изготовлении нано-ковриков для автомобилей или для изготовления специальных корпусов для смартфонов и планшетов. К этой поверхности очень крепко «прилипают» любые предметы. Так просто их не отцепить – чтобы это сделать, нужно просто повернуть предмет по часовой стрелке.

Папоротник *Salvinia molesta* – это растение, которое имеет на своей поверхности много тонких волосков, на которых удерживается воздух. В результате, будучи под водой, папоротник *Salvinia* остается абсолютно сухим. Реализация подобного принципа предвещает небывалые перспективы в судоходстве. Подводная часть корпуса корабля покрывается специальной краской. Наличие на ней миллиардов пузырьков с воздухом позволяет снизить расход топлива судна на 10%. Над улучшением технологией сейчас активно работают специалисты теоретической судостроения и теоретической физики. К слову, для подобных целей судостроители используют специальные вещества, которые имитируют рыбу-слизь, чтобы уменьшить трение между водой и кормой корабля.

На выставке EXPO 2012 был представлен фасад Flectofin – еще одно детище бионики. При открытии и закрытии он имитирует движение лепестков цветка, что экономит немало энергии. Хитрости термитов используют архитекторы при проектировании систем вентиляции высотных зданий. А специалисты в области информационных технологий изучают принципы поведения птичьих стай и косяков рыб для того, чтобы разработать максимально эффективные системы управления потоками автомобилей и транспорта.

Бионика – наука будущего. Год за годом бионические принципы все больше внедряются в наш быт. Вопрос подобных технологий, безусловно, относится не только к проблеме оптимизации человеческой деятельности, но и к проблеме сближения человека и природы. Развитие современной науки, видимо, предвещает возврат человека к своим истокам, но только на новом технологическом и ментальном уровне.

Вопрос 5. Биокomпьютинг, робототехника

Биокomпьютинг — биологическое направление в искусственном интеллекте, сосредоточенное на разработке и использовании компьютеров, которые функционируют как живые организмы или содержат биологические компоненты, так называемые биокomпьютеры.

Родоначальником биологического направления в кибернетике является У. Мак-Каллок, а также последующие идеи М. Конрада, которые привели к направлению — биомолекулярная электроника. В отличие от понимания искусственного интеллекта по Джону Маккарти, когда исходят из положения о том, что искусственные системы не обязаны повторять в своей структуре и функционировании структуру и протекающие в ней процессы, присущие биологическим системам, сторонники данного подхода считают, что феномены человеческого поведения, его способность к обучению и адаптации, есть следствие именно биологической структуры и особенностей её функционирования.

К. Заенер и М. Конрад сформулировал понятие о *индивидуальной машине*, в противоположность универсальному компьютеру «фон Неймана». Данное понятие базируется на следующих положениях:

1. Универсальная машина не может решать любую проблему так же эффективно, как машина специально сконструированная для её решения;
2. Жесткая программа подразумевает последовательное выполнение операций, т.е. неэффективное использование вычислительных ресурсов;
3. Программу легко разрушить, если извне ввести случайные изменения. Поэтому невозможно шаг за шагом вносить малые изменения и постепенно менять структуру программы.

Поэтому основные особенности *индивидуальной машины*, следующие:

1. Физическая структура машины определяет решение конкретной задачи;
2. Эволюция машины после ввода управляющих стимулов приводят к такому состоянию и/или структуре машины, которые могут быть интерпретированы как решение искомой задачи

Направления в исследованиях:

Биокomпьютинг позволяет решать сложные вычислительные задачи, организуя вычисления при помощи живых тканей, клеток, вирусов и биомолекул. Часто используют молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты, на основе которого создают ДНК-компьютер. Кроме ДНК, в качестве биопроцессора могут использоваться также белковые молекулы и биологические мембраны. Например, на основе бактериородопсин-содержащих пленок создают молекулярные модели перцептрона.

Вопросы для повторения:

1. Перечислите основные направления бионики.
2. Приведите примеры использования бионики в дизайне.
3. Приведите примеры приспособления растений и животных используемых человеком в промышленности.
4. Приведите примеры использования бионики в легкой промышленности.
5. Приведите примеры использования бионики в авиастроении.
6. Что такое биокomпьютинг робототехника?

Использованные источники

Литература:

1. Мамонтов С.Г., Захаров В.Б. Общая биология. М.: КНОРУС, 2020. 324 с.
2. Мустафин А.Г., Захаров В.Б. Биология. М.: КНОРУС, 2020. 424 с.
3. Колесников С.И. Общая биология. М.: КНОРУС, 2020. 288 с.
4. Глинка Н.Л. Общая химия. М.: КНОРУС, 2019. 748 с.
5. Артеменко А.И. Органическая химия. М.: КНОРУС, 2018. 528 с.
6. Артемова Э.К., Дмитриев Е.В. Основы общей и биоорганической химии. М.: КНОРУС, 2020. 248 с.
7. Мустафин А.Г. Биология: пособие для выпускников школ и поступающих в ВУЗы / под ред. проф. Е.Н. Ярыгина. М.: КНОРУС, 2019. 584 с.
8. Колесников С.И. Биология: пособие-репетитор. М.: КНОРУС, 2019. 537 с.
9. Кокорева В.В., Сюняева О.И. Основы химии. М.: КНОРУС, 2019. 187 с.
10. Сироткин О.С. Химия. М.: КНОРУС, 2019. 363 с.
11. Задачи и упражнения по общей химии / Н.Л. Глинка и др. М.: КНОРУС, 2018. 240 с.

Интернет-ресурсы:

1. Alhimik. Полезные советы, эффективные опыты, химические новости, виртуальный репетитор, консультации, казусы и ляпсусы, история химии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.alhimik.ru>.
2. С-BOOKS. Литература по химии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://c-books.narod.ru>.
3. Азбука веб-поиска для химиков. Методика поиска информации по химии. Обзор бесплатных патентных баз данных. Ежемесячные аннотации новых химических научных ресурсов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.chemistry.bsu.by/abc/>
4. Опорные конспекты по химии. Поурочные конспекты для школьников 8-11-х классов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://khimia.r11.ru/>
5. Опыты по неорганической химии. Описания реакций, фотографии, справочная информация [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://shnic.narod.ru/>
6. Расчетные задачи по химии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lyceuml.ssu.runnet.ru/~vdovina/sod.html>.
7. Общая и неорганическая химия [Электронный ресурс]. Ч. 1. - Режим доступа: <http://lib.inorg.chem.msu.ru/tutorials/korenev/1.doc>.
8. Общая и неорганическая химия [Электронный ресурс]. Ч. 2. Материалы по неорганической химии для учащихся специализированных химико-биологических классов. - Режим доступа: <http://lib.inorg.chem.msu.ru/tutorials/korenev/2.doc>.
9. Углубленный курс органической химии [Электронный ресурс]. Ч. 1. Курс лекций для специализированных химических классов. - Режим доступа: <http://new.chem.asu.ru/http://www.chem.asu.ru/abitur/scholl/lekzi-1.pdf>.
10. Углубленный курс органической химии [Электронный ресурс]. Ч. 2. - Режим доступа: <http://www.chem.asu.ru/abitur/scholl/lekzi-2.pdf>, <http://new.chem.asu.ru>.
11. www.sbio.info (Вся биология. Современная биология, статьи, новости, библиотека). www.window.edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам Интернета по биологии).
12. www.5ballov.ru/test (Тест для абитуриентов по всему школьному курсу биологии).
13. www.nrc.edu.ru (Биологическая картина мира).
14. www.nature.ok.ru (Редкие и исчезающие животные России).

Учебное издание

Хеззиева Тамара Петровна
Иванова Ирина Сергеевна

ОСНОВЫ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Учебное пособие

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 18.12.2020 г. Формат 60x84 1/16
Бумага печатная. Усл. п.л. 23,24. Тираж 30 экз. Изд. №6800.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ