

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Мулаев А. Крайнюченко И.В.

Оглавление

Предисловие	3
<u>Тема 1</u> Наука, ее основные особенности, роль в жизни общества.	5
<u>Тема 2</u> Методы и методология научного познания.	11
<u>Тема 3</u> Естествознание – комплекс наук о природе.	14
<u>Тема 4</u> Структурные уровни организации материи.	22
<u>Тема 5</u> Физические взаимодействия в природе.	25
<u>Тема 6</u> Развитие представлений о свете. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантовая теория.	27
<u>Тема 7</u> Современная естественнонаучная картина мироздания в свете идей глобального эволюционизма и синергетики.	31
<u>Тема 8</u> Специальная теория относительности Эйнштейна.	36
<u>Тема 9</u> Представления о пространстве, времени, симметрии и законах сохранения.	42
<u>Тема 10</u> Химическая наука и химические концепции об особенностях атомно-молекулярного уровня организации материи.	50
<u>Тема 11</u> Нанотехнологии.	64
<u>Тема 12</u> Современные представления о мегамире (Вселенной).	73
<u>Тема 13</u> Форма и размеры Земли.	83
<u>Тема 14</u> Биологический уровень организации материи.	92
<u>Тема 15</u> Биосфера и ее эволюция.	145
<u>Тема 16</u> Человек как предмет естествознания.	164
Термины и понятия.	172
Литература.	175
ПРИЛОЖЕНИЯ.	176

Предисловие

Учебный курс «Концепции современного естествознания» введен в программы высших учебных заведений России в конце девяностых годов. За истекший период

изменился опыт преподавания данного курса, издано значительное число учебников и учебных пособий (под ред. Самыгина Р.С., Карпенков С.Х., Найдыш В.М., Горелов А.А., Грушевицкая Т.Г. и Седохин А.П., под ред. Михайлова Л.А., Романов В.П. и многие другие). Следует отметить высокий уровень перечисленных (и не перечисленных) отечественных учебников и учебных пособий, в которых велико возможной степени кратко и, в то же время, достаточно полно изложены основные концепции современных естественнонаучных знаний. Однако приходится обратить внимание на то, что если студенты естественнонаучных специальностей изучают все разделы естествознания (космологию, космогонию, физику, химию, биологию, экологию, эволюционную теорию, учения о биосфере и ноосфере) как самостоятельные предметы, то студентам гуманитарных факультетов (отделений, специальностей) весь обширный и сложный объем естественнонаучных знаний предлагается в рамках весьма ограниченного количества учебных часов.

В предлагаемом пособии (курсе лекций) сделана попытка составить краткое изложение лекционного материала, читаемого студентам-гуманитариям в Северо-Кавказском филиале Московского гуманитарно-экономического института. Учитывалось, что человек, получающий гуманитарное образование должен знать основные законы естествознания (закономерности в природе, во Вселенной), иметь представление об особенностях развития (движения) окружающего нас органического и неорганического мира (живой материи и Вселенной в целом).

Задачей настоящего курса является:

- дать студентам знания о наиболее общих законах развития природы;
- способствовать пониманию взаимосвязи естественных наук;
- сформировать у студентов научное представление об окружающем мире (о живой и неживой природе);
- способствовать тому, чтобы студенты, получающие гуманитарное образование не оказались лишенными кругозора в естественнонаучных знаниях.

Тема 1

Наука, ее основные особенности, роль в жизни общества.

1.1. Функции науки.

Наука – это особый рациональный способ познания мира, основанный на эмпирической проверке или математическом доказательстве.

Науку необходимо рассматривать как одну из форм общественного сознания (возникшую после философии и религии), направленного на получение и систематизацию знаний об объективной реальности: о природе, обществе, человеке. В понятие наука входят ученые с их знаниями и способностями, научные учреждения и специальное оборудование, методы научно-исследовательской работы, систему научной информации и пр.

Возникнув в Европе, наука сформировалась в современном виде в XVI-XVIII вв. Считают, что этому способствовало соединение в своеобразном типе восточной чувственности с греческой рациональностью. К началу XVIII в. наука заняла ведущее место в деятельности человечества, став существенной частью общечеловеческой культуры. Если в начале XIX в. развитие науки зависело от развития производства, то затем развитие науки стало предшествовать развитию производства. За прошедшие 100-150 лет объем научной информации удваивался каждые 10-15 лет.

Сейчас наука охватывает около 15 тысяч дисциплин, которые разделяются на фундаментальные и прикладные, естественные и общественные (гуманитарные). В настоящее время теоретические исследования стали нередко оказывать непосредственное влияние на развитие производственных отраслей.

Значение и место науки в жизни общества, осознание этого – не очень простой вопрос. Не случайно лишь в 20-е годы XX столетия возникла новая научная дисциплина, получившая название «Науковедение», которая призвана раскрывать сущность и особенности науки, механизм ее развития и использования, закономерности развития и функционирования науки как системы знания и особого социального института. В связи с этим было обращено внимание на суть понятия «знание» (scientia – латынь). Дело в том, что не всякое знание считается научным, наукой. Человек приобретает в течение своей жизнедеятельности различные знания: в обыденной жизни (житейский опыт, навыки, умения и проч.), в экономике, в политике, в искусстве, в инженерном деле и т.д.

Однако в перечисленных сферах деятельности человека мы не увидим науку, так как не обнаружим в них поставленных конкретных целей.

К примеру, искусство с помощью художественных образов отражает реальность, создает эстетические ценности, выражает отношение художника к реальному миру; экономика, используя объективные знания о действительности, обеспечивает деятельность общества, но при этом она может оцениваться по критериям эффективности и практических результатов; религия создает мир знания, в котором человек общается с богом; философия формирует знания человека о бытии, о месте человека в мире, о его собственном внутреннем мире, мироощущении.

Наряду с этими формами общественного сознания наука является частью единой культуры.

Отмечают три основные функции науки: отрасль культуры, способ познания мира, социальный институт.

1.2. Наука как отрасль культуры

Термин «культура» происходит от латинского cultura, что означает воспитание, развитие, почитание, возделывание (в том числе возделывание человеком растений в отличие от

использования свободно произрастающих в природе растений). Термин стал использоваться в европейской интеллектуальной среде во второй половине XVIII века. В те времена понятие «культура» отражало целенаправленное воздействие человека на природу, воспитание и обучение самого человека. В настоящее время под понятием «культура» подразумевается общее отличие человеческой жизнедеятельности от биологических форм жизни, качественное своеобразие конкретных исторических форм этой жизнедеятельности и предлагается следующая формулировка этого понятия.

Культура – специфический способ организации человеческой жизнедеятельности, представленный в продуктах материального и духовного труда, в системе социальных норм и учреждений, в духовных ценностях, в совокупности отношений людей к природе, между собой и к самим себе.

Суть понятия «культура», его содержание и структура находятся в непрерывном развитии, и зависят от условий исторической эпохи, общественно-экономической формации, национальных особенностей.

Культуру подразделяют на материальную и духовную. Материальная культура включает в себя всю материальную деятельность и ее результаты (орудия труда, жилище, одежда и т.д.). Духовная культура является сферой сознания, духовного производства – нравственность, воспитание, этика, эстетика, религия, искусство, наука.

Наука, как составляющая общечеловеческой культуры, отличается от других областей культуры своими специфическими особенностями.

1. Общезначимость – получаемые ею знания пригодны для всех людей, а ее язык – однозначный, т.к. наука должна четко фиксировать свои термины для того, чтобы ученые в разных странах (да и все люди мира) пользовались единым научным языком (терминологией и понятиями). Это способствует объединению ученых мира и ускорению развития тех или иных научных направлений.

2. Универсальность – она производит знания, истинные для всех при условиях, при которых они добыты.

3. Систематичность – имеет определенную структуру взаимосвязанных разделов.

4. Фрагментарность – изучает различные фрагменты реальности или ее параметры, делясь на отдельные дисциплины (например: химия на органическую, неорганическую, аналитическую и т.д.).

5. Обезличенность – научные результаты, достижения, открытия совершенно не зависят от местонахождения ученого (страны проживания), национальности и проч.

6. Незавершенность – процессы научного познания бесконечны, хотя и объем знаний непрерывно растет, но вряд ли будут установлены абсолютные истины, после чего уже невозможно будет вести исследования.

7. Преемственность – имеющиеся знания, способствуют добыванию новых знаний (или отвергаются новыми), но так или иначе новые научные данные соотносятся с прежде полученными.

8. Критичность – готовность науки (а, следовательно, конкретных ученых) поставить под сомнение даже самые убедительные научные результаты.

9. Достоверность – любые научные выводы подвергаются проверке по принятым в науке правилам, только в таком случае могут быть приняты научным сообществом.

10. Внеморальность – научные истины нейтральны в морально-этическом отношении. Нравственная оценка может касаться либо деятельности ученого (ученых), либо деятельности, связанной с использованием научных данных (этика ученого не позволяет ему нарушения честности и объективности в поисках истины).

11. Рациональность – получение знаний на основе рациональных процедур и законов логики, а это может способствовать разработке теорий, выходящих за рамки эмпирического уровня.

12. Чувственность – научные результаты требуют эмпирической проверки с использованием восприятия (другими словами – чутья ученого). Лишь после этого могут быть признаны достоверными.

К настоящему времени система наук выглядит следующим образом:

математические и естественные науки (естествознание, естественнонаучные дисциплины) – т.е. система наук о природных явлениях и процессах;
социальные (гуманитарные) науки (человекознание – система наук о человеке и обществе);

технические науки (техникoзнание) – система наук, способствующих использованию теоретических знаний в технико-практических выходах.

Различают науки фундаментальные и прикладные.

Фундаментальные – это система знаний о наиболее глубоких свойствах объективной реальности, дающая возможность формировать научную картину мироздания, но не имеющая непосредственной практической значимости.

Прикладные науки, напротив, представляют собой систему знаний, имеющую практическую направленность; на основе фундаментальных научных достижений способствуют решению практических (технико-технологических) задач, удовлетворяющих потребности общества.

1.3. Наука как способ познания мира.

На протяжении всей своей истории человечество выработало несколько способов познания окружающего мира и его освоения. Важнейшим из них является наука, она познает объективные закономерности природных явлений и процессов. Достижения науки дают возможность ей проявлять предсказательную роль. В связи с этим в науке действует формула: знать, чтобы предвидеть; предвидеть, чтобы действовать со знанием дела. Однако в жизни людей существует вненаучное познание, о котором кратко уже упоминалось выше. Это, так называемое, обыденное познание, формы которого нередко бывают незаменимы, или жизненно-практическое значение, приобретаемое в результате жизненного опыта и не требующее специальной подготовки или обучения для усвоения, передачи такого познания. Именно такой способ использовался многочисленными поколениями людей в их обширной деятельности, например, в области практического строительства, одомашнивания и разведения животных, растений, развития многочисленных ремесел.

В итоге такого познания могло формироваться достаточно объективное представление об окружающем реальном мире.

Однако обыденное и научное познание имеют очень существенные отличия, которые следуют ниже.

1) **Характер объекта познания.** Обыденный опыт имеет дело с целым объектом и всем комплексом его внешних связей. В науке же объект познают посредством изучения его частей и нахождения связей между ними, причем нередко на теоретическом уровне имеют дело не с самими объектами, а с их идеализированными моделями.

2) Системность и обоснованность – признаки, отличающие научное знание от обыденного.

3) Проверка достоверности полученных знаний. Достоверность обыденного знания проверяется в процессе производства или на основе опыта. Наука же использует специфическое средство проверки знаний – эксперимент.

4) Использование специальной аппаратуры. В отличие от обыденного познания наука нуждается в специальных орудиях и средствах исследования – научной аппаратуре (инструментарий, приборы, оборудование).

5) Используемый язык. В процессе обыденного познания пользуются обычным, разговорным языком. В науке кроме этого используют особенный язык специальных терминов, символов, схем, формул.

6) Необходимость особой подготовки. В отличие от обыденного познания занятия наукой требуют особой подготовки – теоретической, практической, методической.

Возникновение первых форм преднаучного знания связано с восточной цивилизацией. Появление астрономии позволило рассчитывать движение планет и предвидеть возможные изменения климата. Математика создала возможность для измерения земельных площадей. На основе элементов технических наук происходило строительство крупных сооружений (египетские пирамиды, водораспределительные системы, такие сооружения как древний Вавилон и т.д.).

Однако культура Древнего Востока, сделав немало открытий (изобретение алфавита, бумаги и др.), тем не менее не оставила систематизированного научного знания.

В рамках древневосточной культуры не удалось перейти от эмпирического к теоретическому знанию.

Наиболее развитые формы преднаучного знания были созданы в условиях античной культуры.

Древние греки заимствовали от египетских жрецов знания математики, геометрии, астрономии, но при этом им не удалось подтолкнуть процесс развития древнего научного знания.

Древнегреческая наука представляла собою первую систему знаний, построенную на дедуктивной (от лат. *deductio* – выведение) основе, которая, в свою очередь, базировалась на созерцании (умозрении). В древнегреческой культуре не существовало различий между наукой и философией. С философией и связано развитие первых форм теоретического знания.

Формирование научного познания заняло длительное время с VII-VI вв. до н.э. до XVII-XVIII вв. Именно в XVI-XVIII вв. складывается подлинная наука. Общественное разделение труда способствовало накоплению рациональных знаний, а, следовательно, и развитию научного способа познания.

Научная рациональность (от лат. *rationalis* – разумный) – это логическое основание, на которое опирается система достоверного знания об объективной реальности.

Понятие «научное познание» соответствует понятию «научное исследование». Таким образом, наука – не только результат научного исследования, но и, собственно, само исследование с присущей ей структурой.

Можно выделить следующие уровни научного исследования:

эмпирическое исследование (от греч. *empeiria* – опыт) – познание с помощью опыта, эксперимента;

теоретическое исследование (от греч. *theoria* – рассматриваю, исследую) представляет собою систему логических высказываний, включающих в себя математические формулы, графики, схемы и др., образованные для установления законов в природных процессах, в технических и социальных явлениях.

Результаты эмпирических исследований ученый может обобщить, что в свою очередь окажется основой для формирования гипотезы (основание, предположение), т.е. научного предположения.

Гипотеза требует дальнейшей проверки и перепроверки (с участием в этом и других ученых). Другими словами гипотеза подвергается проверке опять же на эмпирическом уровне. Если научная гипотеза подтверждается в результате экспериментальной (эмпирической) проверки различными исследователями, то она может приобрести статус научного закона (закономерности). В противном случае такая гипотеза может быть опровергнута, а в научной среде будут продолжаться поиски более приемлемой научной гипотезы.

Несколько законов (закономерностей) выявленных в одной области научного знания, взаимодополняющие друг друга приобретают статус научной теории. Научная теория имеет право на существование, пока ей не противоречат вырабатываемые в данной научной области новые эмпирические данные.

Если новые эмпирические данные не подтверждают существо принятой теории, и лают возможность создать более приемлемую научную теорию, то происходит смена (замена) одной теории другой.

Смысл и главная суть той или иной теории выражается в концепции, т.е. когда нет выработанной стройной научной теории, но есть главная идея для объяснения тех явлений, по поводу которых создается теория.

Концепция (от лат. *conceptio* – понимание, система) – это определенный способ понимания, трактовки какого-либо процесса, явления, предмета либо основной замысел, конструктивный принцип научной деятельности.

Из изложенного выше вытекает, что каждая теория или гипотеза имеет свою концепцию, свой смысл и свой принцип научной деятельности.

1.4. Наука как социальный институт

Как уже было указано, современная наука стала складываться в XVI-XVIII вв., а в XIX и XX вв. бурно развивалась.

Следует отметить, что наука не просто система или совокупность знаний, но деятельность по добыванию новых и новых знаний. Это, в свою очередь, предполагает вовлечение в

процесс научных поисков все более широкие круги участников, а именно, научных работников различного уровня, вспомогательных работников, различных специалистов по обслуживанию, материально-техническому обеспечению научно-исследовательской деятельности, приобретению, созданию или приобретению материально-технических средств и оборудования и многого другого. Отсюда становится ясным, что наука может возникнуть тогда, когда для этого сформируются определенные условия в обществе. **Другими словами, когда возникнет более или менее четко выраженный социальный запрос на объективные знания, социальные возможности формирования особых групп людей, которые могут взять на себя задачу отвечать на этот запрос.** Разумеется, эти процессы невозможны без развития соответствующих научных организаций, лабораторий и т.д. Например, в рамках университетов (кстати, первый этап развития современной науки связан именно с университетами и их научно-исследовательской материально-технической базой), в возникающих специальных научно-исследовательских учреждениях различной научной направленности и т.д.

В настоящее время в мире численность научных работников составляет свыше 5 млн. человек. Каждые 10-15 лет происходит удвоение научной информации. Примерно 90% важнейших научных достижений человечества приходится на XIX-XX вв. Система научного знания включает около 15 тысяч научных дисциплин, насчитывается несколько сотен тысяч научных журналов. Для всего этого требуются огромные финансовые и материально-технические затраты.

В связи с превращением науки в непосредственную производительную силу в глобальном масштабе, возникают проблемы морально-этического порядка.

Во-первых, обществу не безразлично то, насколько эффективно используются огромные материальные, людские, финансовые ресурсы.

Во-вторых, объектами сегодняшней науки все шире становятся природные сферы и комплексы и сам человек (достаточно напомнить о том, чего стоят исследования, практическое использование результатов, скажем, в атомной и ядерной физике).

В-третьих, если нет прямой угрозы безопасности всему человечеству, то нельзя допустить и нанесения ущерба правам, достоинству и здоровью отдельного человека.

В-четвертых, выбор конкретной стратегии научного направления, сегодня нельзя допускать лишь на основе чисто научных целей и мотивов, а необходимо учитывать общесоциальные цели ценности, связанные с проблемами экологическими, медицинскими, борьбы с бедностью, голодом и т.д.

Наука всегда очень настойчиво добивалась для себя полной свободы творчества и выбора стратегий научного поиска и экспериментирования. До определенной степени это оправдывается. Однако современные требования общественного (этического, политического, правового) контроля за предпринимаемые в науке решения могут оказаться в противоречии к последним.

Такая ситуация поистине очень сложна, т.к. с одной стороны крайне неэффективно и даже вредно (для общества) держать науку под жестким контролем. Но с другой стороны нельзя допустить неограниченность в научных поисках, особенно в научно-прикладной деятельности. Тем более невозможно позволить любому ученому, к примеру, самостоятельно, да еще в домашних условиях, собрать ядерную бомбу, или клонировать человека (да еще в поисках личной славы).

Поэтому общество вводит правовые ограничения на потенциально социально опасные исследования и эксперименты. Не случайно в 1997 г. Парламентская Ассамблея Совета Европы приняла Конвенцию по биомедицине и правам человека, запрещающую создание эмбрионов человека в исследовательских целях, вмешательство в геном человека с целью изменения генома его потомков и т.д. После опубликования сенсационных сообщений о клонировании овец (в частности, об искусственном клоне, овечке по кличке Долли) Советом Европы был принят специальный Дополнительный протокол к Конвенции (вступивший в силу 1 марта 2001 г.), запрещающий любые действия с целью создания человеческого существа идентичному другому человеческому существу, живому или умершему.

В декабре 2001 года Европарламент отклонил закон, запрещающий клонирование человека, но в ряде стран Евросоюза такие законы приняты. В России в мае 2002 г. принят Федеральный закон «О временном запрете на клонирование человека». Закон введен на 5 лет. При этом терапевтическое клонирование тканей закон не запрещает.

В марте 2005 г. Генеральная Ассамблея ООН после четырехлетних дебатов приняла декларацию, в которой осуждаются все формы клонирования человека, «поскольку они

несовместимы с человеческим достоинством и защитой человеческой жизни». Однако этот документ не запрещает клонирование человека юридически. Он лишь рекомендует государствам принять соответствующее законодательство.

Длительные дебаты и трудности в достижении согласия в выработке общей позиции государств, в основном, объясняются неспособностью государств договориться, что именно следует запрещать: только репродуктивное клонирование или терапевтическое тоже.

Репродуктивное клонирование – это создание в лабораторных условиях точной копии человека. Терапевтическое же – такое же клонирование, но с ограничением до 14 дней срока роста эмбриона. Далее эмбрион разрушается, а образовавшиеся эмбриональные стволовые клетки используются в терапевтических целях, для замещения поврежденных тканей или даже целых органов. Позиция в этих обсуждениях, занятая Российской Федерацией, сводится к признанию необходимости запрета только репродуктивного клонирования, а терапевтическое клонирование в определенных правовых рамках должно быть разрешено.

Юридические запреты, к сожалению, данную проблему вряд ли смогут решить. Видимо, нельзя исключить деятельность научных и политических авантюристов.

Надежным гарантом предотвращения болезненных социо-научных последствий может служить только личная морально-этическая позиция самого ученого, уровень его профессиональной, социальной, человеческой ответственности.

Сегодня можно сформулировать этический мотив науки следующим образом: «Интересы отдельного человека и общества выше интересов науки!»

Мировому научному сообществу подобную установку принять очень непросто (хотя бы потому, что перед наукой это никогда не стояло). Считалось, что любое знание – благо, интересы науки совпадают с интересами общества. Однако за последние десятилетия такое мнение развеялось. Правда афоризм «Знание – сила» (в нашей стране десятилетия выпускается научно-популярный журнал под таким названием) пока существует, но требует уточнения, т.к. сила может быть и доброй и злой. Этика науки должна способствовать отличию одного от другого.

1.5. Взаимосвязь естественнонаучной и гуманитарной культур.

Напомним, что от лат. *humaitas* – человеческая природа, *natura* – природа вообще. Следовательно, мы имеем дело с двумя понятиями, суть которых необходимо определить. Что есть культура, мы определи выше, в разделе «Наука как отрасль культуры», где давали развернутую формулировку этого понятия. В сокращенном виде повторим и теперь.

Культура – это совокупность созданных человеком материальных и духовных ценностей, а также сама человеческая способность данные ценности производить и использовать.

Отсюда следует, что все созданное и создаваемое человеком носит надприродный, а потому социальный характер. Не вдаваясь в детали можно принять, что всякий предмет культуры несет в себе и природную основу, и его социальное содержание и оформление. Подобная двойственность культурного мира служит основанием для существования двух типов культур: естественнонаучной и гуманитарной. Естественнонаучная область знаний формируется на основе изучения природных свойств и взаимосвязей в окружающем мире вещей, представляет естественные науки, технические изобретения, производственные технологии и т.д., и, таким образом, определяется как естественнонаучная культура. Гуманитарное знание вмещает в себя явления и процессы, отражающие свойства, связи и отношения самих людей, как социально-общественных и духовных существ, обладающих разумом.

Гуманитарная культура, надо полагать, содержит в себе такие науки как философию, социологию, историю, филологию, религии и религиоведение, мораль, право и т.д. Их еще называют «человековедческие» науки.

Таблица 1

Критерии различения гуманитарного и естественнонаучного знания

Критерии различения	Естественные науки	Гуманитарные науки
Объект исследования	Природа	Человек (общество)
Ведущая функция	Объяснение (истины дока-	Понимание (истины истол-

	зываются)	ковываются)
Характер методологии	Генерализирующий (обобщающий)	Индивидуализирующий
Влияние ценностей	Малозаметно, не явно	Существенно, открыто
Антропоцентризм	Изгоняется	Неизбежен
Идеологическая нагрузка	Идеологический нейтралитет	Идеологическая нагруженность
Взаимоотношения субъекта и объекта познания	Строго разделены	Частично совпадают
Количественно-качественные характеристики	Преобладание количественных оценок	Преобладание качественных оценок
Применение экспериментальных методов	Составляет основу методологии	Затруднено
Характер объекта исследования	Материальный, относительно устойчивый	Больше идеальный, чем материальный, относительно изменчивый

Несмотря на существенные различия между гуманитарными и естественными науками их нельзя считать несовместимыми друг с другом способами в познании человеком объективных реальностей, они взаимодополнимы.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Каковы три основные функции науки?
- 2) Каковы специфические особенности науки, отличающие ее от других областей культуры?
- 3) Раскройте понятия: гипотеза, теория, закон, концепция.
- 4) Объясните существо понятий: прикладные науки, фундаментальные науки.
- 5) Назовите критерии различения гуманитарных и естественнонаучных знаний.

Тема 2

Методы и методология научного познания.

Наука является одной из форм общественного сознания и сферы деятельности по накоплению знаний об окружающем нас мире.

2.1. Научные методы познания.

Существуют разные возможности получения знаний, не относящихся к науке. Это наш житейский опыт, эстетические впечатления, религиозные откровения и др. Научное же знание приобретается с превосходящей полнотой и убедительностью, практической силой и конечной пользой. Это возможно в результате использования определенного метода, который особым образом организуется и выстраивается.

Суть научного метода – совокупность приемов и операций практического и теоретического познания окружающей реальной действительности. Другими словами метод – это процедура получения научного знания, с помощью которой его можно воспроизвести, проверить и передать другим.

В любой научной области для любых научных поисков, прежде всего, ставится и решается вопрос о методических подходах, которые становятся предметом анализа и открытого обсуждения (как перед поиском, так и после проведения научного исследования, особенно, если результаты исследования вызывают какое-либо сомнение или недоверие).

Ввиду этого на определенном этапе возникла и стала развиваться самостоятельная дисциплина – **методология научного познания**, учение о принципах построения, формах и способах познания. Термин «метод» происходит от греч. «методос», означающий путь к чему-либо. В научном познании, надо полагать, путь должен приводить к истине. А это может произойти при правильно составленной методике. В таком случае и методика и результаты, полученные посредством ее использования, могут заслужить внимание научной общественности и соответствующей научной оценки.

Условно можно методы разделить на общенаучные и специально-научные.

Общенаучные методы применяются во всех научных направлениях и на многих уровнях научного познания. Они носят достаточно универсальное значение, используются даже на бытовом уровне.

К их числу относятся:

- Наблюдение, т.е. целенаправленное изучение объекта при использовании человеческих ощущений и восприятий (особенности наблюдения в том, что при этом может подлежать вниманию не весь объект, а его отдельные свойства, осуществляется повторность наблюдений и др.). С развитием науки метод наблюдения обогатился целым рядом вспомогательных средств, как различные приборы и технические средства, инструменты.

- Измерение – познавательная процедура с целью установления отношения одной (измеряемой) величины объекта к другой, принятой за постоянную.

Оба вышеописанных метода тесно взаимосвязаны в практическом применении.

Следующим важным методом служит эксперимент (от лат. *experimentum* – опыт, проба) – способ активного, целенаправленного исследования объектов в контролируемых и управляемых условиях. В процессе эксперимента присутствовать могут и выше описанные методы (исследовательский эксперимент).

Задачей эксперимента может являться проверка различных гипотез, в ходе которых экспериментатор нередко сталкивается с неожиданными новыми свойствами объекта, не предусмотренными гипотезой (проверочный эксперимент).

Нередко в науке мы имеем дело с мысленным экспериментом, когда ученые осмысливая какой-либо научный факт или проблему приходят к научной истине (Г.Галилей с помощью мысленного эксперимента сформулировал важнейший для физики принцип инерции, а знаменитый А. Эйнштейн таким же приемом обнаружил принцип эквивалентности инерционной и гравитационной масс, который вошел в основу общей теории относительности).

Анализ – общенаучный метод заключается в процедуре мысленного или реального расчленения, разложения объекта на составные элементы в целях выявления их системных свойств и отношений.

Синтез – соединение выявленных в процессе анализа элементов изучаемого объекта в единое целое.

Индукция – метод, суть которого в формировании логического умозаключения на основе данных наблюдений и экспериментов.

Дедукция – метод, суть которого в переходе от некоторых общих посылок к частным результатам.

Аналогия – метод переноса знания, полученного при рассмотрении какого-либо одного объекта, на другой менее изученный и, в данный момент, изучаемый. Основывается он на сходстве предметов по ряду признаков.

Абстрагирование – прием мышления, при котором исследователь, отвлекаясь от несущественных, незначимых для него свойств и отношений исследуемого объекта, выделяет те его свойства, которые представляют для него интерес, являются важными и существенными (в плане научного исследования). Абстрагирование весьма распространенный метод в теоретических исследованиях.

Моделирование – метод, при котором создается модель, которая может собой заменить изучаемый объект ввиду невозможности этого объекта подвергнуть прямым и непосредственным исследованиям. Например, испытание применения ядерного оружия в полномасштабном плане произвести невозможно по понятным причинам, а, следовательно, единственная возможность – это смоделировать; крупномасштабное вмешательство в природную среду следует также проверить на специально сконструированных моделях, а уже затем осуществлять в реальной обстановке; новые конструкции летательных средств (к примеру самолетов) испытывать на прочность или их аэродинамические качества целесообразно опять-таки с помощью уменьшенных их моделей. Моделирование – метод по сути универсальный.

Виды моделирования – предметное, математическое, логическое, физическое, химическое и др. Сейчас широко используется компьютерное моделирование.

Специально-научные методы представляют собой системы, применяемые в ряде конкретных специальных научных направлений.

2.2. Закономерности развития науки.

В общем и целом история развития науки составляет две с половиной тысячи лет. Можно считать, что все это прошедшее время наука, конечно же, накапливала все новые и новые знания, строились все более точные теории на разных направлениях познания. Однако такое мнение о спокойном постепенном развитии познания и формирования научных направлений является и не полным, и неправильным. Сегодня ясно, что закономерности развития науки не укладываются в логику равномерного последовательного эволюционного процесса. Мы можем наблюдать иной характер развития, а именно то, что процесс научного познания сопровождается скачкообразным и, даже, катастрофическими событиями, именуемыми сегодня **научными революциями**.

Концепция развития науки Т. Куна. Американский историк и философ Томас Кун (1922-1996) предложил наиболее популярную концепцию развития научного познания. Впервые, им было отмечено, что ученые-обществоведы значительно чаще ведут споры и проявляют разногласия по фундаментальным вопросам социальных теорий; представители же естественнонаучных направлений спорят и дискутируют лишь в периоды кризисов, возникающих в естествознании.

Таким образом, Т. Кун считал, что исследователи способны определенное время работать в рамках, сформированных сложившимися научными открытиями и теориями в текущий период. Он ввел в методологию науки принципиально новое понятие – «парадигма» (смысл слова – образец). Дело в том, что согласно концепции Куна, сложившаяся в данный период совокупность знаний, особый способ их организации и взаимоувязанности, дает возможность составить картину мироздания и влиять на выбор путей дальнейших научных поисков. Парадигма не является научной теорией в чистом и полном смысле, но она задает образцы или модели постановки и решения исследовательских задач, построения и обоснования различных теорий. По словам Т. Куна парадигма – это «признанные всеми научные достижения, которые в течении определенного времени дают модель постановки проблем и их решения научному сообществу». Другими словами, парадигма может на долгие годы определять круг проблем, которые интересуют науку и ученых.

Так Т. Кун в истории науки определил как парадигму аристотелевскую динамику, птолемеевскую астрономию, ньютоновскую механику и т.д. Развитие науки в рамках парадигмы Т. Кун считал «нормальной» наукой. Смена же парадигм есть непростое событие, а нечто похожее на революционное преобразование, т.е. «научную революцию». Наглядными примерами научных революций являются Аристотелевская, Ньютоновская (правильнее бы называть Коперниковско-Ньютоновская) и Эйнштейновская.

Следует отметить, что концепция Т. Куна отнюдь не предполагает, что смена парадигм есть процесс категорический, конкретный и однозначный. Напротив, смена парадигм, как возникновение новых ветвей на дереве, когда они не всегда строго вверх, в одном направлении устремлены, а в самых различных. Где возникнет «точка роста» новой парадигмы – не предсказуемо. Кроме того, новая парадигма, как правило, встречает мощное сопротивление со стороны представителей науки, придерживающихся основ прежней парадигмы. Ученые не могут в одночасье сменить свой образ мышления и поменять парадигму. Необходимо время для осмысления новых, пусть даже очень привлекательных и внушающих доверие, научных тенденций. Т. Кун сравнивал подобную ситуацию с процессом обращения людей в другую религиозную веру.

Другую модель развития науки, тоже достаточно популярную, предложил английский математик, философ и историк науки И. Лакатос (1922-1974). Его концепция, названная «методология научно-исследовательских программ», довольно близка к куновской, но имеет принципиальные отличия. И. Лакатос считал, что выбор научным сообществом одной из многих конкурирующих программ должен осуществляться **рационально**.

«Программа прогрессирующей считается, когда ее теоретический рост предвосхищает ее эмпирический рост, т.е. когда она с некоторым успехом может предсказывать новые факты... программа регрессирует, если ее теоретический рост отстает от эмпирического, т.е. ко-

гда она дает лишь запоздалые объяснения либо случайных открытий, либо фактов, предвосхищаемых и открываемых конкурирующей программой...» (Лакатос И., 1978).

Таким образом, исторически непрерывное развитие науки представляет собою конкурирующие научно-исследовательские программы, каждая из которых, в свою очередь, имеет внутреннюю стратегию развития.

Концепции Т. Куна и И.Лакатоса оказались наиболее убедительными конструкциями логики развития науки во второй половине XX в. (конечно существуют и другие менее известные концепции). Но, так или иначе, эти концепции при всех отличиях между собой вынуждены опираться на основополагающие, узловые, этапные моменты истории науки, которые принято называть «научные революции».

Вопросы для самопроверки.

- 1) Понятия научное и обыденное знание – объясните.
- 2) Раскройте суть понятия научный метод?
- 3) Общенаучные и специально-научные методы исследований. Объясните по существу.
- 4) Дедуктивные и индуктивные методы. В чем их различия?
- 5) Моделирование как метод исследования. В чем его особенность и значение?
- 6) Каковы закономерности развития научного знания?

Тема 3

Естествознание – комплекс наук о природе.

3.1. Содержание понятия естествознание.

Естествознание – это комплекс наук о природе, взятых во взаимосвязи.

Сегодня в систему естественных наук входит так много направлений, так или иначе занимающихся изучением природных явлений и процессов, что следует к формулировке понятия естествознание подойти внимательно.

Например, широко известны два определения:

- 1) Естествознание – это наука о Природе как единой целостности;
- 2) Естествознание – это совокупность наук о Природе, рассматриваемых как единое целое.

На первый взгляд эти два определения различны, но на самом деле они имеют очень хорошо выраженные внутренние связи. Ведь под «совокупностью наук» подразумевается не просто сумма разрозненных наук, а единый комплекс тесно взаимосвязанных, дополняющих друг друга. Это одна наука. В первом же определении имеется единый объект – Природа, но как целостный, хотя мы знаем, что Природа – явление обширное и изучать ее можно (и нужно) с разных естественнонаучных позиций. Но с другой стороны – все природные процессы, так или иначе, связаны между собой и характеризуют единую вселенскую материю.

Естествознание традиционно подразделяется на физику, химию, биологию и психологию. Это деление довольно условное. Однако нельзя забывать, что в нее входит и география, геология, астрономия, экология и другие.

Современное Естествознание представляет собой действительно обширный комплекс наук о природе. Астрономия изучает небесные тела, география земную оболочку, экология – взаимоотношения живых организмов между собой и средой обитания, биология – весь живой мир, химия – вещества и их превращения. При этом многие научные направления возникли и возникают на стыках научных дисциплин. Например, физическая химия, химическая физика, биологическая химия, физико-химическая биология, молекулярная биология, радиационная экология, радиационная генетика, психофизика, психогенетика и т.д.

Все это указывает на то, что, с одной стороны Естествознание находясь как бы «над природой» и целью имеет изучение ее процессов и явлений в общей целостности, а с другой – содержит специальные научные направления и задачи изучения и познания конкретных событий, явлений, процессов в мироздании.

Общеизвестно, что праматерью всех наук является **философия**. Но сегодня никто не сомневается в том, что царицей наук является **математика**. Математика – это универсальный язык естествознания, связывающий (и «цементирующий») воедино науки, входящие в естествознание и позволяющий взглянуть на нее как на целостную науку.

Итак, естествознание это, прежде всего, точное естествознание, точное знание обо всем, что действительно существует или может существовать во Вселенной, то есть знание о природе, которое базируется на научном эксперименте, характеризуется теоретической основой и математическим оформлением.

3.2. Особенности классического естествознания.

Считается, что «классическая наука» развивалась в период с XVIII в. по 20-е годы XX в., когда стала формироваться квантовая механика и появилась теория относительности (что обеспечило грандиозную третью ЕНР).

Отмеченный период несет в себе много характерных черт.

1. Стремление к завершенности знаний, фиксации истины в окончательном виде (опора на классическую механику, как на прочную основу ее законов).

2. Видение природы, как всегда неизменного целого (статизм, элементаризм, антиэволюционизм). Ученые стремились к выделению и определению элементов из сложных структур, игнорируя их связи и отношения в целостных масштабах. Столкновение реальных явлений были поэтому вполне метафизическими, лишены представлений об их изменчивости, развитии, историчности.

3. Жизнь не рассматривалась как уникальное явление природы, а сводилось к незначительной частице Космоса. Лишь религия утверждала особое место человека в мире, резко разделялось духовное и материальное.

4. Наука заменила религию в качестве интеллектуального авторитета, претендовало на ведущее место в мировоззрении, но оставляла место и религии и философии. Человек имел выбор веры, убеждений и жизненного пути.

Оставаясь в целом метафизической и механической, классическая наука, особенно естествознание своим развитием готовили постепенное крушение метафизического взгляда на природу. В XVII-XVIII вв. в математике разработана теория бесконечно малых величин (И.Ньютон, Г.Лейбниц), Декарт создает аналитическую геометрию, М.Ломоносов предлагает атомно-кинетическое учение. Лаплас и Кант – космогоническую гипотезу, которая способствует внедрению идеи **развития** в естественные и общественные науки.

Таким образом, в естествознании складывается платформа новых революционных преобразований, начавшихся в конце XVIII – первой половине XIX века, охвативших несколько областей знаний. Это, так называемые, комплексные научные революции, возникавшие в рамках классической науки и мировоззрения. Характерной, общей чертой для них была **идея всеобщей связи и эволюционного развития в естествознании**, стихийное проникновение диалектики в науку вообще и в естествознание в частности.

На первый план выдвигаются физика и химия, в которых раскрываются взаимопревращения веществ и энергии, в геологии развивается теория развития Земли (Ч.Лайель), в биологии зарождается эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка, в палеонтологии (Ж.Кювье), эмбриологии (К.М.Бэр). Огромное значение имели революционные открытия: клеточная теория Шлейдена-Шванна, закон сохранения и превращения энергии Майера и Джоуля, эволюционное учение Ч.Дарвина. Затем создание теории химического строения органических соединений (А.М.Бутлеров), периодической системы химических элементов (Д.И.Менделеев), химической термодинамики (Л.Х.Вант-Гофф, Дж.Гиббс), основ научной физиологии (И.М. Сеченов), электромагнетизма (Дж.К.Максвелл).

Если XVIII век был временем, когда шел процесс интенсивного накопления научных фактов в естественных науках, то в XIX в. естествознание стало систематизирующей наукой, т.е. ученые уделяли большое внимание объектам и процессам, происхождению их и развитию. Главной задачей в науках становится **синтез** знания, поиск путей объединения наук, проблема соотношения методов познания.

Одновременно активно идут процессы **дробления** и формирования самостоятельных наук. Например, из биологии: физиология, цитология, анатомия, эмбриология и др.; из физики: термодинамика, физика твердого тела, электромагнетизм и др. К концу XIX в. наблюдаются процессы возникновения научных направлений, формирующихся на стыках наук

(например, биохимия, геохимия, биогеография, физическая химия, химическая физика, биогеохимия и т.д.).

Другими словами, наряду с возникновением узких направлений научных исследований (дифференциация наук) происходят процессы интеграции научных направлений.

Таким образом, мировая наука прошла в своем развитии три стадии: натурфилософскую (вместилище идей и догадок от античности до XV в.), аналитическую с XV-XVI веков, когда стали формироваться частные научные направления (физика, химия, биология, математика), стадию дифференциации наук и стадию интегрально-дифференциальную.

3.3. Научные революции.

Тот факт, что в истории науки имеют место революции, ныне ни кем не оспаривается. Можно согласиться, однако, с тем, что в понятие «научная революция» вкладывают различное содержание. По крайней мере, самая первая научная революция – это разрушение невежества, суеверий, предрассудков и рождение науки в ее первоначальном виде.

Есть другое представление о научных революциях, согласно которому – это эволюция научных взглядов, теорий, в процессе чего они видоизменяются, но не отвергаются.

В настоящее время можно считать распространенной точкой зрения на особенности и характер научных революций, разработанной К.Поппером. Это так называемая концепция перманентной революции. Как известно, только та теория может считаться научной, если она опровержима в принципе (принцип фальсификации). Другими словами, всякая теория со временем может быть опровергнута (так как иначе это не научная теория, а догма), может потерпеть неудачу и, в результате, возникают новые проблемы. Этот феномен и обеспечивает направление движения от одних проблем к другим, что, в общем, и составляет прогресс науки.

Интересно отметить, что первые открытия глобального характера сделаны в области Вселенской, космической, а не в земной. Именно из новых астрономических знаний формировалась новая Вселенская Картина мира, разрушавшая старые привычные представления об окружающем мироздании. Такая резкая перемена в восприятии окружающего мира, его объяснении можно сравнивать с «революционным переворотом». Поэтому и укоренились термин и понятие – **естественнонаучная революция**. В истории науки случилось так, что всякая глобальная естественнонаучная революция начинается с астрономии, с пересмотра всех космологических представлений о Вселенной. А завершается естественнонаучная революция (чаще всего) возведением на основе физики нового фундамента под новые космологические представления о всем мироздании.

Примеры: создание первого последовательного **учения о геоцентрической системе** мира, начавшееся в VI в. до н.э. Анаксимандром и Аристотелем; опровержение этого учения и построение гелиоцентристского представления о мироздании (Галилей, Коперник, Ньютон XVI-XVII вв.) и «потрясение основ» открытиями XIX-XX вв. (сложной структуры атома, радиоактивности, электромагнитного излучения, знаменитых Эйнштейновских теорий относительности).

Аристотелевская Естественнонаучная революция (I ЕНР). В результате появилась на свет сама наука и это самое огромное достижение эпохи VI-IV вв. до н.э. В этот период формировались нормы и образцы построения научного знания (и познания). Аристотеля смело можно назвать великим философом и естествоиспытателем. Он является создателем формальной логики, учения о доказательстве, как главном инструменте выведении и систематизации знания; разработал категориально-понятийный аппарат; утвердил канон организации научного исследования (история вопроса, постановка проблемы, аргументы «за» и «против», обоснование решения); дифференцировал само научное знание, отделив науки о природе от метафизики (философии), математики и т.д. Заданные Аристотелем нормы научности знания, образцы объяснения, описания и обоснования в науке стали применимы и авторитетны в течение более тысячи лет, а многое (законы формальной логики, к примеру) используются и поныне.

Важнейшим составляющим элементом античной картины мира стало геоцентрическое учение о мироздании. Создавалось это учение на основе скудных знаний об устройстве Вселенной и даже самой Земли, шарообразная форма которой не была достоверной. Восход, движение по небосклону, заход Солнца были вполне очевидными и понятными явлениями, в

реальности которых до Галилея и Коперника трудно было усомниться. Да, Аристотелевский геоцентризм был абсолютно неверен, но это не значит, что он был ненаучен!

Следует отметить, что в Древней Греции появились и первые научные учреждения: академия Платона, лицей Аристотеля, Александрийский музей (кстати Аристотель как один из крупных ученых того времени, был приглашен македонским царем Филиппом в качестве учителя и наставника для его сына Александра, которого сопровождал всегда во всех военных походах до смерти великого полководца-завоевателя). Именно в Греции была впервые выдвинута идея о единой материальной основе мироздания и его развития.

Самой гениальной была идея **атомистического строения материи**. Она впервые была высказана Левкиппом (500-400 до н.э.). В дальнейшем ученик Левкиппа Демокрит (460-370 до н.э.) развивая эту идею пришел к следующим заключениям:

- 1) не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства (пустоты),
- 2) атомы бесконечны по числу и разнообразию по форме,
- 3) из «ничего» ничего не происходит,
- 4) ничто не совершается случайно, а только по какому-либо основанию, причине, необходимости,
- 5) различия между вещами происходят от различий их атомов в числе, величине, форме и порядке.

Далее развивая учение Демокрита, Эпикур (341-270 до н.э.) сделал попытку объяснить на основе «атомистического» учения все естественные, психические и социальные явления. С сегодняшней точки зрения атомистическое учение Демокрита-Эпикура представляет собой зачатки современной атомной и молекулярно-кинетической теории.

Коперниковская-Ньютоновская Естественнаучная революция (II ЕНР). Следующая глобальная научная революция происходила на протяжении XVI-XVIII вв. Она началась с учения Коперника о гелиоцентризме (т.е. в центре не Земля, а Солнце) опрокинувшего Аристотелевский геоцентризм (хотя, отметим, что геоцентризм просуществовал около двух тысяч лет!). Далее происходило становление классического естествознания при участии выдающихся ученых: Н.Коперника, Г.Галилея, И.Кеплера, Р.Декарта, И.Ньютона.

Основные особенности классического естествознания являются:

1. В естествознании стала играть значительную (если не главную) роль математика. Объекты материи, явления, процессы (форма, величина, масса, движение и др.) стали характеризоваться и выражаться математическими способами.

2. Методы экспериментальных исследований стремительно вытесняли господствовавшие прежде научные подходы умозрительного и созерцательного свойства.

3. Если античное естествознание состояло из достаточно стройных представлений о завершенности и гармонии в Космосе, то классическое естествознание формировало концепцию бесконечной, как бы без цели и смысла существующей Вселенной, подчиняющейся определенным и единым закономерностям.

4. Центральной основой классического естествознания стала **механика**, утвердилась механическая картина мироздания.

5. Идеалом научного знания стала раз и навсегда установленная абсолютная истинная картина природы, которую невозможно радикально изменить, а лишь частично подправлять.

В итоге второй глобальной научной революции (условно называемой по имени ее завершителя ньютоновской) возникла **механистическая научная картина мира на базе экспериментально-математического естествознания**. Фактически такая ситуация сохранялась в развитии естествознания до конца XIX в. Хотя следует отметить, что за XVIII и, особенно XIX вв., было сделано много открытий, в том числе и выдающихся, но они в основном дополняли и усложняли картину мироздания, не нарушая ее основы. Можно еще сказать, что вторая естественнонаучная революция, преобразовавшая все естествознание, представляла собой переход от геоцентризма к гелиоцентризму, а от него – к полицентризму.

Эйнштейновская естественнонаучная революция (III ЕНР). Ее называют «потрясение основ», это произошло на рубеже XIX-XX веков.

За этот период произошли выдающиеся открытия в физике: открытие структуры атома, явления радиоактивности, особенностей электромагнитного излучения и др., которые, в сущности, стали «потрясать» устойчивость законов механики Ньютона.

Стала формироваться новая парадигма научного знания, в основу которой вошли теории относительности (специальная и общая) и квантовая механика. Теории относительности обусловили новое понимание пространства, времени и тяготения. Квантовая механика объяснила

вероятностный характер закономерностей в микромире, а также обнаружила корпускулярно-волновой дуализм в недрах материи. Существо этих революционных открытий мы рассмотрим ниже в соответствующих разделах, а пока выясним какие изменения в общей естественнонаучной картине мира и в способе ее построения произошли под влиянием новых теорий (имевших, как указано было, «потрясающий» эффект).



Н. Коперник
(1473-1543)



Г. Галилей
(1564-1642)



Р. Декарт
(1596-1650)



Ф. Бэкон
(1561-1626)

1. Ньютонская естественнонаучная революция по сути была основой для перехода от геоцентризма к гелиоцентризму. **Теории относительности Эйнштейна привели не только к отказу от гелиоцентризма, но и от полицентризма, и от всякого центризма вообще. Никаких особенных систем отсчета в мире нет, все системы отсчета равноправны. В конечном счете, все наши представления о научной картине мира относительны.**

2. Классическое естествознание опиралось и на другие исходные идеалистические, очевидные, согласующиеся со здравым смыслом. Например, понятия траектории частиц, одновременности событий, абсолютный характер времени и пространства, причинности и т.д. Все перечисленное оказалось неадекватным при описании микро- и мегамиров и поэтому были видоизменены. Таким образом, новая картина мира оказалась переосмыслена и в значительной степени изменена.

3. Неклассическая естественнонаучная картина мира отвергла классическое противопоставление субъекта и объекта познания. Объект познания уже не стал восприниматься как существующий «сам по себе». Его научное описание оказалось зависимым от определенных условий познания: учета состояния движения систем отсчета при признании постоянства скорости света, учета способа наблюдения (класс приборов) при определении импульса или координат микрочастицы и др.

4. Изменилось и «представление» естественнонаучной картины мира о самой себе: стало ясно, «единственно верную», абсолютно точную картину не удастся создать никогда. Любая из таких «картин» может обладать лишь **относительной истинностью**. И это верно не только для ее деталей, но и для всей конструкции.

Таким образом, третья глобальная естественнонаучная революция, начавшаяся с появлением новых теорий (принципиально отличавшихся от прежних) – теории относительности и квантовой механики, привела к изменению теоретико-методических установок во всем естествознании. Позднее, уже в рамках вновь созданной картины мироздания, произошли миниреволюции в отдельных естественнонаучных областях: в космологии открыта была концепция нестационарной Вселенной, в биологии сформировалась наука генетика (обусловившая переворот во взглядах на наследственность, изменчивость, эволюцию и т.д.).

Однако, притом, что естествознание приобрела новый облик, вектор ее развития оставался эйнштейновским, т.е. релятивистским.

Итак, **три глобальных ЕНР дают представление о трех стадиях развития науки, каждой из которой соответствует своеобразная общенаучная картина мироздания.** Нельзя, конечно, полагать, что между открытиями, имевшими судьбоносный научный характер, в науках был покой и затишье. Эволюционный ход развития научного познания не прекращался, но те открытия, достижения, теории и методы, возникавшие при этом, не затрагивали фундаментальных основ естественнонаучной картины мира.

Взглянув на историю научного познания можно обнаружить, что от аристотелевской до завершения ньютоновской научных революций огромный период – две тысячи лет! Между ньютоновской и эйнштейновской революциями уже лишь 200 лет. Видимо, можно усматривать определенное ускорение в процессе развития научного познания. Уже вскоре после сформированной нынешней научной парадигмы в мировой научной среде стало появляться ощущение приближения новой глобальной научной революции. Некоторые представители мировой науки считают, что новая научная революция уже происходит. Это находит себе подтверждение хотя бы тем, что нынче в мировой науке частота все новых и новых познаний значительно возросла.

В настоящее время в мировой науке сложилось понимание того, что естественнонаучные революции являются непрямыми в истории и развития наук. Благодаря им в науках изменяется общий курс развития, во-вторых, обеспечивается преемственность научного развития, т.к. всякая новая научная теория, как правило, не отменяет полностью прежние, а может включать в себя или как частный фрагмент, или ограничить возможности их применения.

В результате можно сделать вывод о том, что прерывность и непрерывность, революционность и стабильность в развитии научного познания являются диалектическим единством присущим ему.

3.4. Тенденции в развитии современного естествознания.

Выше было уже сказано о том, что в науке характерно и расчленение одного целого направления на относительно самостоятельные узкие (из физики, например, механика, статика, оптика, и т.д.), и объединение некоторых направлений, как физическая химия, биологическая химия, молекулярная биология, цитологическая генетика и проч.

Уже в рамках классического естествознания мы имеем возможность наблюдать принципиальное единство всех явлений природы, а, следовательно, и соответствующих им направлений научных дисциплин. В течение XX века шел интенсивный процесс взаимопроникновения одних наук в другие и наоборот. На стыках наук возникали новые объединенные направления. Если пытаться сегодня давать объяснения особенностям жизнедеятельности живых организмов, то обнаружится, что и сложные и простейшие из них имеют характер и термодинамической и химической системы одновременно.

Но все же, сейчас процессы интеграции научных дисциплин, видимо, преобладают над процессами дифференциации (дробления наук). Это проявляется в разных формах:

- в организации исследований «на стыке» наук, где обнаруживаются самые интересные направления научного поиска;
- в разработке особых научных методов, способствующих развитию многих наук (хроматографии, спектральный анализ, компьютерный эксперимент и др.);
- в поиске «объединительных» теорий и принципов, к которым можно было бы свести многие явления природы (например, современная задача физики «Великого объединения» всех установленных четырех типов взаимодействия в природе; глобальный эволюционный синтез в естественных науках и т.д.);
- в разработке теорий, выполняющих общеметодологические функции в естествознании (общая теория систем, кибернетика, синергетика);
- в изменении характера решаемых сегодня наукой проблем, которые сегодня в большей степени становятся комплексными и требуют участия сразу нескольких дисциплин (проблемы возникновения жизни, экологические проблемы).

Тем не менее, следует считать, что дифференциация и интеграция в развитии естествознания – не взаимоисключающие тенденции, а взаимодополняющие.

Говоря об особенностях естествознания, сегодня следует отметить, что оно в своем классическом периоде росло на применении экспериментально-математических методов. Еще выдающийся ученый древности Платон (428-347 до н.э.), один из основоположников натуральной философии начертал над входом в свою философскую школу слова: «Негеометр – да не войдет». Что можно добавить о значении математики в науках к этому девизу Платона? Не менее известный и выдающийся итальянский ученый Галилео Галилей (1564-1642) сказал: «Тот, кто хочет решать вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является».

Сегодня естествознание совсем не похоже на те ее древние истоки, когда естествоиспытатели имели возможность лишь видеть окружающую их природу, наблюдать и описывать, чаще не более того.

Естествознание сегодня – это «точное естествознание» - вполне оформленное (часто в математических формулах) точное знание обо всем, что действительно существует или может существовать во Вселенной, от ее устройства и происхождения до познания молекулярных механизмов существования уникального Земного явления – Жизни.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Современные определения понятия науки Естествознание. Раскройте существо предметов изучения естественных наук.
- 2) Особенности классического Естествознания.
- 3) Как проявляется дифференциация и интеграция научного знания?
- 4) Что такое научные революции? Что понимается под глобальной Естественнонаучной революцией? Привести примеры.
- 5) Какие Вам известны глобальные Естественнонаучные революции? Что Вы можете сказать об основной сути их?
- 6) Каковы тенденции современного Естествознания?

Тема 4

Структурные уровни организации материи.

4.1. Структурность и системность материи.

Структурность и системность материи являются ее основными характеристиками. Под **структурой** материи следует понимать ее строение, содержание молекул, атомов, элементарных частиц и т.д. **Система** – это совокупность элементов и связей между ними в той или другой степени упорядоченная, нечто единое по отношению к внешним объектам и условиям. **Элемент** системы – это минимальный, далее не делимый компонент в рамках системы (по отношению к данной системе). **Целостность** системы означает, что все ее составляющие вместе, представляют определенное целое, обладающее рядом конкретных свойств. **Свойства** системы – это не просто сумма свойств ее элементов, а нечто особенное, присущее данной системе в целом. Если в качестве системы рассматривать воду, ее молекулу H_2O , то сам по себе водород – газ, способен гореть, кислород – газ, поддерживающий горение. В системе молекулы H_2O они своих свойств отнюдь не проявляют, а обусловили новое (интегративное) свойство: вода гасит огонь.

Во всех целостных системах связь между элементами является более устойчивой, упорядоченной и внутренне необходимой, чем связь каждого из элементов с окружающей средой. В неживой природе множество объектов будет целостной системой только в том случае, если энергия связи между ними больше их суммарной кинетической энергии совместно с энергией внешних воздействий, направленных на разрушение системы. В противном случае система не возникает, и, возникнув вскоре, распадется. Энергия внутренних связей – это общая энергия, которую нужно было бы приложить последовательно к каждому из элементов, чтобы удалить его из системы на большое расстояние («расташить» систему). Так как такая энергия из ничего не возникает, стабильность и целостность систем обусловлена действием известного закона сохранения (и превращения) энергии.

Внутренняя энергия связи может иметь различное значение в зависимости от характера сил, объединяющих тела в системы. С переходом от космических систем к макроскопическим и микроскопическим обнаруживается возрастание связывающих их сил. Чем меньше размеры материальных систем, тем более прочно связаны между собой их элементы.

Согласно современным представлениям о природе все природные объекты представляют собой упорядоченные, структурированные, иерархически организованные системы. Все системы подразделены на **закрытые** и **открытые**. Под открытыми системами подразумеваются системы, способные обмениваться с окружающей средой веществом, энергией, информацией; под закрытыми – системы, не обладающие этой способностью, что, строго говоря, не реально, т.е. в природе закрытых систем практически нет.

Все природные материальные системы подразделяются на два класса: системы **неживой** природы и системы **живой** природы.

В **неживой** природе различаются следующие структурные уровни организации материи: физический вакуум, элементарные частицы, атомы, молекулы, поля, макроскопические тела, планеты и планетные системы, звезды и звездные системы – галактики, системы галактик – Метагалактика.

В **живой** природе – системы доклеточного уровня (нуклеиновые кислоты и белки, которые, разумеется, состоят из атомов, элементарных частиц), клетки как особый уровень биологической организации (представленные в форме одноклеточных организмов и элементарных единиц живого вещества; многоклеточные организмы растительного и животного мира; надорганизменные структуры – виды, популяции и биоценозы и, наконец, биосферу как всю массу живого вещества).

Неотъемлемым свойством материи является **движение**. Это любые изменения, происходящие с материальными объектами при их взаимодействии. Различаются в природе следующие типы движения материи: механическое, колебательное и волновое, тепловое движение атомов и молекул, равновесные и неравновесные процессы, радиоактивный распад, химические и ядерные реакции, развитие живых организмов и биосферы.

4.2. Основные формы материи.

Сегодня в естествознании различают три вида материи: вещество, физическое поле и физический вакуум.

Вещество – основной вид материи, обладающий массой покоя. Это элементарные частицы, атомы, молекулы и многочисленные, из них состоящие объекты материи. Свойства веществ зависят от внешних условий.

Физическое поле – особый вид материи, обеспечивающий физическое взаимодействие материальных объектов и их систем: электромагнитное и гравитационное поля, поле ядерных сил, волновые поля, соответствующие различным частицам. Источником физических полей являются **частицы**.

Физический вакуум – это такая непрерывная среда, в которой нет ни частиц вещества, ни поля, но вместе с тем он является физическим объектом (т.е. это не «ничто», а «не-что»). Иными словами определение физического вакуума выглядит так: это низшее энергетическое состояние квантового поля. Среднее число частиц – **квантов поля** – в вакууме равно нулю, однако в нем могут рождаться частицы в промежуточных состояниях, существующие очень короткое время. Непосредственно физический вакуум не наблюдается, в экспериментах можно обнаружить лишь проявление его свойств.

Принципиальное значение в решении проблемы вакуума имели работы английского физика, лауреата Нобелевской премии 1933 г. П.Дирака. До их появления считалось, что вакуум есть чистое «ничто», которое несмотря на любые преобразования измениться не может. Теория Дирака позволила найти возможности к преобразованиям вакуума, в которых «ничто» превращалось во множество пар «частица-античастица».

При описании материальных систем используют корпускулярную (от лат. corpusculum – частица) и континуальную (от лат. continuum – непрерывный) теории. Континуальная теория рассматривает повторяющиеся непрерывные процессы, колебания, которые происходят в области некоторого среднего положения. При распространении колебаний в среде возникают волны (теория колебаний – область науки физики). Таким образом, континуальная теория описывает волновые процессы. Наряду с волновым (континуальным) описанием широко используется понятие частицы – корпускулы, т.е. вещество. Такое деление материи на поле и вещество справедливо, но условно. Под веществом имеются ввиду частицы и тела, которым присуща масса покоя, в то время, как поля и их кванты, массы покоя не имеют, хотя и обладают энергией, импульсом и другими свойствами. Поле и вещество нельзя противопоставлять друг другу. Если рассматривать структуру вещества, то во всех системах внутреннее пространство «занято» полями, на долю собственно частиц приходится ничтожная часть общего объема системы (около 10^{-36} – 10^{-40} объема), т.е. поля входят в структуру вещества. В то же время роль квантов полей играют частицы, относящиеся к веществу. В этой непрерывной взаимосвязи частиц и полей проявляется одно из важнейших проявлений единства **прерывности и непрерывности в структуре материи**.

Поля непрерывно распределены в пространстве, частицы же имеют относительную прерывность и локализованность в пространстве. И все же поля не являются абсолютно непрерывными средами. При излучении и поглощении они проявляются дискретно – в виде **квантов, фотонов, мезонов** и др. Кванты полей взаимодействуют с частицами вещества как дискретные образования. Частицы вещества также нельзя считать какими-то микроскопическими шариками с четкими границами. Частицы не отделимы от полей, не существует границы, где кончается собственно частица и начинается ее внешнее поле. В пограничной области происходит непрерывный взаимопереход полей и частиц.

С точки зрения континуальной всю материю можно рассматривать как форму поля, равномерно распространенного в пространстве, а после случайного возмущения в нем возникли волны, то есть частицы с различными свойствами. Взаимодействия этих образований привело к появлению атомов, молекул, макротел, образующих макромир. Исходя из этого, стало возможным выделить следующие уровни материи: **микромир, макромир и мегамир**.

Микромир – область предельно малых, непосредственно ненаблюдаемых материальных микрообъектов, размер которых исчисляется в диапазоне от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни – от бесконечности до 10^{-24} сек. Это мир от атомов до элементарных частиц. Все они обладают как свойствами корпускулярными, так и волновыми (корпускулярно-волновой дуализм).

Макромир – материальные объекты, соизмеримые по своим масштабам с человеком. На этом уровне материи пространственные величины измеряются от миллиметров до километров, а время – от секунд до лет. Это мир макромолекул, веществ в различных агрегатных состояниях, живых организмов, человека и продуктов его деятельности.

Мегамир – пространство огромных космических масштабов и скоростей, расстояния в котором измеряются астрономическими единицами (1 а.е. = 8,3 световых минуты), световыми годами (1 световой год = 10 трлн. км) и парсеками (1 пк = 30 трлн. км), а время существования космических объектов – миллионами и миллиардами лет. Этому уровню соответствуют крупные материальные объекты: планеты и их системы, звезды, галактики и их скопления, образующие метagalактики.

4.3. Элементарные частицы.

Элементарные частицы – это структурные элементы микромира. Они могут быть составными (протон, нейтрон) и несоставными (электрон, нейтрино, фотон). В 1897 г. была открыта первая простейшая элементарная частица – электрон английским ученым Дж.Томсоном. Теперь науке известны около 400 элементарных частиц (и античастиц). В основном элементарные частицы имеют свои античастицы (кроме нейтральных). При столкновении частицы и античастицы происходит их **аннигиляция** (от лат. annihilation – превращение в ничто) – превращение элементарных частиц и античастиц в другие частицы, число и вид которых определяется Законами сохранения. Например, пара электрон и позитрон (античастица электрона) в результате аннигиляции рождает фотон. Обнаружение элементарных частиц продолжается, а также продолжается поиск фундаментальных частиц, которые могли бы быть основными «кирпичиками» для построения известных частиц.

Гипотеза о существовании подобных частиц, которые получили название «кварки» (кварк) была высказана американским физиком М.Гелл-Маном в 1964 г. (Нобелевская премия в 1969 г.).

Элементарные частицы имеют различные характеристики и их можно классифицировать по следующим признакам: массе, электрзаряду, типу взаимодействия (с другими частицами), времени существования **спину** и т.д.

В зависимости от, например, массы покоя частицы (масса покоя ее определяется по отношению к массе покоя электрона (самой легкой из всех частиц, имеющих массу) выделяют:

- фотоны (греч. photos) – не имеют массы покоя, движутся со скоростью света;
- лептоны (греч. leptos – легкий) – легкие частицы (электрон, нейтрино);
- мезоны (греч. mesos – средний) – средние частицы с массой от одной до тысячи масс электрона;
- баритоны (греч. barus – тяжелый) – тяжелые частицы с массой более тысячи масс электрона (протоны, нейтроны).

В зависимости от электрзаряда:

- частицы с отрицательным зарядом (электроны);
- частицы с положительным зарядом (протон, позитрон);
- частицы с нулевым зарядом (нейтрино).

Кварки несут дробные заряды, могут соединяться друг с другом парами и тройками. Три кварка могут создавать баритоны (т.е. протоны и нейтроны, а значит последние, строго говоря, не являются элементарными частицами). В свободном состоянии кварки не наблюдаются.

Каждой частице (кроме фотона и двух мезонов) соответствует античастица.

По времени существования частицы бывают стабильные и нестабильные. Стабильных частиц пять – фотон, две разновидности нейтрино, электрон и протон. Именно стабильные частицы играют важнейшую роль в структуре макротел. Остальные частицы нестабильны, время их существования около 10^{-10} – 10^{-24} сек., затем они распадаются.

Кроме описанных выше характеристик элементарные частицы имеют еще вращательную характеристику – **спин**. Это понятие включает в себя собственно момент количества движения микрочастицы (как бы вращательного), и понятием «квантовые числа», выражающим состояние элементарных частиц.

По современным представлениям, все элементарные частицы делятся на два класса: 1) фермионы, названные в честь итальянского физика Э.Ферми (1901-1954) и 2) бозоны, названные в честь Ш.Бозе (1894-1974).

К фермионам относятся кварки и лептоны, к бозонам – кванты полей (фотоны, векторные бозоны, глюоны, гравитино и гравитоны). Эти частицы считаются истинно элементарными, т.е. далее не разложимыми. Остальные частицы классифицируются как условно элементарными, т.е. это составные частицы, образованные из кварков и соответствующих квантов полей. Фермионы составляют вещество, бозоны-переносчики взаимодействия.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Что понимается под структурностью и системностью материи?
- 2) Какие формы существующей материи науке известны? Опишите их особенности.
- 3) В чем суть понятий: микромир, макромир, мегамир? Какая взаимосвязь между ними?
- 4) Что собой представляют элементарные частицы? Кратко охарактеризуйте и классифицируйте их.
- 5) Как следует понимать термины «корпускуле», волна? Что лежит в основе этих понятий? Какое значение имеют они в объяснении свойств материи?

Тема 5

Физические взаимодействия в природе.

Выше мы отмечали основные свойства материи, из которых **связь, взаимодействие и движение**, являются важнейшими, без которых существование материи невозможно. Взаимодействие обуславливает соединение различных материальных элементов в системы (системную организацию материи). Все свойства материальных объектов зависят от особенностей взаимодействий и являются результатом их структурных связей и внешних взаимодействий между собой.

Взаимодействие представляет собой развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена и материей и движением.

Взаимодействие и движение являются сутью существования материи. Не бывает движения, в основе которого не было бы взаимодействия элементов материи, так же, как и всякое взаимодействие – это определенное изменение и движение.

Именно взаимодействие и движение являются объективными критериями существования тел, материи.

Формы движения, изучаемые физикой, есть проявление глубинных свойств материи – так называемых **фундаментальных взаимодействий**.

В природе существуют следующие фундаментальные физические силы взаимодействия:

- гравитационное,
- электромагнитное,
- сильное,
- слабое.

В основе каждого вида взаимодействия в материи лежит особое свойство вещества, которое необходимо науке выяснить до конца в ходе дальнейших исследований. Однако сегодня уже многое в физике взаимодействий известно. Например, что в качестве носителя способности частиц к взаимодействию и количественной мерой самого взаимодействия служит понятие **заряд**. Между собой взаимодействуют только однотипные заряды, а заряды разных типов друг друга «не замечают». Каждая частица может обладать одним или несколькими зарядами. Наименьшее значение заряда – квант – называют единичным зарядом.

Сила взаимодействия во всех случаях зависит от величины произведения взаимодействующих зарядов и от расстояния между частицами.

По современным представлениям все виды взаимодействия осуществляются посредством особого (своего) физического агента.

5.1. Сильное взаимодействие характерно для атомных ядер, обусловлено взаимодействием (притяжением) их составляющих элементарных частиц, разумеется, на очень малых расстояниях порядка 10^{-13} см. Такой тип взаимодействия создает очень прочные связи с высокой

энергией в атомном ядре, их очень трудно разрушить. Переносчики взаимодействия – глюоны со спином 1, которые, как бы «склеиваются» кварками, входящими в состав протонов и нейтронов.

5.2. Электромагнитное взаимодействие – универсальное, примерно в 1000 раз слабее сильного, но действует на более значительных расстояниях. Существует в микро-, макро- и мегамире. Взаимодействие за счет электрической заряженности и передается с помощью электрических и магнитных полей. Электрополе, как известно, возникает при наличии электростатических зарядов, а магнитное – при движении электростатических зарядов. Эти явления описаны (законы Кулона, Ампера и др.), а обобщены в электромагнитной теории Дж.Максвелла. Именно благодаря этому типу взаимодействия в мире возникли и возникают атомы, молекулы, все химические реакции (перераспределение связей между атомами в молекулах вещества неживой и живой материи). Переносчиками электромагнитного взаимодействия являются фотоны – кванты электромагнитного поля с нулевой массой покоя.

5.3. Слабое взаимодействие возможно только в микромире между различными частицами (кроме фотона). Оно наблюдается на расстояниях $10^{-15} - 10^{-22}$ см при распаде частиц, например, при превращении нейтрона в протон, электрон и антинейтрино. (Большинство частиц проявляют нестабильность ввиду существования, именно слабого взаимодействия). Кстати и открытие этого типа взаимодействия произошло вскоре после открытия явления радиоактивности. Впервые теория слабого взаимодействия была создана в 1934 г. Э.Ферми, а в 1950-е годы развита М.Гелл-Маном, Р.Фейнманом и другими учеными. Переносчиками слабого взаимодействия принято считать частицы с массой в 100 раз больше массы протонов – промежуточные векторные бозоны.

5.4. Гравитационное взаимодействие – это первое из фундаментальных взаимодействий открытых наукой и проявляется во взаимодействии, в основе которого имеют значение масса и энергия взаимодействующих частиц и объектов. Это очень слабые силы взаимодействия, действующие на больших расстояниях как силы притяжения (тяготения), сформулированные И.Ньютоном, обеспечивающие существование всей Вселенной, образование всех космических систем. Переносчиками гравитационного взаимодействия являются гравитоны – кванты гравитационного поля. Во взаимодействии элементарных частиц на расстояниях порядка 10^{-13} см гравитация весьма незначительна. Однако на ультрамалых расстояниях (порядка 10^{-33} см) и при ультрабольшой энергии гравитация вновь проявляется значительным образом. В таких ситуациях проявляются необычные свойства физического вакуума, т.к. сверхтяжелые виртуальные частицы создают вокруг себя заметное гравитационное поле, которое начинает искажать геометрию пространства. В космических масштабах гравитационное взаимодействие играет колоссальную роль.

От силы взаимодействия зависит скорость превращения элементарных частиц. При ядерных реакциях скорость равна $10^{-24} - 10^{-23}$ сек. При электромагнитных взаимодействиях скорость составляет $10^{-19} - 10^{-21}$ сек. При слабых (например, при распаде частиц) в течение 10^{-10} сек.

По времени различных превращений есть возможность судить о характере происходящих взаимодействий.

5.5. Общие заключения.

Все типы физических взаимодействий (называемыми фундаментальными) необходимы и достаточны для построения областей мироздания.

Благодаря сильным взаимодействиям существуют атомные ядра, звезды и Солнце посылают тепловую и световую энергию в окружающую среду.

Электромагнитные взаимодействия обеспечивают возможность существования атомов, молекул, макроскопических объектов, а также теплового и светового излучения.

Слабые взаимодействия лежат в основе ядерных реакций в недрах Солнца и звезд, вспышек сверхновых звезд, тяжелые элементы не могли бы распространиться во Вселенной.

Без гравитационного взаимодействия невозможно представить формирование ни звезд, ни планет, ни галактик, да и всей Вселенной и процесса ее эволюционного развития.

Современная физика приходит к выводу о необходимости и возможности объединения всех теорий фундаментальных физических взаимодействий в одну общую научную теорию об общей суперсиле, об общем взаимодействии.

Уже стало достижением доказательство, что при очень высоких температурах (или энергиях) все четыре вида взаимодействия объединяются в одно.

Выяснено, что при энергии в 100 ГэВ (100 млрд. электрон-вольт) объединяются электромагнитное и слабое взаимодействие. Такая температура соответствует температуре Вселенной по прошествии 10^{-10} сек. после Большого взрыва. Считается, что при энергии 10^{15} ГэВ к ним присоединяется сильное взаимодействие, а при энергии 10^{19} ГэВ **происходит объединение всех четырех взаимодействий**.

Такое рассуждение носит теоретический характер, т.к. проверить ее справедливость экспериментальным образом невозможно, однако эти соображения вполне подтверждаются самой природой, астрофизическими данными, которые можно рассматривать как экспериментальный материал, накопленный Вселенной.

Характеристики фундаментальных взаимодействий представлены в таблице № 2.

Таблица № 2

Тип взаимодействия	Источник	Константа взаимодействия	Радиус действия (м)
сильное	частицы, входящие в состав ядер (протоны, нейтроны)	1	10^{-15}
электромагнитное	электрически заряженные частицы	10^{-2}	∞
слабое	элементарные частицы	10^{-14}	10^{-18}
гравитационное	масса	10^{-38}	∞

Вопросы для самопроверки.

- 1) Какие взаимодействия обнаружены в природе?
- 2) Взаимодействия в природе и их значение в существовании материи.
- 3) В чем заключается суть физических взаимодействий в природе? Опишите основные особенности каждого вида взаимодействия.
- 4) Что лежит в основе представления об объединении всех видов физических взаимодействий в одну общую теорию?

Тема 6

Развитие представлений о свете. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантовая теория.

Согласно современным представлениям, электромагнитная природа света – это лишь одна разновидность его проявления. Другая разновидность характеризуется его квантовой природой. Такое двойное (дуализм) представление сложилось в течении длительного развития учения о свете.

Еще в конце XVII века И.Ньютон предложил теорию, что свет представляет собой поток световых частиц (корпускул) по прямым траекториям от источника. Х.Гюйгенс (1629-1695) высказал теорию, согласно которой свет распространяется в мировом эфире как упругая волна (волновая теория). Долгие, почти сто лет корпускулярная (континуальная) теория превалировала над волновой. В XIX в. французский физик О.Ж.Френкель (1788-1827) на основе волновых представлений объяснил все к тому времени оптические явления. Возникла ситуация обратная – волновая теория возымело преимущество перед корпускулярной. В 1851 г. французский ученый Ж.Б.Л.Фуко (1819-1868), измеряя скорость света в воде, доказал также справедливость волновой теории.

Было принято, свет – поперечная волна, распространяющаяся в упругой (предполагаемой) среде (имевшей название – эфир). После возникновения электромагнитной теории на смену упругим световым волнам пришли электромагнитные. В конце XIX – начале XX вв. новые открытия привели к возвращению вновь представлений об особых световых частицах,

получивших название фотоны. В итоге было установлено, что свет имеет **двойственную** природу. В таких явлениях как интерференция, дифракция, поляризация свет ведет себя как волна. В других – фотоэффект, эффект Комптона – как поток частиц, фотонов. (Напомним, что фотоэлектрический эффект был открыт А.Эйнштейном на базе гипотезы М.Планка. На основе своих работ А.Эйнштейн сформулировал корпускулярную теорию света, а эффект Комптона – явление, наблюдаемое при воздействии жесткими рентгеновскими лучами на атомы со свободными электронами, окончательно подтвердило квантовую теорию света. Свет излучается, распространяется и поглощается квантами (порциями).

В науке стало формироваться единая теория электрических, магнитных и оптических явлений, основанная на представлениях об электромагнитном поле. В результате корпускулярные характеристики излучения – масса и энергия кванта были увязаны с волновыми – с частотой колебаний и длиной волны. Таким образом, свет представляет собой единство дискретности и непрерывности.

6.1. Гипотеза де Бройля.

Еще в 1924 г. французский ученый Луи де Бройль (1892-1987) выдвинул гипотезу об универсальности корпускулярно-волнового дуализма, опираясь на то, что если свет ведет себя и как волна и как частица, и другие материальные частицы (электроны и т.д.) могут иметь волновой характер. А в 1927 г. физиками было экспериментально подтверждена эта гипотеза на основании открытия дифракционной картины электронов.

В результате в физике стали рассматривать корпускулярно-волновой дуализм, как универсальное свойство всех микрочастиц (а не только квантов света).

6.2. Модель атома Резерфорда.

В 1911 г. исследованиями Э.Резерфорда был установлен факт наличия в составе атома ядра (наличие электронов в атоме было установлено в 1897 г. Дж.Томсоном). В дальнейшем Э.Резерфорд предложил схему строения атома, согласно которой в центре находится положительно заряженное ядро, вокруг которого рассеяны отрицательно заряженные электроны. Так как масса электрона ничтожна, то масса атома формируется за счет ядра. Резерфорд предположил, что положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны должны иметь определенные отношения. Опыты показали, что число N – количество положительно заряженных частиц в ядре атома соответствует числу электронов. Положительно заряженные частицы ядра получили название протоны. Затем выяснилось наличие в ядре электронейтральных (не несущих заряженности) частиц нейтронов, соответствующих количеству протонов. Нейтроны и протоны (вместе, попарно) создают нуклоны и это, в целом, обеспечивает стабильность в ядре. Ядерная модель атома напоминает как бы Солнечную систему (в центре ядро – вокруг электроны по своим орбитам). Впоследствии «планетарность» оказалась несостоятельной, но в качестве упрощенной картины строения атома используется и ныне. Качественно более выше предложена была **квантовая** теория атома.

6.3. Принцип неопределенности В. Гейзенберга и принцип дополнительности Н. Бора. Квантовая теория атома Н.Бора.

В 1927 г. немецкий физик В.Гейзенберг (1901-1976) ввел **принцип неопределенности** в квантовую теорию, суть которого в том, что **невозможно одновременно** уловить и измерить такие характеристики частиц, как их скорости и координаты. То есть если мы сможем определить точную координату частицы, то импульс окажется **неопределенным**. Другими словами, если мы путем освещения электрона пучком фотонов можем определить его положение (зная перед этим точное значение импульса электрона), то в результате столкновения фотонов с электроном последний, приобретая от фотонов часть их энергии, изменит свой импульс на неопределенную величину.

В становлении квантовой теории имел существенное значение предложенный датским физиком Н.Бором (1883-1962) в 1928 году **принцип дополнительности**, который сформули-

рован физиком Д.Бомом следующим образом: «в области квантовых явлений наиболее общие физические свойства какой-либо системы должны быть выражены с помощью дополняющих друг друга пар независимых переменных, каждая из которых может быть определена только за счет соответствующего уменьшения степени определенности другой».

Так складывались квантово-полевые представления о материи и движении, которые основываются на корпускулярно-волновом дуализме – т.е. на свойствах дискретности у материи (частицы) и ее волновых (полевых) свойствах.

6.4. Многоэлектронный атом. Принцип Паули.

В многоэлектронном атоме электроны занимают разные орбиты (оболочки). Расположение их подчиняется квантово-механическим закономерностям или принципу Паули (1925).

1. В любом атоме не может быть двух одинаковых электронов, определяемых набором четырех квантовых чисел: главного n , орбитального l , магнитного m и магнитно спинового m_s .

2. В состояниях с определенным значением могут находиться в атоме не более $2n^2$ электронов.

Значит на I орбите (оболочке) могут находиться только два электрона, на второй – 8, на третьей – 18 и т.д. Все электроны в многоэлектронном атоме составляющие главное квантовое число n , называют **электронной оболочкой**.

Принцип Паули объясняет Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева.

6.5. Основные понятия ядерной физики.

Ядерная физика изучает структуру и свойства атомных ядер. Она исследует также взаимопревращения атомных ядер, происходящие в результате радиоактивных распадов, различных ядерных реакций. С ядерной физикой тесно смыкается физика элементарных частиц, физика и техника ускорителей заряженных частиц, ядерная энергетика.

Ядерно-физические исследования имеют огромное, чисто научное значение, способствуя пониманию строения материи, и имеют большое значение в практике (в энергетике, медицине и т.д.).

Ядра всех атомов можно разделить на два класса: стабильные и радиоактивные. Последние самопроизвольно распадаются, превращаясь в ядра других элементов. Стабильные ядра могут преобразовываться лишь в случаях взаимодействия друг с другом или с различными микрочастицами.

Ядра всех атомов заряжены положительно, величина заряда соответствует количеству протонов в ядре – Z (зарядовое число). Количество протонов и нейтронов составляют массо-

вое число ядра A . Символическое выражение ядра – $\frac{A}{Z}X$, где X – символ химического элемента (H , O , N , Al и т.д.). Ядра с одинаковыми зарядовыми числами Z и разными числами A

называются **изотопами**. Например, уран в природе встречается в виде двух изотопов $\frac{235}{92}V$

и $\frac{238}{92}V$. Изотопы имеют одинаковые химические свойства и неодинаковые физические.

Например, изотоп урана $\frac{235}{92}V$ хорошо взаимодействует с нейтроном $\frac{1}{0}n$ любых энергий и

может разделиться на два более легких ядра. Его изотоп $\frac{238}{92}V$ делится только при взаимодействии с нейтронами высоких энергий. Ядра с одинаковыми значениями A и разными Z называются **изобарами**.

Если заряд ядра равен сумме зарядов входящих в него протонов, то масса ядра не равна сумме масс отдельных протонов и нейтронов (нуклонов), она несколько меньше ее. Это от того, что для связи нуклонов в ядре требуется значительная энергия E (пример сильного взаимодействия, о котором шла речь выше). Каждый нуклон (протон и нейтрон), в ядре расходу-

ет часть массы для формирования сильного внутриядерного взаимодействия (для удерживания нуклонов ядра в тесной связи).

Такое взаимоотношение определяется формулой $E=mc^2$, где c – скорость света в вакууме (согласуется с теорией относительности). Формирование энергии связи нуклонов в ядре $E_{св}$ приводит к уменьшению массы ядра на величину $\Delta m=E_{св}/c^2$. Если построить зависимость

энергии связи на один нуклон $\frac{E_{св}}{A}=\varepsilon$ от числа нуклонов в ядре A , можно обнаружить нелинейный характер этой зависимости. Удельная энергия связи ε с ростом A сначала круто возрастает (у легких ядер), затем приближается к горизонтальной (у средних ядер), а далее медленно снижается (у тяжелых ядер). У урана $\varepsilon \approx 7,5 \text{ МэВ}$, а у средних ядер $\varepsilon \approx 8,5 \text{ МэВ}$. Средние ядра наиболее устойчивые, у них большая энергия связи. Открывается возможность получения энергии при делении тяжелого ядра на два более легких (средних). Такая ядерная реакция деления осуществляется при бомбардировке ядра урана свободным нейтроном. Например, $\frac{235}{92}\text{U}$ делится на два новых ядра: рубидий $\frac{94}{37}\text{Rb}$ и цезий $\frac{140}{55}\text{Cs}$ (это один из вариантов деления урана). Реакция деления тяжелого ядра сопровождается (кроме образования новых более легких ядер) появлением двух новых свободных нейтронов, называемых вторичными. При каждом акте деления выделяется 200 МэВ энергии. Она выделяется в виде кинетической энергии и может быть использована в нагревательных целях (вода и другие теплоносители). Вторичные нейтроны в свою очередь могут вызвать деление других ядер урана. Возникает цепная реакция, в результате чего может выделиться огромная энергия. Именно подобный способ получения энергии используется в ядерных боеприпасах, управляемых ядерных энергетических установках на электростанциях на транспортных средствах с атомной энергетикой.

Другой способ получения атомной (ядерной) энергии – это слияние двух легких ядер в более тяжелое ядро. Объединение легких ядер в этом случае может происходить при сближении их до расстояний, где начинают действовать ядерные силы (сильное взаимодействие), то есть $\sim 10^{-15} \text{ м}$ ситуация достигается при сверхвысоких температурах около $1\,000\,000^\circ\text{C}$ и процессы эти носят название термоядерные реакции.

В природе такие процессы имеют место у звезд и, естественно, у «нашей» звезды – Солнца. В условиях Земли эти реакции происходят при взрывах водородных бомб (термоядерные оружия, ТЯО), а запалом для них служит обычная атомная бомба, способствующая возникновению сверхвысокотемпературных условий. Управляемый термоядерный синтез пока еще имеет лишь научно-исследовательскую направленность. Однако в направлении промышленно-хозяйственного использования (в мирных целях) работы ведутся во всех развитых странах.

Радиоактивность естественная была открыта французским физиком Анри Беккерелем в 1896 году. Это открытие являлось революционным событием в науке вообще и, разумеется, в физике и химии.

Радиоактивностью называют **самопроизвольное преобразование одних ядер в другие**.

Спонтанный распад ядер в условиях природной среды называется естественной радиоактивностью, а в условиях научно-исследовательской деятельности человека – **искусственной радиоактивностью**.

К открытию и исследованиям радиоактивности имеют прямое отношение и французские физики, супруги, Ирен (1897-1956) и Фредерик (1900-1958) Жолио-Кюри, наблюдавшие искусственную радиоактивность. Они же одни из первых исследователей, осуществивших ядерную реакцию.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Что можно сказать о развитии научных представлений о природе света?
- 2) Что значит «квантовая природа» физических явлений?
- 3) Что означает понятие «квантовая механика»?
- 4) Гипотеза де Бройля. В чем ее суть?
- 5) Модель атома Резерфорда.
- 6) Квантовая теория атома Н.Бора.
- 7) Многоэлектронный атом, принцип Паули. В чем он заключается?
- 8) Раскрыть понятие корпускулярно-волнового дуализма.
- 9) Чем занимается ядерная физика?

Тема 7

Современная естественнонаучная картина мироздания в свете идей глобального эволюционизма и синергетики.

В мировой науке идеи развития в той или иной мере имели место с давних времен. Особенно это чувствовалось в науке XVIII в. В XIX веке идеи эволюционного развития природы звучали все более внятно.

Очень отчетливо идея эволюционного развития природы выразилась в трудах Ч.Дарвина. В первой половине XX века мировая наука приобрела достаточно отчетливые представления об эволюции природы, общества, человека. Но универсального философского осмысления общего процесса эволюционирования в мироздании еще не было.

К концу XX века в естествознании сформировались основополагающие и теоретические и методологические основы для создания новой единой модели универсальной эволюции природы, ее закономерностей, направленности и движущих сил. Но рассмотрим ситуацию по порядку.

7.1. Законы термодинамики. Энтропия.

Господствующей тенденцией в материальном мире считалась направленность к разрушению возникающих спонтанно упорядоченных систем, возвращение их к исходному хаосу (греч. хаос – беспорядок, космос – порядок). Следовательно, упорядоченное состояние вещества, которое имеет место в живой материи, считалось возникшей случайно и нетипично. Ввиду этого в науке **сложилась модель стационарной Вселенной**. Незыблемые, казалось бы, представления о состоянии материи на основе **статистической механики и равновесной термодинамики (Законы термодинамики установлены Р.Клаузусом (1822-1888))**.

Закон сохранения и превращения энергии – **первый закон термодинамики** считают законом сохранения энергии для тепловых систем, когда энергия теплового движения превращается в энергию механическую, например, механическое движение. Первый закон термодинамики утверждает, что **тепло, сообщенное системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии и на совершение системной работы против внешних сил**. Другими словами: не может сооружена машина, которая способна была бы осуществлять работу, больше той энергии, что ей подведена извне (вспомним мечту о «вечном двигателе»).

Второй закон термодинамики (связан с именами Н.Карно, В.Томсона (Кельвина), Р.Клаузиуса, Л.Больцмана, Н.Нерста), посвящен взаимоотношениям между теплотой и работой, что собою представляют две формы энергии. При этом теплоту следует считать неупорядоченным хаотическим, а работу – упорядоченным движением. Мы можем используя механически произведенную энергию превратить в тепло, но в обратном направлении этого добиться нельзя (пример: механическое трение создает тепло (как древние люди получали огонь), но теплоту, полученную в обратном порядке, превратить в работу невозможно)). Закон открывает **направленность** процессов природы.

Здесь мы имеем явление, которое получило название **энтропия**. Термин предложил Р.Клаузиус (греч. entropia – превращение).

В соответствии со вторым законом термодинамики, в случае изолированной системы энтропия возрастает. Под энтропией следует понимать **степень или меру беспорядка в системе**. Можно привести следующую формулировку второго закона (начала) термодинамики: «При самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, **энтропия всегда возрастает**».

В системе, имеющей некоторое множество частиц, изолированной, обладающей постоянной энергией проявляется тенденция к состоянию наименьшей упорядоченности движения частиц, т.е. к полному термодинамическому равновесию, что соответствует полному хаосу. Если наша Вселенная замкнутая (как и предполагала наука раньше, т.е. вселенная считалась стационарной), то возникает вопрос – как же двигаясь к хаосу она эволюционировала и эволюционирует? Ведь достигнув термодинамического равновесия, то есть в результате полного превращения в ней всех видов энергии в тепло, она должна и потерять его, остав-

шись в самом простом состоянии **хаоса – термодинамическом равновесии** с температурой лишь на несколько градусов выше абсолютного нуля (абсолютный нуль – -273°).

7.1. Теория самоорганизации – синергетика. Глобальный эволюционизм.

Итак, Вселенная достигнув полного хаоса, потеряв тепло, должна погибнуть от «тепловой смерти»! но к счастью этого не происходит, как теперь стало ясным, потому что процессы, направленные против тенденции к термодинамическому равновесию, имеют достаточно универсальный характер и распространение в материи. Это процессы самоорганизации, самоусложнения, имеющиеся, как всем очевидно, в живой природе, но и, как теперь стало установленным, и в неживой природе. Здесь мы обращаемся к синергетике – теории самоорганизации, которая сейчас развивается по нескольким направлениям: общая теория самоорганизации (Г.Хакен (р. 1927)), неравновесная термодинамика (И.Пригожин (1917-2003)), автокатализ и др.

Очевидны некоторые положения, которые можно сформулировать на основе теории синергетики:

- процессы разрушения и созидания, деградации и эволюции во Вселенной по меньшей мере равноправны;



**И. Ньютон
(1643-1727)**



**М. Фарадей
(1791-1867)**



**Дж. Максвелл
(1831-1879)**



**Г. Герц
(1857-1894)**



М. Планк
(1858-1947)



А. Эйнштейн
(1879-1955)



П. Дирак
(1902-1984)

- процессы созидания (усложнения и упорядоченности материи) имеют единую сущность во всех природных системах, в которых они происходят.

То есть, надо полагать, что есть универсальный механизм, способствующий самоорганизации как в живой, так и в не живой природе.

Сегодняшняя наука считает все существующие системы, малые и большие, открытыми, обменивающимися с веществом и энергией с окружающей средой и, как правило, находящиеся в неравновесном состоянии. Наука установила, что такие системы претерпевают тенденцию к возрастанию упорядоченности и, таким образом, сложилось представление о **самоорганизации материальных систем**.

Если в живой природе процессы самоорганизации вполне очевидны, то в физике и химии этого достигнуть удавалось не сразу. Однако с помощью нового направления (в 1970-х годах) науки – **синергетики**, стало все яснее, что во всем мироздании происходят процессы, которые объясняются теорией самоорганизации. Возникла концепция **универсального эволюционизма**, которая связывает в единое целое и происхождение Вселенной (космогенез), и возникновение Солнечной системы и планеты Земля (геогенез), возникновение жизни (биогенез), появление человека и развитие человеческого общества (антропосоциогенез). Такую модель развития природы в целом стали называть «**глобальный эволюционизм**», то есть это – концепция развития Вселенной как формирующегося во времени **природного целого**.

В процессе саморазвития глобального универсума (мирового целого, или целого мироздания) огромную роль играет **естественный отбор**. Естественный отбор, известный как составная часть учения Дарвина и составная часть эволюции живой природы, теперь распространяется на весь комплекс процессов саморазвития, самоорганизации мироздания в целом.

Под самоорганизацией следует понимать спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее к более сложным и упорядоченным формам организации (системам).

Однако объектом синергетики могут быть не любые системы, а лишь те, которые отвечают двум требованиям:

- 1) они должны быть **открытыми**, т.е. обмениваться с внешней средой веществом и энергией;
- 2) они должны быть **неравновесными**, т.е. в состоянии далеком от термодинамического равновесия.

Но в настоящее время стало очевидным, что в природе преимущественно и существуют именно такие системы. Изолированных систем в природе (тем более закрытых систем) встретить не представляется возможным, а изолированные скорее встретятся в лабораториях. Возникает вопрос о Вселенной. Но мы уже выше этот вопрос обсуждали и пришли к выводу, что Вселенная просто обязана быть открытой системой, а иначе ее просто не должно быть. Но тогда встает другой вопрос, что в таком случае должно исполнять роль внешней среды для нее? Современная наука (физика, астрофизика) считает, такой средой является вакуум (о современных представлениях о физическом вакууме мы вели речь выше, рассматривая свойства материи).

Таким образом, сегодня наука синергетика утверждает, что открытые и неравновесные системы могут эволюционировать, т.е. развиваться путем самоорганизации от менее сложного и упорядоченного состояния к более сложному и упорядоченному. Этот процесс осуществляется в два этапа:

- 1) основной период эволюционного процесса, сопровождающийся изменениями, в результате чего система приходит к некоторому критическому неустойчивому состоянию;
- 2) момент выхода из этого состояния в форме «скачка» и переход в новое устойчивое состояние с более высокой степенью сложности и упорядоченности.

Ключевым моментом в этом процессе является ситуация, при которой система, достигшая критических значений из состояния предельной неустойчивости «вдруг» переходит в одно из возможных для нее новых устойчивых состояний. В этой точке, которая получила название «точка бифуркации», эволюционный процесс системы приобретает новое направление в виде разветвления, а какое направление конкретно получит дальнейшее развитие, решает **«его величество» случай**. Но когда «выбор сделан», система перешла в качественно новое устойчивое состояние, возврата назад нет. Следует заметить, что процесс этот не только необратим, но и непредсказуем (это из биологии давно известно по Дарвину, а из физики, гидродинамики, известно явление, названное **ячейками Бенара**). Суть ячейек Бенара состоит в том, что если подогревать жидкость, например, воду в круглом или цилиндрическом сосуде, между нижним и верхним ее слоем возникает естественно определенная разность (градиент) температур. Пока градиент небольшой, то перенос тепла происходит на микроскопическом уровне (хаотическое, ускоренное перемещение молекул) и никакого макроскопического движения не наблюдается. Но после того, как достигается некое критическое значение в жидкости мгновенно (скачком) образуется макроскопическое движение, четко сформированных структур, наблюдаемых сбоку как вертикально устроенные каналы движения жидкости, а сверху представляющие ячеистое образование (поверхности жидкости) похожее на пчелиные соты. Это, хорошо знакомое, явление с одной стороны, является поразительным и невероятным с другой, т.к. создается впечатление, что ячейки Бенара формируются как по команде, за счет, как будто согласованного, скоординированного, организованного движения молекул строго вертикально вверх, хотя до этого находились в хаотическом движении. Похоже на то, что получив «приказ» каждая молекула жидкости, встраивается в общий строй и осуществляет движение в четко организованном построении (кстати, смысл понятия «синергетика» соответствует понятию «согласованное действие»). Формирование такой ситуации противоречит классическим статистическим законам. Но, тем не менее, она возникает, а, главное, устойчивость ее сохраняется (при том, конечно, если условия для этого сохраняются). Следовательно, имеет место вывод – возникновение таких структур возрастающей сложности и упорядоченности **не случайность, а закономерность**. Сегодня мы имеем примеры такого порядка самоорганизации в других открытых не равновесных системах: рост кристаллов, действие лазера, химические часы (реакция Белоусова-Жаботинского), рост и формирование живого организма, динамика животных и растительных популяций, наконец рыночная экономика, когда хаотические действия миллионов предпринимателей приводят к формированию устойчивых и сложных макроструктур. Все это служит примерами самоорганизации различных систем.

На основе изложенного можно сформулировать некоторые обобщения.

1. Хаос не только разрушителен, но и созидателен, конструктивен; развитие происходит через неустойчивость (хаотичность). Порядок и хаос как бы дополняют друг друга.

2. Линейный характер эволюции сложных систем, как выясняется, не является правилом, а, скорее, исключение из правил, т.к. развитие большинства сложных систем носит не линейный характер. То есть, для сложных систем всегда имеется несколько путей дальнейшего развития.

3. Развитие продолжается за счет случайного выбора одной из нескольких возможностей дальнейшей эволюции, а, следовательно, случай есть часть механизма эволюции. При этом, следует знать, что осуществившийся выбор развития может не быть лучшим из других вариантов дальнейшей эволюции, отвергнутых случайным выбором.

Хотя синергетика вылилась из термодинамики и радиофизики, ее сущность носит междисциплинарный характер, она обуславливает базу для понимания глобального эволюционизма, о котором шла речь выше.

7.2. Общие контуры современной естественнонаучной картины мироздания.

Выше мы убедились, что мир, в котором живем, сложен из разномасштабных **открытых систем**, возникновение и развитие которых подчинено некоторым общим закономерностям. История процесса развития мироздания достаточно длительная и сегодня, в общем виде, она известна науке. Ниже приводятся основные этапы возникновения и формирования Вселенной.

* 15 млрд. лет назад –	Большой взрыв
* 3 минуты спустя –	образование вещественной основы Вселенной (фотоны, нейтрино и антинейтрино с примесью ядер водорода, гелия и электронов)
* Через несколько сотен тысяч лет –	появление атомов легких элементов
* 14-11 млрд. лет назад –	образование разномасштабных структур (галактик), появление звезд первого поколения, образование атомов тяжелых элементов
* 5 млрд. лет назад –	рождение Солнца
* 4,6 млрд. лет назад –	образование Земли
* 3,8 млрд. лет назад –	зарождение жизни
* 450 млрд. лет назад –	появление растений
* 150 млрд. лет назад –	появление млекопитающих
* 2 млн. лет назад –	начало антропогенеза

Следует отметить, что науке известны не только «даты» вселенских событий (самые для нас важные отмечены выше), но и многое в механизмах эволюции Вселенной от Большого взрыва до наших дней. Те, именно, революционного значения открытия, которые сделала наука за несколько десятилетий второй половины XX в. производят грандиозное впечатление: **предложена и обоснована концепция Большого взрыва, построена кварковая модель атома, установлены типы фундаментальных физических взаимодействий, сформулированы первые теории их объяснений и др.** Здесь приведены лишь главные успехи физики и космологии, т.к. именно эти фундаментальные науки формируют общие контуры научной картины мироздания. Не следует забывать, что параллельно шел процесс добывания новых научных фактов, создания новых теорий во многих областях естествознания (биологии, химии, кибернетики, экологии и т.д.).

Современное естествознание создает картину мироздания, которая поражает с одной стороны своей сложностью, а с другой – удивительной простотой. Иными словами она сложна, т.к. с трудом поддается пониманию то, что противоречит представлениям классического естествознания (пространственно-временные идеи, корпускулярно-волновой дуализм квантовых объектов, новое объяснение вакуума, способного рождать виртуальные частицы и т.д.). Все это вполне может поставить человека в тупик, однако следует вспомнить, что в развитии научного познания мало ли было открытий, которые частично, или полностью отвергали прежние представления, внося совершенно новые идеи, теории, объяснения, наконец – доказательства.

Современная научная картина мира в то же время весьма проста и имеет стройное содержание, что ей придают известные нам уже важнейшие принципы:

- * системность;
- * глобальный эволюционизм;
- * самоорганизация;
- * историчность.

Перечисленные принципы обнаруживаются в самом процессе существования и развития Природы.

Системность – означает, что наукой устанавливается характер Вселенной, как крупнейшей из известных систем, в составе которой содержится огромное множество элементов (подсистем) разного уровня сложности и упорядоченности. Иными словами – «система» - это

некое упорядоченное множество взаимосвязанных элементов. Например, атомы водорода и кислорода (представляющие сами по себе атомные системы) объединенные в молекулу воды полностью изменяют свои свойства, олицетворяют совсем иную по своим характеристикам систему. Другая особенность систем – это **иерархичность**. То есть, те же атомы водорода и кислорода, будучи менее сложными по сравнению с молекулой воды, находясь в составе молекулы воды, обеспечивают уже более высокий уровень сложности для нее.

Или, например, Солнечная система представляет собой более сложное образование по сравнению с входящими в нее отдельными планетами и т.д.

Однако во всякой системе, как нетрудно понять, любые элементы ее составляющие, создают принципиальное их единство (человек – биосфера – планета Земля, – Солнечная система – Галактика и т.д., причем не надо забывать, что Человек как живой организм представляет сам по себе сложную систему с входящими в нее менее сложными компонентами).

Глобальный эволюционизм – понятие, содержащее представление о Вселенной и всех входящих в ее состав менее масштабных систем, как о структурах, подверженных эволюционному характеру развития.

Самоорганизация – способность материи к самоусложнению, созданию все более упорядоченных структур в ходе эволюции, на всех системных уровнях.

Историчность – сравнительно новая характеристика современной естественнонаучной картины мира. Она состоит в том, что сегодняшняя, скажем, картина мира является порождением всей предшествующей с историей познания мироздания, но на этом вовсе не заканчивается познание окружающего мира. Впереди перспектива открытий новых и новых сторон мироздания. Таким образом, мы имеем на каждом историческом отрезке времени то, когда в принципе нельзя говорить о завершенности научной картины мира, а, напротив, о незавершенности ее.

К тому же еще и сама Вселенная претерпевает непрерывный процесс эволюционирования. Отсюда следует, что в условия развития познания Вселенной и эволюционный процесс самой ее, накладываясь друг на друга, делает совершенно невозможным построить окончательную, завершенную, абсолютно истинную научную картину мироздания.

Вопросы для самопроверки.

- 1) В чем суть модели стационарной Вселенной? На какой идее она основана?
- 2) Что утверждают законы термодинамики?
- 3) Что такое энтропия? Какова связь энтропии и термодинамическими законами?
- 4) Закрытые, открытые, изолированные системы – что это такое? Объясните.
- 5) Самоорганизация, саморазвитие, самоусложнение в природе – как Вы это себе представляете? Что такое «синергетика»?
- 6) Что является сутью понятия «Глобальный эволюционизм»? Какое это имеет значение в научном познании?
- 7) Что означает понятие «точка бифуркации»? Объясните что такое «скачкообразный переход системы из одного состояния в другое»? Каким могут оказаться эти системы?
- 8) Общие контуры современной картины мироздания. Опишите.
- 9) Какие принципы лежат в основе современной естественнонаучной картины мироздания?

Тема 8

Специальная теория относительности Эйнштейна

Выше отмечалось, что на основе успехов в исследовании природы электричества и магнетизма (Эрстеда, Ампера, Фарадея) Максвелл ввел понятие электромагнитного поля. Согласно его теории, каждая заряженная частица окружена полем (невидимым ореолом), оказывающим воздействие на другие заряженные частицы, находящиеся поблизости. То есть, поле одной частицы действует на другие заряженные частицы с некоторой силой. Такое суждение о природе взаимодействия совсем не соответствовало ньютоновской концепции тяготения, где притяжение считалось силой прямого взаимодействия между массами, разделенными

пространством. В теории Максвелла движение частицы, находящейся в данной точке пространства, определялось силовой характеристикой – **напряженностью поля** в этой точке.

Теория электромагнитного поля Максвелла открыла новую эпоху в физике и естествознании. Именно на этом этапе развития физики электромагнитное поле стало реальностью, материальным носителем взаимодействия. Мир постепенно стал восприниматься учеными, как электродинамическая система, построенная из электрически заряженных частиц, которые взаимодействуют между собой посредством электромагнитного поля.

Проводя соответствующие вычисления и анализируя их, Максвелл пришел к выводу о том, что должны существовать так называемые **электромагнитные волны**, причем скорость их распространения должна быть равна скорости света. Отсюда вытекал любопытный вывод: **свет есть разновидность электромагнитных волн**.

Предсказанные теорией Максвелла электромагнитные волны действительно были открыты в 1888 г. Генрихом Герцем (1857-1894). Он осуществил передачу и прием электромагнитных волн очень большой длины – **радиоволн**. Сегодня мы имеем дело с целым набором электромагнитных волн, длина которых варьирует от значений очень маленьких, меньше чем $1/10000000000000$ м до многих километров. Все вместе они составляют **электромагнитный спектр**. Это и гамма-, и рентгеновские лучи, ультрафиолетовые излучения, видимый свет, инфракрасное, микроволновое и радиоизлучение. Излучения всех этих видов распространяются в вакууме со скоростью света и имеют одну и ту же природу.

Трудно представить какую-либо волну без среды, в которой она могла бы распространяться. Звуковые волны распространяются в различных средах: воздухе, воде, твердом теле. Поверхностные волны движутся по поверхности воды.

Но в какой же среде распространяются электромагнитные волны?

Максвелл вынужден был возродить старую идею о существовании **эфира, заполняющего пространство**, который должен служить носителем электромагнитных волн. Система отсчета, связанная с неподвижным эфиром, рассматривалась как абсолютный критерий состояния покоя и отождествлялась с абсолютным пространством.

Были попытки ученых экспериментально определить скорость движения Земли относительно эфира, но все заканчивались отрицательными результатами. Эфир обнаружить не удавалось (известны опыты американского физика Майкельсона). Становилось ясно, что убедиться в факте движения Земли относительно эфира невозможно.

Возникла проблема в следующем. Если законы механики верны во всех инерциальных системах отсчета, то для электродинамики Максвелла это правило не подходит. Почему?

8.1. Специальная теория относительности Эйнштейна.

В 1905 г. А.Эйнштейн (1879-1955), в Швейцарии, в Берне публикует свою работу, в которой изложена **специальная теория относительности**. Эта теория разрешила проблемы электродинамики и опытов Майкельсона, а также разрушила непрочные к этому времени классические понятия пространства и времени.

Теория Эйнштейна базировалась на двух постулатах.

Первый постулат – принцип относительности: все инерциальные системы отсчета эквивалентны друг к другу в отношении постановки в них любых физических экспериментов. Он означает, что равномерное и прямолинейное движение лабораторной системы никак не отражается на результатах, проводимых в ней опытов, **если она не ускоряется и не вращается**. Принцип относительности устранил различия в проявлении законов механики и электродинамики при переходе в другие инерциальные системы отсчета, отбросил как ненужную идею о неподвижном эфире ньютоновского абсолютного пространства. Таким образом, фундаментальная основа классической физики, существовавшая более двухсот лет, была снесена.

Второй постулат – скорость света является постоянной во всех инерциальных системах отсчета. Это означает, что скорость света в вакууме не зависит от движения источника и приемника, она одинакова во всех направлениях и равна 300 000 км/с. Но это ведь противоречит здравому смыслу. Действительно, если космический корабль приближается к какому-либо источнику света со скоростью 100 000 км/сек, и если свет от этого источника распространяется со скоростью 300 000 км/сек, то здравый смысл подсказывает, что относительная скорость космического корабля и света должна быть равной 400 000 км/сек. Однако, специ-

альная теория относительности утверждает, что в этом случае наблюдатель определит скорость приходящего к нему света равной 300 000 км/сек.

Выводы такого рода кажутся абсурдными, но они согласуются с результатами опытов Майкельсона и неудачами всех экспериментов, с помощью которых исследователи старались продемонстрировать влияние относительного движения источника и наблюдателя на измеренную величину скорости света.

Вселенная устроена так, что все наблюдатели должны получить в результате своих измерений одну и ту же скорость света. Результаты, полученные самыми точными опытами и неоднократно, и не одними и теми же исследователями не подлежат никакому сомнению. Поэтому нам приходится принять **постоянство скорости света**, как истинный вывод, хотя он и противоречит нашему «здравому смыслу».

Из положений специальной теории относительности следует несколько любопытных выводов.

1. Сокращение длины. Один из крупнейших физиков-теоретиков Лоренц (1853-1928) отмечал, что движение любого объекта влияет на измеренную величину его длины. Если космический корабль проносится с большой скоростью мимо находящегося в неподвижном состоянии наблюдателя, то этому наблюдателю длина корабля покажется короче действительной на величину, зависящую от скорости корабля. Чем ближе скорость корабля к скорости света, тем более заметным становится данный эффект, и если бы корабль мог двигаться точно со скоростью света, то наблюдаемая длина оказалась бы равной нулю.

2. Замедление времени. В быстро движущемся космическом корабле время течет медленнее, чем в лаборатории неподвижного наблюдения. Если бы наблюдатель, находящийся на Земле, мог следить за часами в летящей на большой скорости ракете, то он пришел бы к выводу, что они идут медленнее его собственных. Если бы ракету можно было разогнать до скорости света, то для «покоящегося» наблюдателя время внутри нее остановилось бы.

Этот эффект замедления времени на борту ракеты касается буквально всего, включая процессы и даже биологические ритмы экипажа. Другими словами, с точки зрения земного наблюдателя члены космического корабля стареют медленнее, чем их земные двойники. Если один из двух близнецов совершит длительное космическое путешествие со скоростью, близкой к скорости света, то по возвращении на Землю он обнаружит, что оставшийся дома его брат стал гораздо старше его самого (т.наз. парадокс близнецов). Эффект замедления времени подтвержден многими экспериментами с космическими лучами.

3. Увеличение массы. Пытаясь согласовать со специальной теорией относительности второй закон Ньютона, Эйнштейн обнаружил еще одно следствие своей теории: масса тела зависит от скорости его движения. Масса движущегося тела, с точки зрения неподвижного наблюдателя, оказывается больше массы покоя того же тела. Чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше становится его масса, и если бы тело могло двигаться со скоростью света, то его масса возросла бы до бесконечности. Отсюда, однако, следует, что никакое тело с отличной от нуля массой нельзя разогнать до скорости света, так как для этого требуется бесконечная энергия.

Изменения пространственно-временных характеристик тел при скоростях, соизмеримых со скоростью света называют в теории относительности **релятивистскими эффектами**.

Кстати, о связи массы и энергии Эйнштейн в том же 1905 году опубликовал сообщение. По его заключению «масса тела есть мера энергии заключенной в нем». Он предложил формулу этих соотношений $E=mc^2$, где E – полная энергия тела, m – его масса покоя, c – скорость света.

Суть специальной теории относительности состоит в том, что никакую информацию нельзя передать быстрее скорости света, т.к. в ином случае нарушается **закон причинности**: причина всегда предшествует следствию. Во вселенной тогда бы нарушилась логическая связь событий: **они стали бы абсолютно случайными и непредсказуемыми**.

Известно, что в окружающем нас мире имеются три измерения. Согласно точке зрения Ньютона, время – независимый, непрекращающийся, ровно текущий поток. Однако **теория относительности** утверждает, что время нельзя рассматривать как нечто отдельно взятое и неизменное. В 1907 г. немецкий математик Минковский (1864-1909) высказал предположение, что три пространственные и одна временная размерность тесно связаны между собой. Все события во Вселенной должны происходить в **четырёхмерном пространстве – времени**.

Эйнштейн немедленно оценил преимущество пространственно-временного описания для специальной теории относительности. С тех пор законы природы записываются в четырехмерном виде.

Таким образом, наша Вселенная очевидно четырехмерна. Пространство и время нельзя рассматривать как независимые физические сущности – напротив, они самым тесным образом связаны между собой.

Специальная теория относительности произвела революцию в понимании пространства, времени и Вселенной.

Но это была не единственная революция в физике начала XX века. В то же, приблизительно, время изменились представления о природе излучения и вещества. Наступала пора становления квантовой физики, о которой шла уже речь в предыдущих разделах.

8.2. Теория гравитационного поля Эйнштейна. Общая теория относительности.

В 1916 г. Эйнштейн опубликовал свою **общую теорию относительности**, которая способствовала еще одному перевороту в физических представлениях. Речь идет о природе гравитационного взаимодействия. Основа этой теории была заложена в сформулированном Эйнштейном **принципе эквивалентности** (1907 г.).

Суть этого принципа заключается в следующем. Термин «масса» в законах Ньютона имеет смысл **инертной массы** – меры сопротивления тела любому изменению состояния его движения. Но понятие «масса» в ньютоновском законе всемирного тяготения имеет другой смысл – это тяготеющая масса или **гравитационная масса**. Еще Галилей утверждал, что в гравитационном поле все тела, независимо от их массы, приобретают одинаковые ускорения. Отсюда вытекает равенство инертной и гравитационной масс. Сам факт их равенства и то, что все тела падают в гравитационном поле с одинаковым ускорением, называют иногда слабым принципом эквивалентности.

Указанное свойство гравитационных полей дает возможность установить существенную аналогию между движением тел в гравитационном поле и движением тел, не находящихся в каком-либо внешнем поле, но рассматриваемых с точки зрения **неинерциальной системы отсчета**. Свойства движения в неинерциальной системе отсчета такие же, как и в инерциальной системе при наличии гравитационного поля. Другими словами, неинерциальная система отсчета эквивалентна некоторому гравитационному полю. Это и называют **принципом эквивалентности**. Так, если вы находитесь в закрытой кабине лифта (пример Эйнштейна), то вы не в состоянии отличить влияние тяготения от эффектов ускоренного движения. В такой закрытой кабине невозможны никакие эксперименты, которые позволили бы вам отличить явления, связанные с тяготением от явлений, характерных для ускоренного движения. Внутри небольшой замкнутой кабины эффект гравитации и ускоренного движения неразличимы.

Одно из **следствий принципа эквивалентности** – отклонение лучей света (фотонов) вблизи тяготеющих масс, а свет, испускаемый тяготеющей массой, должен испытывать красное смещение. Это было подтверждено экспериментально.

Другим ключевым следствием в общей теории относительности было понятие **кривизны пространства – времени**. Эйнштейн предположил, что в присутствии массивных тел должно искривляться все пространство – время, (а не только пространство) и что лучи света и частицы будут двигаться в пространстве – времени самым коротким путем – **по геодезическим линиям**. (геодезическая линия на сфере – это дуга). Иными словами, тяготение есть следствие геометрических свойств пространства – времени вблизи массивных тел. Чем массивнее тело и выше его плотность, тем больше оно искривляет окружающее его пространство – время, и тем большую силу притяжения испытывают соседние тела.

Общая теория относительности в корне изменила представления о пространстве, времени, о Вселенной. Она привела к отказу от какого бы то ни было центризма вообще (вспомните геоцентризм, гелиоцентризм и т.д.). Метагалактика – или вся наша наблюдаемая астрономическая Вселенная как единое целое – стала описываться **однородной и изотропной** безграничной релятивистской космологической моделью.

8.3. Космологические модели вселенной (третья естественнонаучная революция).

Первой релятивистской космологической моделью (модель Вселенной), была предложенная самим Эйнштейном. Это была стационарная конечная сферическая замкнутая модель. Затем русский физик, геофизик и космолог А.А. Фридман (1888-1925) в 1922 г. нашел ряд решений для расширяющихся Вселенных, заполненных веществом. Три модели Вселенной Фридмана и до сих пор служат основой для самых современных космических построений. Фридман сделал два очень простых предположения: во-первых, Вселенная выглядит одинаково, в каком бы направлении мы ее не наблюдали (**изотропность Вселенной**), и, во-вторых, это утверждение должно оставаться справедливым и в том случае, если бы мы производили наблюдения из какого-нибудь другого места (**однородность Вселенной**). Эти два предположения составляют так называемый **космологический принцип**. Не прибегая ни к каким другим предположениям, Фридман показал, что Вселенная не должна быть статической.

Предположение об одинаковости Вселенной во всех направлениях на самом деле, конечно, неверно. Как мы знаем, другие звезды в нашей Галактике образуют четко выделяющуюся световую полосу, которая проходит через все небо – **Млечный путь**. Но если говорить о далеких галактиках, то их число во всех направлениях примерно одинаково. Следовательно, Вселенная действительно «примерно» одинакова во всех направлениях при наблюдении в масштабе, большем по сравнению с расстоянием между галактиками. Долгое время это было единственным обоснованием гипотезы Фридмана как «грубого» приближения к реальной Вселенной. Но потом выяснилось, что астрономические наблюдения, сделанные в XX в., согласуются с космологическими моделями Фридмана и свидетельствуют о том, что Вселенная расширяется из начальной **сингулярности** (т.е. из очень малого объема, где плотность материи бесконечна).

Эйнштейн сомневался относительно теоретической обоснованности космологических моделей Фридмана, но вскоре признал свои сомнения необоснованными.

С другой стороны, американский астроном Хаббл (1869-1953) в 1929 г. сопоставляя наблюдаемое систематическое доплеровское «покраснение» далеких галактик по мере их удаления от нас, установил, что эти галактики равномерно удаляются от нашей Галактики и друг от друга, т.е. вся наша Метагалактика систематически равномерно расширяется. Напомним, что **эффект Доплера** – это увеличение длины волны света при движении источника света от наблюдателя (так называемое «красное смещение»).

Выяснилось, что нашу, в общем, достаточно однородную и изотропную Метагалактику, которая равномерно расширяется, действительно можно описывать соответствующей релятивистской космологической моделью Фридмана.

Обобщая сказанное, мы можем утверждать, что **третья глобальная естественнонаучная революция** радикально преобразила научную картину мира, изменив астрономию, космологию, физику и означала полный **отказ от всякого центризма**.

Если каждую из трех глобальных естественнонаучных революций назвать по имени ученых, завершивших эти революции, то последние две революции можно назвать ньютоновской и эйнштейновской.

Как устроена Вселенная? Как она «живет» и развивается? Конечно она или бесконечна? Возникла ли она какое-то время назад или существовала всегда? Будет ли она существовать вечно или когда-нибудь наступит ее конец?

Вот ключевые вопросы, которые придают космологии необычайную привлекательность. По существу это фундаментальные вопросы естествознания.

Ньютон представлял Вселенную бесконечной. Его закон всемирного тяготения столкнулся с непреодолимой трудностью, когда речь зашла о Вселенной как о едином целом. Действительно, если бы звездная Вселенная обладала конечными размерами в гравитационное взаимодействие (т.е. притяжение) вовлеклась бы каждая частица вещества и Вселенная сколлапсировала бы в единую массу. Чтобы это преодолеть, Ньютон постулировал, что Вселенная бесконечна, так что силы тяготения в данной точке взаимно компенсируются и нет центра, на который могло бы все падать.

Отметим в этой связи один важный факт: ночное небо темное. Почему? Вселенная не может представлять собой константное распределение звезд, бесконечных по возрасту и раз-

мерам. Действительно, если бы это было не так, то каждый взгляд наблюдателя встречал бы звезду, но небо-то – темное! Объяснение этого факта лежит в космологической модели расширяющейся Вселенной. Чем дальше находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется от нас, и тем больше красное смещение линий ее спектра. А красное смещение излучения источника ослабляет его интенсивность. На определенном расстоянии красное смещение становится так велико, что мы уже не видим света источника. Согласно закону Хаббла (закон разбегания галактик) определенную границу имеет, по крайней мере, наблюдаемая часть Вселенной, т.е. красное смещение порождает космологический «горизонт», за который наш взгляд проникнуть уже не может. Так как свет от объектов, лежащих за космологическим горизонтом, не доходит до нас, то нет никаких проблем и с темнотой ночного неба.

Какой, казалось бы, простой вопрос, а ответ на него потребовал наших современных знаний о Вселенной.

Попытаемся ответить также на вопрос: существует ли центр Вселенной? На первый взгляд закон Хаббла гласит о том, что мы находимся в центре расширения мира, и все галактики во Вселенной удаляются от нас, т.е. мы как бы находимся в центре мира. Но есть и другой ответ на этот вопрос. Вселенная будет выглядеть одинаково во всех направлениях и в случае, если смотреть на нее с какой-нибудь другой галактики (гипотеза однородности Вселенной Фридмана). В модели Фридмана все галактики удаляются друг от друга. На самом деле это следствие расширения Вселенной как единого целого. Для пояснения этого важного момента сравним модель Вселенной с воздушным шариком. Нанесем на надутый шарик точки (галактики) и будем продолжать его надувать. Расстояние между любыми двумя точками увеличивается, но ни одну из них нельзя назвать центром расширения. И еще: чем больше расстояние между точками, тем быстрее они удаляются друг от друга. Итак, опять модель Фридмана подсказала ответ на поставленный вопрос.

Несмотря на успех этой модели и на согласие ее предсказаний с наблюдениями Хаббла, работа Фридмана оставалась неизвестной на западе, и лишь в 1935 году американцы Робертсон и Уолкер предложили сходные модели в связи с открытием Хаббла.

Существуют три модели Фридмана, для которых выполним космологический принцип. В первой модели Вселенная расширяется медленно для того, чтобы в силу гравитационного притяжения между различными галактиками расширение Вселенной замедлялось и, в конце концов, прекращалось. После этого Вселенная начинает сжиматься. В остальных моделях сжатия не происходит. В первой модели Фридмана пространство искривляется, замыкаясь на себя, как поверхность Земли. Поэтому размеры его конечны. Во второй модели, в которой Вселенная расширяется бесконечно, пространство искривлено иначе – как поверхность седла, т.е. в этом случае пространство бесконечно. В третьей модели Фридмана пространство плоское и значит тоже бесконечное.

Но какая из моделей Фридмана подходит для нашей Вселенной? Перестанет ли Вселенная расширяться и начнет сжиматься, или же будет расширяться вечно? Чтобы ответить на эти вопросы, нужно знать нынешнюю скорость расширения Вселенной и ее среднюю плотность.

Имеющиеся данные на сегодняшний день говорят о том, что Вселенная, вероятно, будет расширяться вечно. Как говорил знаменитый английский физик-теоретик Стивен Хокинг, единственное в чем можно быть совершенно уверенным, так это в том, что если сжатие Вселенной все-таки произойдет, то никак не раньше, чем через 10 000 000 000 лет (10 млрд.), ибо, по крайней мере, столько времени она расширяется. Но это не должно нас слишком тревожить: к тому времени, если мы не переселимся за пределы Солнечной системы, человечества давно уже не будет – оно угаснет вместе с Солнцем.

Все варианты модели Фридмана имеют общее: в какой-то момент времени в прошлом (десять-двадцать миллиардов лет назад) расстояние между соседними галактиками должно было равняться нулю. В этот момент (называемый **Большим взрывом**) плотность Вселенной и кривизна пространства-времени должны были быть бесконечными. Поскольку математики не умеют обращаться с бесконечно большими величинами, это означает, что, согласно общей теории относительности во Вселенной должна быть точка, в которой сама эта теория неприменима. Такая точка называется **особой** или **сингулярной**. В этой точке наши теории неверны из-за бесконечной плотности материи и бесконечной кривизны пространства-времени. Следовательно, если перед Большим взрывом и происходили какие-то события, по ним нельзя было спрогнозировать будущее. Следовательно, те события, которые происходили до

Большого взрыва нужно исключить из модели и считать началом отсчета времени момент Большого взрыва.

Итак, если верна общая теория относительности, то Вселенная могла иметь сингулярную точку, Большой взрыв. Но вот следует ли из общей теории относительности, что у Вселенной должно быть начало времени? Ответ на этот вопрос был получен в 1965г. английским математиком и физиком Р.Пенроузом. Пенроуз показал, что когда звезда сжимается под действием собственных сил гравитации, она ограничивается областью, поверхность которой сжимается до нуля; то же самое происходит и с объемом ее. Возникает сингулярность в области пространства-времени, она называется **черной дырой**. Стивен Хокинг заметил, что если в теореме Р.Пенроуза изменить направление времени на обратное, то эта теорема тоже будет верна.

В итоге Хокингу и Пенроузу в 1970 г. удалось доказать, что сингулярная точка Большого взрыва должна существовать. Однако с развитием **квантовой теории гравитации** было показано, что эффект сингулярности может исчезнуть.

Как бы то ни было, остается необходимость исследований в области квантовой гравитации, в решении проблемы начала и конца времени существования Вселенной, в решении проблемы сотворения мира из, так называемого, **геометрического пространства – абсолютного Ничто** (теория физического вакуума Г.И.Шипова).

Вопросы для самопроверки.

- 1) В чем заключается суть теории электромагнетизма Д.Максвелла?
- 2) С какой проблемой столкнулась теория электромагнетизма Д.Максвелла?
- 3) Что можно сказать о всех видах излучений? Что общего в их природе? Какова их особенность распространения?
- 4) В чем суть специальной теории относительности (СТО) А.Эйнштейна? Постулаты А.Эйнштейна.
- 5) Какие выводы вытекают из специальной теории относительности (об изменении длины, замедлении времени, увеличении массы)?
- 6) В чем суть четырехмерности при изучении материи, Вселенной?
- 7) В чем суть общей теории относительности А.Эйнштейна?
- 8) Космологические модели строения Вселенной, модели А.А.Фридмана, на каком принципе основная модель Фридмана?
- 9) Третья естественнонаучная революция (ЕНР) как период грандиозных научных достижений в изучении Вселенских процессов и построения новой картины мироздания.

Тема 9

Представления о пространстве, времени, симметрии и законах сохранения

Пространство и время относятся также к понятиям, всегда возбуждавшим умы человечества. Уже в античный период мыслители пытались составить представление о том, что такое время, пространство. Утверждения древних греческих ученых (атомистов) по поводу пространства и времени были противоречивы. Одни считали пространство пустым, другие, напротив с этим не были согласны. Однако в те времена все же сложилось представление о пространстве как о чем-то бесконечном и однородном.

9.1.Ньютоновская концепция абсолютного пространства и времени.

Известный нам уже Исаак Ньютон (1642-1726), будучи великим мыслителем, ученым, математиком, физиком не мог не задумываться над проблемами пространства и времени. В 1687 году вышел его знаменитый труд «Математические начала натуральной философии», значение которого огромно для состояния и дальнейшего развития естествознания (на тот момент).

Согласно его утверждениям, **мир состоит из материи, пространства и времени**. Эти три категории независимы друг от друга. Материя размещена в бесконечном пространстве. Движение её происходит в пространстве и во времени. По Ньютону пространство может быть абсолютным и относительным. Абсолютное пространство бесконечно и неподвижно. Относительное – это часть абсолютного. Время он классифицировал так же: абсолютное время или истинное (математическое) – это то, что всегда и везде течет равномерно. Относительным временем Ньютон считал то, что существует в реальной жизни: секунда, минута, час, сутки, месяц, год. Абсолютное время и абсолютное пространство является по Ньютону вмещением всех материальных тел и пространств и не зависят ни от чего.

Понятие «масса» определяется им как «пассивная сила» (сила инерции) и «активная сила», способствующая движению тел. Изучив особенности движения тел, Ньютон вывел знаменитые законы.

1. Всякое материальное тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие других тел не изменит это состояние. Стремление тела сохранить состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения называется **инертностью**. Поэтому первый закон Ньютона называют законом **инерции**.

2. Ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально силе, действующей на тело, и обратно пропорционально массе тела.

3. Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению.

Второй закон выражается формулой

$$F=ma, \text{ или } a=F/m,$$

где «*a*» - ускорение, получаемое телом под действием силы «*F*», обратно пропорционально массе «*m*».

Величина «*m*» - инертная масса тела, которая сопротивляется действию силы стремящейся нарушить состояние покоя тела или его движения. Следовательно, второй закон Ньютона справедлив лишь в **инерциальных** системах отсчета.

Первый закон может вытекать из второго, так как, если тело не испытывает никаких воздействий со стороны других сил, то его ускорение равно нулю.

С другой стороны, первый закон может считаться самостоятельным, так как он утверждает существование **инерциальных систем отсчета**.

* Инерциальной системой отсчета является такая система, в которой справедлив закон **инерции**: материальная точка, если на нее не действуют никакие силы (или действуют силы, взаимно уравновешенные), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Опытным путем установлено, что инерциальной системой можно считать гелиоцентрическую (звездную) систему отсчета, начало координат которой находится в центре Солнца, а оси идут в направлении определенных звезд. Система отсчета, связанная с Землей, строго говоря, неинерциальная, т.к. есть особенности, связанные с тем, что Земля вращается и вокруг своей оси, и вокруг Солнца. Однако эти обстоятельства дают незначительный эффект, и для решения многих задач ими можно пренебречь, и в таких случаях систему можно считать инерциальной.

Если системы отсчета движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно и в одной из них справедливы законы динамики Ньютона, то эти системы инерциальные.

Установлено, что **во всех инерциальных системах отсчета законы классической динамики имеют одинаковую форму; в этом сущность механического принципа относительности – принцип относительности Галилея**. Это означает, что уравнения динамики при переходе от одной инерциальной системы к другой не изменяются, т.е. инвариантны по отношению к преобразованию координат. Суть этого положения можно пояснить следующим примером: если мы сидим в каюте корабля, движущегося равномерно и прямолинейно, мы не можем определить, движется ли корабль, не выглянув в окно.

А.Пуанкаре распространил принцип относительности на все электромагнитные процессы, а А.Эйнштейн использовал его для **специальной теории относительности**.

Современная формулировка принципа относительности такова:

все инерциальные системы отсчета равноправны между собой (неотличимы друг от друга) в отношении протекания физических процессов или, иными словами, физиче-

ские процессы не зависят от равномерного и прямолинейного движения системы отсчета.

Инвариантность – неизменность физических величин или свойств природных объектов при переходе от одной системы отсчета к другой.

Ньютон, опираясь на открытый им закон всемирного тяготения, дал ответ на вопросы, почему Луна вращается вокруг Земли, и почему планеты движутся вокруг Солнца. В каждом отдельном случае он мог рассчитать силу тяготения, но как передается взаимодействие между массами упомянутых тел, объяснить он не мог. В его трудах сила тяготения – это сила, действующая на больших расстояниях (дальнодействующая сила), однако какова природа этого взаимодействия для Ньютона осталось не ясной. Тем не менее, Ньютоновская механическая парадигма в естествознании господствовала более 200 лет, хотя и подвергалась критике, в том числе и его понимание пространства и времени (Лейбниц, Гегель, Беркли и др.). В конце XIX и в начале XX вв. стали формироваться принципиально новые научные представления об окружающем материальном мире. Это, как указывалось выше, релятивистская, затем квантовая парадигмы; далее физическую картину мира дополнила концепция поля как материальной среды, где связываются частицы вещества и все физические объекты материального мира; стали известны четыре вида взаимодействия материальных объектов: электромагнитное, гравитационное, сильное и слабое, о которых мы вели речь выше.

9.2. Свойства пространства и времени и законы сохранения

Какие же основные свойства пространства и времени мы должны отметить? Прежде всего, пространство и время – явления реальные и объективны. Они существуют независимо от сознания нашего и нашего познания их объективной реальности.

Пространство и время – это универсальные и всеобщие формы бытия материи. Нет ни явлений, ни событий, ни предметов, которые существовали бы вне пространства и времени.

Важное свойство пространства – это трехмерность, любой предмет можно определить с помощью трех независимых величин – координат. В прямоугольной (декартовой) системе координат – это X, Y, Z , называемые длиной, шириной и высотой; в сферической системе координат – радиус – вектор r и углы α и β ; в цилиндрической системе – высота z , радиус-вектор r и угол α .

В науке еще используется многомерное пространство (n -мерное). Это понятие математической абстракции, играющее важную роль, но к реальному пространству не имеет отношения.

Отметим, что между понятием время и понятием пространство есть очень важное отличие. Если в пространстве можно в каждую его область неоднократно вернуться, то время этого сделать никак не позволяет, оно необратимо и одномерно, и течет из прошлого через настоящее в будущее. Возвратиться назад в какую-либо точку времени никак невозможно, перескочить в будущее через какой-нибудь временной промежуток также невозможно.

Стрела времени – понятие, которое было введено в 1928 г. Автор английский астрофизик А.Эддингтон (1882-1944). Применяется это понятие при описании природных процессов, которые протекают спонтанно, самопроизвольно и только в одном направлении. К ним относятся большинство реальных физических процессов (телопередача, теплообмен, диффузия, вязкость, распад элементарных частиц, трение), а также процессы космической, химической, биологической и психологической эволюции.

При этом принято различать три стрелы времени: 1) термодинамическую, 2) психологическую, 3) космическую.

Термодинамическая стрела времени характеризует направление времени, в котором энтропия возрастает.

Психологическая стрела времени характеризует особенности восприятия длительности протекающих в мире процессов органами чувств человека, например, устанавливает различие между прошлым, настоящим и будущим, т.е. направленность от прошлого к будущему.

Космологическая стрела времени обуславливает направление эволюции нестационарной, неравновесной Вселенной (согласно современной теории и космологической модели Вселенной она расширяется, а не сжимается). По мнению некоторых ученых Вселенная рас-

ширятся не в пустоту, а в среду, наполненную элементарными частицами, которые вступают во взаимодействие с Вселенной и оказываются в ней, и таким образом, как полагают они, Вселенная пополняется новой материей.

Пространство обладает свойством **однородности и изотропности**, а время – свойством однородности. Однородность пространства – это равноправие всех его точек, а **изотропность** – это равноправие всех направлений. Во времени все точки равноправны, не существует преимущественной точки отсчета, любая может быть принята за начальную точку отсчета.

Биологическое пространство и время – это характеристика пространственно-временных особенностей органической материи: биологическое бытие человеческого индивида, смену видов растительных и животных организмов, их жизнь и смерть. Одним из первых ученых, начавших изучать проблему биологического пространства и времени, был академик В.И.Вернадский (1863-1945). Дело в том, что знаменитым французским ученым, основателем микробиологии, Луи Пастером (1822-1895) было обнаружено **свойство асимметрии** в строении органических молекул. В.И.Вернадский на основе открытия Пастера развил представление о молекулярной асимметрии, как об особом свойстве пространства и времени, связанном с живой материей. Его исследованиями обосновывалась отличительная особенность живой материи от неживой, где, как правило, явление симметрии господствует. В конечном счете, В.И. Вернадский предлагает представление об особом протекании биологического времени (прерывности и непрерывности) на основе особенного биологического пространства. По В.И.Вернадскому биологическое время должно отвечать пространству специфического строения живого вещества (организмов), не противоречить ему, т.е. должно служить определенным параметром состояния живого вещества. В.И.Вернадский выдвинул понятие **единое биологическое пространство-время** и связывает с ним процессы смены поколений, старения многоклеточных организмов, а также смерть как разрушение пространства-времени тел организмов.

Современная биологическая химия действительно установила, что все живое, в отличие от неживого, имеет четкую особенность: белки содержат только «левые» аминокислоты, а нуклеиновые кислоты – только «правые» сахара. Биологический смысл такой асимметрии в живой материи заключается в том, чтобы обеспечивалась молекулярно-пространственная комплементарность (соответствие) между взаимодействующими молекулами.

Эта особенность пространственной асимметрии живого известна в науке под названием **Хиральность** (от греч. *cheir* – рука).

Сегодня наука не может сказать точно в какой момент и по каким причинам произошло в процессе эволюции возникновение асимметрии, наблюдаемой у живой материи, но что на определенном этапе эволюции имелись процессы разрушения зеркальной симметрии в предбиологической среде, и лишь тогда стали формироваться органические молекулы.

Психологическое пространство и время и их особенности проявляется на определенном этапе эволюции, когда в процессе поисковой и трудовой деятельности, перестройки физиологических механизмов деятельности мозга происходит становление человеческой психики. Одновременно происходит формирование, так называемого, психологического пространства и времени – явления, присущего человеческому виду. Психическая регуляция движений индивида, его предметных действий происходит не только в связи с отражением внешнего физического пространства, но и на основе собственной телесной биомеханики и собственного пространства.

В связи с этим необходимо отметить разработку советского психофизиолога Н.А.Бернштейна (1896-1966), известную под названием **моторное поле**.

Моторное поле психики индивида создается посредством поисковых движений, зондирующих пространство во всех направлениях, на основе чего в психике индивида и его психомоторике формируется обобщенный образ пространства, содержащий особые метрические и топологические свойства.

С помощью ощущений, восприятий, памяти, мышления и, наконец, на основе речевого общения индивид осуществляет поиск и опробование будущих предметных действий. Он способен выйти за рамки настоящего момента, перемещаться в прошлое и будущее, во времени и пространстве именно в связи с возникающей в его уме (осознаваемый уровень), и в сновидениях и галлюцинациях (бессознательный уровень) **идеальной образности**.

Основательные исследования сновидений предпринял **основоположник психоанализа** З.Фрейд (1856-1939).

Социальное пространство и время стали формироваться также на очередном этапе эволюции, в процессе **социогенеза**, т.е. становления человеческого общества, возникновения в нем форм социальной организации и духовности.

Социальное пространство, как полагал П.Сорокин (1889-1968), неоднородное и многомерное, в котором каждый индивид занимает определенное социальное положение, устанавливаемое в процессе взаимодействия с другими индивидами и группами индивидов.

Наиболее широко проблема социального пространства и социального времени стала изучаться с 1970-х гг.

Социальное пространство включает пространственную организацию социальных объектов общества, которые дифференцированы, разделены и определенным образом ориентированы.

Социальное время – это определенный по времени период, которым располагает социальный объект и общество в целом. Это совокупное время существования и деятельности всех индивидов общества. При этом социальное время неотделимо от социального пространства, в рамках которого жизнедеятельность индивидов существует в форме различных институтов, общностей, групп и территориальных структур.

Законы сохранения.

Существуют **законы сохранения** общего значения, которым подчиняется весь материальный мир и которые обусловили в физике следующие фундаментальные понятия: энергия, количество движения (импульс), момент импульса, заряд.

Как известно, **количество движения или импульс** – это произведение скорости на массу движущегося тела: $p = mv$. Эта величина показывает каково изменение движения тела за какой-либо определенный промежуток времени (согласно законам Ньютона).

Взаимодействующие тела обмениваются импульсами при сохранении общего импульса.

Закон звучит так:

* Если сумма внешних сил равна нулю, импульс системы тел остается постоянным при любых происходящих в ней процессах. Например: если снаряд разорвался в воздухе на несколько частей, то векторная сумма импульсов всех осколков равна импульсу снаряда до разрыва.

Закон сохранения момента импульса проявляется в следующем примере с вращающимся телом. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси предполагает, что каждая отдельная частица тела движется по окружности радиусом r , с какой-то скоростью v . Скорость r_1 и импульс $p = m_1 v$ перпендикулярны радиусу r_1 . Произведение импульса $p = m_1 v_1$ на r_1 называется **моментом импульса частицы**.

Моменты импульса отдельных частиц вращающегося тела могут меняться, **но общий момент импульса**, т.е. сумма моментов импульса отдельных частей тела, остается постоянной.

Закон сохранения энергии – это универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. Энергия, отданная одним телом другому, всегда равна энергии, полученной другим телом. Для количественной оценки процесса обмена энергией между взаимодействующими телами в механике используют понятие работы силы, вызывающей движение.

Кинетическая энергия механической системы – это энергия механического движения этой системы. Сила, вызывающая движение тела, совершает работу, а энергия движущегося тела возрастает на величину затраченной работы. Тело массой m , движущаяся со скоростью v , обладает кинетической энергией $E = mv^2/2$.

Потенциальная энергия – это механическая энергия системы тел, которые взаимодействуют посредством силовых полей, например, посредством гравитационных сил. Работа, совершаемая этими силами, при перемещении тела из одного положения в другое не зависят от траектории движения, а зависят только от начального и конечного положения тела в силовом поле.

Такие силовые поля называются **потенциальными**, а силы, действующие в них, – **консервативными**. Гравитационные силы являются консервативными, а потенциальная энергия тела массой m , поднятого на высоту h над поверхностью Земли, равна $E_{\text{ном}} = mgh$, где g – ускорение свободного падения.

Полная механическая энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}}$$

Закон сохранения механической энергии, установленный в 1686 году Лейбницем, гласит, что в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия сохраняется неизменной во времени. При этом могут происходить превращения кинетической энергии в потенциальную и обратно в эквивалентных количествах.

Есть вид систем, в которых механическая энергия может уменьшаться за счет преобразования в другие формы энергии. В этом случае часть механической энергии уменьшается (расходуется) в процессе трения. Это, так называемые, **диссипативные системы**, в которых происходит рассеивание энергии (механической). Здесь тот случай, когда механическая энергия через факт трения может частично, скажем, превратиться в тепловую или иной вид энергии. Но, в общем, энергия не исчезает, она лишь превращается из одного вида в другой.

Закон сохранения заряда. Прежде всего, следует помнить, что электрические заряды – это источники электромагнитного поля. Все электрические явления – суть проявления существования движения и взаимодействия электрических зарядов.

Как уже выше отмечалось, в конце XIX века Томсон открыл электрон – всегда несущий отрицательный заряд ($-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), а в начале XX века (это тоже выше было отмечено) Резерфорд открыл протон, несущий положительный заряд равный по величине электронному. Каждая частица, характеризующаяся определенным электрическим зарядом, присущим ей. Если не происходит взаимопревращения частиц, то, следовательно, число и зарядность частиц сохраняется. В этом и заключается **закон сохранения заряда**.

При электризации физических тел число заряженных частиц не меняется, но происходит их перераспределение в пространстве.

Итак, закон сохранения заряда можно сформулировать в следующем виде: **в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов системы остается неизменной во времени, какие бы процессы не происходили внутри этой замкнутой системы.**

Такое понятие в физике существовало давно, а в 1843 г. М.Фарадей экспериментально подтвердил этот закон, являющимся справедливым для всех уровней материального мира (как и другие законы сохранения).

Закон сохранения заряда вместе с законом сохранения энергии характеризует устойчивость электрона. Самопроизвольно он не может превратиться в более тяжелую или в легкую частицу, т.к. в более тяжелую частицу ему не позволяет превратиться закон сохранения энергии, а в более легкую частицу ему не позволяет превратиться закон сохранения заряда.

9.3. Принцип современной физики.

Принцип симметрии. Под симметрией понимают однородность, пропорциональность, гармонию каких-то материальных объектов. Асимметрия – понятие противоположное. Любой физический объект содержит в себе элементы симметрии и асимметрии.

В природе симметрия встречается повсеместно и широко. В неживой материи можно наблюдать массу примеров симметрии: дождевая капля, имеющая идеальную форму сферическую, превращающаяся в шар (град) при замерзании, снежинки со своими красивыми формами гексагональной симметрии и таких примеров можно приводить множество.

В физике можно обнаружить следующее: если физические законы не меняются при определенных преобразованиях системы (объекта), то считается, что эти законы обладают симметрией (т.е. инвариантны) относительно этих преобразований.

Симметрии бывают **пространственно-временные** и **внутренние**, последние относятся к микромиру.

Вот некоторые из них.

1) **Сдвиг времени.** Изменение начала отсчета не изменяет физических законов. Время однородно по всему пространству;

2) **Сдвиг системы отсчета пространственных координат**, что тоже не изменяет физических законов – все точки пространства равноправны, и пространство однородно;

3) **Поворот системы отсчета пространственных координат** также сохраняет физические законы неизменными, т.е. пространство изотропно (не зависит от направления);

4) **Принцип относительности (Галилея)** устанавливает симметрию между покоем и равномерным прямолинейным движением;

5) **Обращение знака времени** не изменяет фундаментальных законов в макромире, т.е. процессы макромира могут описываться и при обращении знака времени. На уровне макромира наблюдается необратимость процессов, так как они связаны с неравновесным состоянием Вселенной.

9.4. Симметрия и законы сохранения.

В 1918 году немецкий математик Э.Нетер доказала фундаментальную теорему, устанавливающую связь между свойствами симметрии и законами сохранения. Суть заключается в следующем: непрерывными преобразованиями в пространстве-времени, оставляющими неизменным действие являются: сдвиг во времени-пространстве, трехмерное пространственное вращение, четырехмерные вращения в пространстве и времени.

Таким образом, согласно теореме Нетер, из инвариантности относительно сдвига во времени **следует закон сохранения энергии**; из инвариантности пространственных сдвигов – закон сохранения импульса; из инвариантности пространственного вращения – закон сохранения момента импульса; инвариантность относительно преобразований Лоренца (четырёхмерные вращения в пространстве-времени) – обобщенный закон движения центра масс: центр масс релятивистской системы движется равномерно и прямолинейно. Теорема Нетер относится не только к пространственно-временным симметриям, но и к внутренним. Например, при всех превращениях элементарных частиц сумма электрических зарядов частиц сохраняется неизменной. (Строгого научного объяснения причин выполнения закона сохранения заряд пока нет).

Принцип дополнительности.

В квантово-механической концепции описания микромира важное значение имеет **принцип дополнительности** (введенный в обиход в современной физике), предложенный Н.Бором в 1928 году: «Понятие частицы и волны дополняют друг друга и в то же время противоречат друг другу, они являются дополняющими картинами происходящего».

На самом деле, ведь часто приходится в физике пользоваться одновременно двумя величинами, скажем, при движении материи – координата точки и ее скорость. Они, как бы дополняют друг друга.

Принцип дополнительности особенно выражается в микромире. Теперь общеизвестно, что все микрочастицы обладают дуализмом, то есть являются одновременно **и** корпускулами и волновые свойства. Казалось бы два противоречивых явления, но на самом деле взаимодополняющие.

Принцип неопределенности В.Гайзенберга.

Суть этого принципа заключается в следующем. Если стоит задача – определить состояние движущейся частицы, то ее можно было бы решить на основе законов классической механики. Для этого необходимо лишь определить координаты частицы и ее импульс (количество движения). Но законы классической механики для микрочастиц нельзя применить, т.к. невозможно установить с их помощью не местонахождения частицы ни ее количества движения. Можно определить точно только лишь одно из этих свойств. Никогда нельзя определить одновременно оба значения – координаты и скорости.

С точки зрения классической механики такое соотношение неопределенностей можно считать абсурдным. Но дело в том, что классическая механика позволяет нам построить модель применительно к макромиру и никакой возможности для создания модели адекватной микромиру не позволяет. Попытка дать четкую картину микрофизических процессов должна опираться лишь только или на корпускулярное или на волновое толкование. При корпускулярном описании возможно измерить движение частицы (например, при рассеивании электронов). А в экспериментах с целью точного определения местонахождения, напротив, используется волновое объяснение (например, при прохождении электронов через тонкие пластинки или при наблюдении отклонения лучей).

Принцип соответствия.

Мы уже приходили к выводу, что наука непрерывно развиваясь, все более накапливает знания. Формирующиеся при этом теории становятся все более точными. Они охватывают все более широкие горизонты материального мира и проникают в ранее неизвестные глубины. Динамические теории сменяются статическими.

Каждая фундаментальная научная теория имеет границы ее применимости. Поэтому можно говорить о том, что с появлением новой теории сократятся возможности применения прежней. Но полного отрицания (тем более отметания) старой теории, как правило, не происходит. Например, движение тел в макромире со скоростями значительно меньшими, чем скорость света, всегда будет описываться классической механикой Ньютона. Но при скоростях, соизмеримых со скоростью света (релятивистских скоростях), механика Ньютона неприменима.

В заключение можно сказать, что имеет место преемственность фундаментальных физических теорий, в чем и выражается **принцип соответствия**.

Итак, принцип соответствия формулируется так: никакая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория оправдала себя уже в своей области.

Принцип причинности (детерминизм Лапласа и понятие о состоянии системы).

В классической механике, согласно **принципу причинности** – принципу классического детерминизма, по известному состоянию системы в некоторый момент времени и силам, приложенным к ней, можно абсолютно точно описать ее состояние в любой последующий момент. (Заметим только, что отмеченный «некоторый момент времени» должен полностью определяться значениями координат и импульсов всех частиц системы). Следовательно, классическая физика опирается на следующее понимание причинности: **состояние** механической системы в начальный момент времени с известным законом взаимодействия частиц **есть причина**, а ее состояние в последующий момент – **следствие**.

Что же касается микрообъектов, то они не могут иметь одновременно и определенную координату и определенный момент импульса. А раз так, то следует вывод, что в начальный момент времени состояние системы точно не определяется. Но если состояние системы не определено точно в начальный момент времени, то не могут быть предсказаны и последующие состояния. Таким образом, нарушается принцип причинности. Однако никакого нарушения принципа причинности применительно к микрообъектам не проявляется, так как в квантовой механике понятие состояние микрообъекта приобретает совершенно иной смысл, чем в классической механике. В квантовой механике состояние микрообъекта полностью определяется волновой функцией, и задание волновой функции для данного момента времени определяет ее значение в последующие моменты.

Итак, **состояние системы микрочастиц, определенное в квантовой механике, однозначно вытекает из предшествующего состояния, как того требует принцип причинности**.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Доньютоновское и ньютоновское понимание пространства и времени.
- 2) В чем заключаются современные определения пространства и времени?
- 3) Каковы отличия между понятием время и понятием пространства отмечают сегодня ученые?
- 4) Что понимается под «стрелами» времени?
- 5) Что означает «биологическое пространство и время»?
- 6) Явление асимметрии в живой материи, как оно выражается и в чем значение этой асимметрии с биологической и биохимической точек зрения?
- 7) Законы сохранения в материи. Какие известны законы сохранения, в чем их суть и значение?
- 8) Принципы современной физики.
- 9) Симметрия и законы сохранения.

Тема 10

Химическая наука и химические концепции об особенностях атомно-молекулярного уровня организации материи

10.1. История развития химии. Специфика химии как науки.

В природе естественным образом непрерывно идут химические процессы (и не только), обуславливающее в определенной мере основное свойство материи – движение. Химические превращения веществ всегда привлекали внимание людей. Дело в том, что человечество в древности пользовалось природными материалами для своих нужд. Но уже тысячи лет тому назад человек стал открывать и использовать в своих целях различные химические процессы. Прежде всего, огромное значение для жизнедеятельности древнего человека имело изобретение **способов получения огня**. Обработка кожи дубильными веществами, изготовление керамики, стекла и т.д. – все это человек умел делать еще несколько тысячелетий до новой эры.

Но человек, сам продукт природы, являясь живым организмом (как и все другие представители живой природы) он, будучи материальной живой системой, состоит из химических структур. Как и любой другой живой организм, человек сложная физиолого-химическая система, внутри которой происходят непрерывные физиологические процессы, суть которых представляют бесчисленные химические (биохимические и биоэлектрохимические) реакции. Но эти реакции не будут осуществляться без связи их с внешней средой, из которой должны постоянно поступать в организм опять же химические соединения (кислород, вода, питательные вещества и т.д.), способствующие течению обмена веществ в организме, поддержанию уровня жизнедеятельности его.

Надо полагать, что развитие химии обусловлено потребностями человека, практическая жизнедеятельность которого требовала во все нарастающих количествах материальных средств, предметов обихода, снадобий и т.д.

В отличие от многих наук химия как наука сформировалась сравнительно поздно, в XVII веке. Много предшествующих столетий человечество, занимаясь по существу химическими проблемами, на самом деле методом проб и ошибок, постигало различные способы создания жизненно необходимых для себя веществ и материалов. Предполагают, что «химия» как ремесло возникла в Древнем Египте, который тогда назывался страной «Кем», (ал-Кемь). Вероятно, выходцы оттуда, попадавшие в Европу и владевшие ремеслом этим и получили название «алхимики», а предмет занятий их «алхимия». Однако, это из области средневековых легенд.

10.2. Химия как наука.

Химия, начавшая складываться как научная область (середина XVII в.), оказалась очень своеобразной: и в период формирования, и в процессе дальнейшего развития, и в настоящее время в ней прикладные направления опережают теоретические.

Сегодня существует несколько определений науки химии. Приводим наиболее краткую и достаточно полную:

Химия – это наука о веществах и их превращениях, или как наука о химических элементах и их соединениях.

Химия является **точной наукой**, так как научное знание в химии сформировано из теорий, законов, формулировки, которых исключают разное толкование и которые могут быть проверены, перепроверены на практике.

Химия – **наука рациональная**. Как уже выше указывалось, она развивалась так, что прикладные цели ставились и достигались, обгоняя теоретические. Так продолжалось до рубежа XIX-XX вв. Великие открытия в физике микромира способствовали ускорению развития теоретических направлений химии. В дальнейшем оба направления химической науки развивались в тесной взаимосвязи, но решали **основную проблему химии – получение (синтез) веществ с заданными свойствами**.

Химия как наука рассматривает состав, структуру, свойства, особенности химических процессов, но в развитии своем тоже подчиняется квантово-релятивистской механике. Так существует фундаментальная химическая наука – квантово-органическая химия, изучающая механизмы органических реакций в свете квантовых представлений.

Существует и классическая химия, например, химия анализа состава вещества и химия промышленного синтеза известных продуктов, где для выполнения процессов квантовые представления не являются необходимыми.

10.3. Химический элемент. Строение атома. Периодический закон.

Исходным объектом химической науки – атом в современном определении.

Атом – электронейтральная система взаимодействующих элементарных частиц. Его составные части – ядро и электроны.

Электрон является истинной элементарной частицей несущей отрицательный заряд. В ядре два типа частиц: положительно заряженные **протоны** и электронейтральные **нейтроны**. Протон и нейтрон составляют вместе – нуклон. Нуклоны относятся к классу **адронов**, которые в свою очередь состоят из элементарных частиц **кварков**. Строго говоря, ни протон, ни нейтрон элементарными частицами не являются. Они имеют одинаковые массы – $1,67 \cdot 10^{-24}$ г., называемые «атомной единицей массы» (а.е.м.). Масса электрона очень мала, составляет лишь 0,00055 а.е.м.

Химический элемент – это определенный вид атомов, обладающих одинаковым зарядом ядра.

Установлено, численно заряды электрона ($-1,6 \cdot 10^{-19}$ кл) и протона ($1,6 \cdot 10^{-19}$ кл) равны и имеют название «условный единичный заряд». Если в атоме сумма условных единичных зарядов равна нулю (т.е. протонов и электронов поровну), то атом **электронейтрален**.

Количество же нейтронов в ядре атома не влияет на суммарный ее заряд и может варьировать. Атомы одного и того элемента, имеющие в ядре разное количество нейтронов и, следовательно, разную массу, называются **изотопами** (например, углерод, водород, железо и др.).

В настоящее время известно 110 элементов. Некоторые элементы известны были с давних пор (с возможными примесями, но, тем не менее, алхимики активно занимались с железом, серой, ртутью и др.).

Впервые научное понятие «химический элемент» дал в XVII в. английский ученый Роберт Бойль, гласящее: **«Элемент – это простое тело, предел химического разложения вещества, переходящего без изменения из состава одного сложного тела в состав другого».**

Ко времени открытия Д.И.Менделеевым его Периодической системы элементов химикам были известны 63 элемента. Подвергая их анализу, ученые обнаруживали между ними сходства и различия по физическим и химическим свойствам, что позволяло составлять классификацию химических элементов. К середине XIX века очень актуальной стала задача создания такой классификации. Она открывала возможности и эффективнее изучать свойства веществ, да и предсказывать существование других, не открытых еще, элементов. В 1869 г. это и было сделано великим русским ученым Д.И.Менделеевым. В его формулировке закон гласил: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединенных элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов». Все предсказанные Д.И.Менделеевым элементы были впоследствии открыты разными учеными XIX и XX вв. Полоний и радий открыли Пьер и Мария Кюри, радон Эрнст Резерфорд и т.д. Все свободные клеточки в таблице Менделеева были заполнены, и происходило дополнение таблицы за счет искусственно создаваемых элементов – трансурановыми элементами, которые создаются в результате ядерного синтеза в специальных установках (циклотронах). Это, так называемые, ускорители элементарных частиц.

Несмотря на огромную значимость Периодического закона и таблицы (системы) Д.И.Менделеева, как гениального эмпирического обобщения фактов, многое в физическом смысле оставалось до конца не ясным, так как ученым не известны были тайны о сложной структуре атома. Лишь после открытия электрона, протона, нейтрона и других элементарных частиц, открытия деления ядра атома, разработки модели атома Бора-Резерфорда и квантовой физики стало возможным понимать физический смысл величайшего открытия Д.И.Менделеева.

В настоящее время, с учетом фундаментальных физических представлений периодический закон звучит следующим образом: **«Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома».**

Выше мы отметили понятие «изотопы» и дали формулировку его. Как правило, изотопы различных элементов не имеют собственных названий, а повторяют название элемента. Единственное отличие изотопа от его элемента и других изотопов этого же элемента в том, что меняется масса. Это отражается с помощью верхнего индекса. Например, для изотопов урана ^{235}U и ^{238}U . Исключение представляет водород, находящийся в периодической таблице под номером 1. Все три известных ныне изотопов водорода имеют не только собственные специальные химические символы, но и собственное ^1H – протий, ^2D – дейтерий, ^3T – тритий. В ядре протия – один протон, в ядре дейтерия – один протон и один нейтрон, в ядре трития – один протон и два нейтрона.

Изотопы подразделяются на стабильные (устойчивые), не осуществляющие самопроизвольный распад ядер (радиоактивный распад), и нестабильные (неустойчивые) – радиоактивные, подвергающиеся радиоактивному распаду. Большинство широко распространенных в природе элементов состоит из смеси двух или большего числа стабильных изотопов: ^{16}O , ^{12}C . Из всех элементов наибольшее число стабильных изотопов имеет олово (10 изотопов). А алюминий, например, существует в природе в виде только одного стабильного изотопа, а остальные его известные изотопы неустойчивы. Ядра неустойчивых изотопов самопроизвольно распадаются, выделяя α -частицы (дважды ионизированные атомы гелия, то есть два протона и два нейтрона) и β -частицы (электрона) до тех пор, пока не образуется стабильный изотоп другого элемента: например, распад ^{238}U (радиоактивного урана) завершается образованием ^{206}Pb (стабильного изотопа свинца). Изучение изотопов привело к ясности и в их свойствах: - они не различаются по химическим (определяющимся зарядами их ядер) и не зависят от массы ядер.

10.4. Химическое соединение, химическая связь.

Химическое соединение – это химические элементы, объединенные в более сложные системы. Это, иными словами, так называемые – **молекулы, состоящие из атомов различных элементов.**

Молекула – электронейтральная наименьшая совокупность атомов, образующих определенную структуру посредством **так называемых химических связей.**

Химическая связь – одно из фундаментальных физических взаимодействий (см. выше) – **электромагнитное.**

Атомы могут вступать в связь с другими только либо теряя один или несколько электронов (положительно заряжаясь) или приобретая один или несколько электронов (отрицательно заряжаясь). Затем противоположно заряженные частицы (уже не атомы) разнозаряженные ионы (анионы и катионы) притягиваясь друг к другу, нейтрализуя свои заряды образуют молекулу химического соединения, приобретающего электронейтральность. В данном примере мы получили так называемую ионную химическую связь, содержащую наибольшую степень энергии по сравнению с иными типами химических связей: ковалентной, донорно-акцепторной и др. Отмеченные виды химических связей характеризуются электромагнитными взаимодействиями, однако у ковалентных и донорно-акцепторных связей происходит не отрыв электронов от атома, а их некоторое смещение от нейтрального положения, приводящее, тем не менее, к образованию некоторого заряда.

Процесс образования молекул из атомов **называется химической реакцией.**

Периодическая система элементов определяет для каждого элемента:

- * тип и заряд заряженной частицы (иона);
- * типы химических соединений, в которые могут вступать атомы данного элемента (химические формулы молекул);
- * типы химических связей, которые могут реализоваться в таких молекулах;
- * типы химических реакций, в которые могут вступать данный элемент.

Молекулы могут содержать атомы только одного элемента. Такие вещества называются простыми. Этому есть много примеров: чистые металлы (например, золото, платина, являющиеся химически инертными, инертные газы – неон, радон). У ряда простых веществ молекулы состоят из двух и более атомов – двухатомные газы (например O_2), галогены – газы

фтор F_2 и хлор Cl_2 , жидкость бром Br_2 , твердое вещество йод I_2 . Молекула газа озона содержит три атома кислорода O_3 , а молекула белого фосфора – четыре атома фосфора P_4 .

Вещества, молекулы которых содержат атомы разных элементов, называются сложными веществами или **химическими соединениями**. К примеру, соединения разных элементов с кислородом называются оксидами, с фтором – фторидами, с хлором – хлоридами. Все химические соединения объединены в разные классы, названия входящих в эти классы соединений соответствуют принятой международным стандартом номенклатуре.

Как известно, химические соединения разделены на **неорганические** соединения (соединения всех элементов Периодической системы, и **органические** – соединения углерода и некоторых других элементов, в которых атомы углерода соединены между собой в цепи (соответственно получили развитие два направления химии – неорганическая и органическая химия).

Ныне известны несколько миллионов химических соединений, число их продолжает расти, т.к. синтез все новых органических соединений продолжается.

Если в период открытия Д.И.Менделеевым периодического закона были известны все 63 химических элемента, то сейчас известны 110, а число простых веществ, образуемых ими – 400. Это так называемое явление **аллотропии**, а вещества **аллотропные модификации**. Свойством образовывать аллотропные модификации обладают такие простые вещества, как выше указанный кислород двухатомный (O_2) и озон (O_3). Другой пример углерод C : уголь, алмаз, графит, шунгит, а химическая формула их одна и та же.

10.5. Химическая реакция, ее скорость, кинетика и катализ, биокатализаторы.

В учении о составе вещества важное значение имеет закон о постоянстве состава, установленный французским химиком Ж.Прустом в начале XIX в.

Этот закон теоретически был обоснован законом английского естествоиспытателя Д.Дальтона – **законом кратных отношений**: «соединения состоят из атомов двух или нескольких соединений, образующих определенные сочетания друг с другом».

Закон постоянства состава вещества использовал Д.И.Менделеев при разработке своей периодической системы. Постоянство состава соединений, которые может образовывать данный элемент, следует из его положения в периодической таблице Менделеева. Для химии, как естественной науки **представление о составе вещества является одним из важных концептуальных понятий. Постоянство состава химических соединений обусловлено физической природой химических связей, объединяющих атомы в одну квантово-механическую систему – молекулу.**

Выработанные химиками строгие научные принципы в отношении состава вещества обусловили успешное развитие строгих понятий о химической реакции, как процесса образования новых химических соединений. В химической реакции участвуют исходные вещества, которые в результате реагирования друг с другом превращаются в новые вещества – **продукты реакции**. Из выше описанных законов вытекает то, что и исходные вещества, вступающие в реакцию, и вещества – продукты реакции обладают также постоянством состава своих молекул. Это называется постоянством количественных соотношений (массовых долей).

Раздел химии, рассматривающий массовые или объемные отношения между реагирующими веществами называется – **стехиометрия**. Ее законы также важны, как и другие естественнонаучные законы. К тому же знание законов стехиометрии очень полезно и необходимо для прикладной химии, когда необходимо бывает рассчитать количество исходных химических веществ и ожидаемое (необходимое) количество конечных химических продуктов. Эти процессы, как известно, записываются в виде уравнений химических реакций: $6HCl + 2HNO_3 = 3Cl_2 + 2NO + 4H_2O$. В таком уравнении а) слева обозначены исходные вещества; б) справа – продукты реакции; в) цифры перед формулами химических соединений являются стехиометрическими коэффициентами, определяющими массовые (объемные) соотношения веществ.

В уравнениях химических реакций отражен и закон сохранения вещества открытый М.В.Ломоносовым и А.Л.Лавуазье (независимо друг от друга) и являющийся одним из фундаментальных законов естествознания. Именно в соответствии с этим законом и получается

математическое выражение – уравнение: масса каждого элемента слева от знака равенства должна быть равна массе этого же элемента в правой части уравнения, а стехиометрические коэффициенты уравнивают (не только математически, но и химически) данную реакцию.

На основе классической механики, которая являлась парадигмой науки XVIII-XIX вв. можно было бы выразиться следующим образом: **любой закон природы можно представить в виде математического соотношения при участии химических формул.**

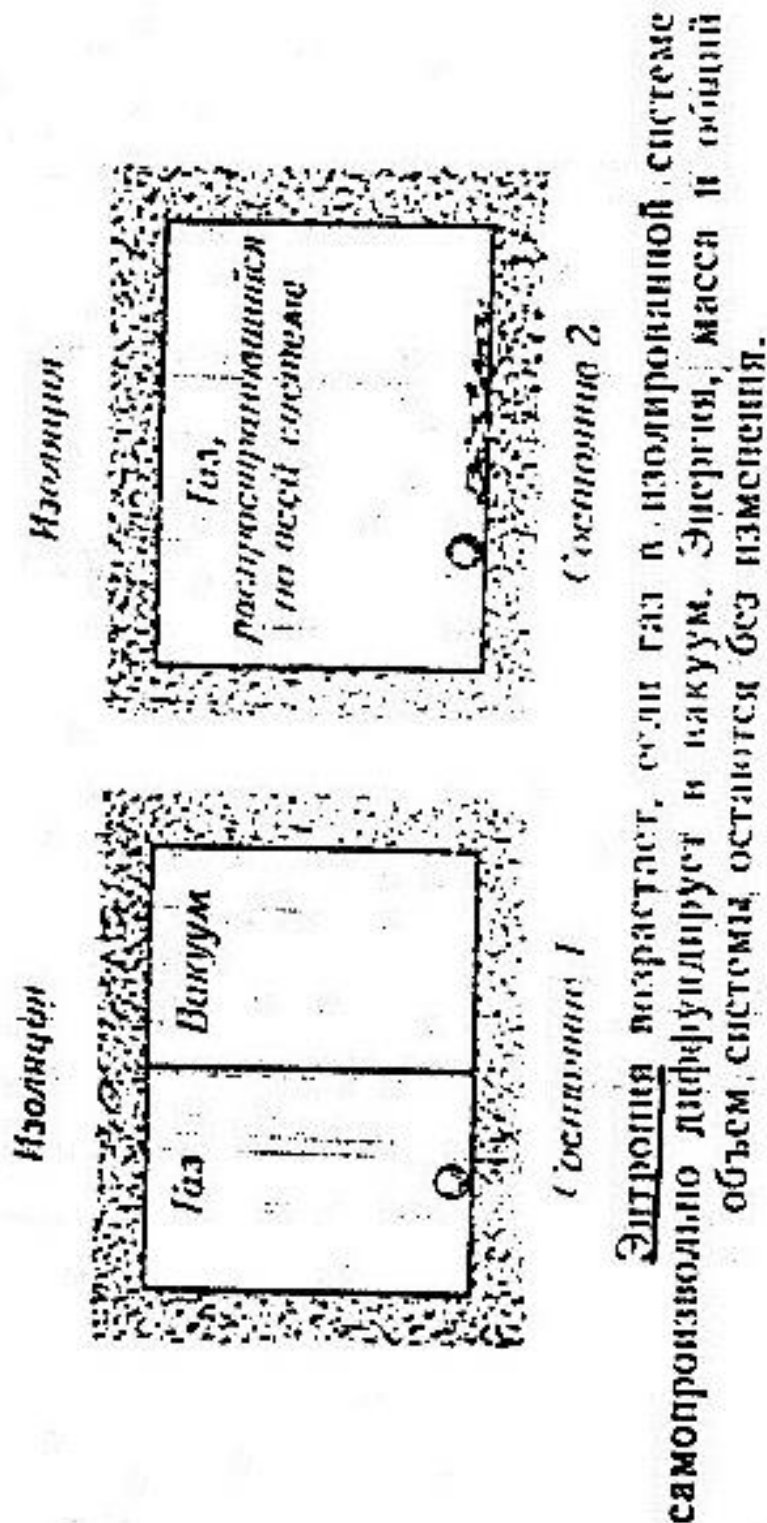
Пример проникновения классического ньютоновского подхода в химию это понятие о скорости химической реакции. Многократно химики сталкивались с фактами разного по продолжительности времени прохождения тех или иных реакций. Некоторые вещества реагируют друг с другом взрывообразно (мгновенно), другие в течении какого-то времени, медленно, очень медленно. Скорости различных химических процессов устанавливались эмпирически.

Для вычисления скоростей химических реакций использовалось ньютоновское представление о времени как о не зависящей от свойств вещества и пространства простой длительности. Процесс химической реакции можно рассматривать как процесс изменения концентраций начальных и конечных продуктов реакции, и, согласно классической механике, для любого процесса изменения (движения) во времени всегда можно рассчитать скорость этого изменения.

Современные квантовые представления о химических процессах рассматривают химическую реакцию как перераспределение электронов между статистически вероятными энергетическими уровнями участвующих молекул, создание межмолекулярных промежуточных реакционных комплексов и получение новых продуктов как энергетически выгодных состояний молекул.

Знания об условиях протекания химических процессов привело к возможностям управления ими, или хотя бы влияния на ход их. Так сложилась **химическая кинетика** (наука о движении). В классической кинетике скорость – величина векторная (имеет направление). В химической кинетике направление так же имеет значение.

Различаются реакции прямые, т.е. когда из исходных



веществ получаются продукты реакции, и реакции обратные, когда из продуктов реакции образуются исходные вещества. В связи с этим в химической кинетике возникло понятие о химическом равновесии – состоянии, когда скорости прямой и обратной реакции равны между собой (в уравнениях таких реакций вместо знака равенства ставится $\rightleftharpoons$).

Ряд достижений в химической кинетике помогли увеличить скорость химических процессов (за счет подбора условий – повышения температуры реакции, давления и т.д.), сдвинуть химическое равновесие в сторону получения полезных продуктов реакции, не содержащих остатков непрореагирующих исходных продуктов и т.д.

Революционным явлением случилось открытие веществ, которые при добавлении в реакционную смесь ускоряли ход реакции, сами не изменяясь и не расходуясь. Они получили название **катализаторов** (ускорителей), а их применение – **катализ**. В настоящее время использование катализаторов и каталитические процессы имеют широкое распространение. В промышленных химических технологиях это крекинг нефтепродуктов, получение твердого маргарина из жидких растительных масел и др.

Существуют природные катализаторы и природные каталитические процессы. Например, природным катализатором для ускорения окисления металлического железа является вода. Но применяя вещества, замедляющие нежелательные процессы, например, тот же процесс «ржавления» железа, которые называются ингибиторы, можно обеспечить технологически получение нержавеющей стали. Ингибиторы тоже бывают природного происхождения, например ингибиторы гниения – натуральные консерванты, продуцируемые определенными растениями.

Огромную роль играют катализаторы и ингибиторы в биологических процессах. В живых организмах биохимические процессы вообще не протекают без участия соответствующих ферментов (биокатализаторов). Они имеют белковую природу, и синтез их в живых клетках закодирован в ДНК клетки. Ферменты управляют всеми процессами метаболизма в живых организмах. Количество их в организме человека, например, не поддается определению, речь может идти о тысячах.

Есть жизненно важные вещества, без которых не может нормально существовать человеческий организм, но которые не синтезируются в нем. Это так называемые коферменты, которые человеческий организм получает от растительных организмов и животных. Речь идет о витаминах, которые необходимы человеку в течение всей его жизни, способствуют формированию нормальной ферментной системы в организме. Роль катализаторов важна, как утверждает наукой, в процессах эволюции как живой, так и неживой материи.

10.6. Структурная химия.

Структурная химия – это уровень химических знаний, на котором доминирует понятие «структура», т.е. структура молекулы, макромолекулы, монокристалла. По определению Кузнецова В.И. (и других) структура – это устойчивая упорядоченность качественно неизменной системы, каковой является молекула. Термин «структура» следует понимать **как пространственное положение атомов в молекуле вещества**.

Согласно современным представлениям, **структура молекул – это пространственная и энергетическая упорядоченность квантово-механической системы, состоящей из атомных ядер и электронов**.

Законы, которым подчиняется движение электронов в атомах, молекулах, указывают **вероятность нахождения электрона** в том или другом месте пространства (околоядерного). В одних местах его можно обнаружить чаще (т.е. вероятность нахождения его в данном месте больше), в других меньшая вероятность его обнаружения, в третьих он не бывает никогда (нулевая вероятность).

С возникновением и развитием структурной химии появилась возможность целенаправленного качественного влияния на преобразование вещества. Еще в 1857 г. немецкий химик Ф.А.Кекуле (1829-1896) показал, что углерод четырехвалентен, а это дает возможность присоединить к нему до четырех атомов одновалентного водорода. Азот до трех, кислород до двух. Результаты исследований Кекуле позволили химикам подойти к пониманию механизма получения новых химических соединений. Русский химик А.М.Бутлеров (1828-1886) заметил, что в таких соединениях большую роль играет энергия, с которой вещества связываются между собой.

В современной химии разработана система наглядного изображения пространственных структур молекул, которая очень способствует процессу познания природы химических соединений вообще. Особенно это важно в органической химии, когда стало возможным решать практические задачи химического синтеза новых веществ. В 1960-80 гг. появился термин «органический синтез». Это процессы, когда на основе исходных продуктов, например, каменноугольной смолы и аммиака получают красители, взрывчатые вещества, лекарственные препараты.

В современной химии возникло направление – **стереохимия** – которая и занимается изучением пространственных структур химических соединений (является подразделом органической химии).

Изучение пространственной структуры химических соединений привело к установлению явления **изомерии** органических соединений. Это в случаях, когда одной химической формуле органического соединения (одному составу вещества) соответствуют разные соединения с разными физическими и химическими свойствами. Дело в том, что вещества, в данном случае, имеющие одинаковый химический состав, однако имеют различную пространственную структуру, что и обуславливает их различные физические и химические свойства (например, один из типов изомерии таутомерия кислородосодержащих органических соединений альдегидов и кетонов).

У неорганических соединений можно видеть подобное (не у всех). Неорганические соединения в твердом состоянии способны образовывать надмолекулярные комплексы повторяющегося состава и сложной объемной пространственной структуры. Они называются кристаллами. Структура кристаллов этих характеризуется высокой степенью упорядоченности и называется кристаллической структурой или кристаллической решеткой.

10.7. Эволюционная химия (отбор химических элементов во Вселенной).

В XX в. в свете общих эволюционных представлений в естествознании стало развиваться новое направление в химии – эволюционная химия, наука о самоорганизации и саморазвитии химических систем. Речь идет о процессах самопроизвольного синтеза новых химических соединений, являющихся более сложными и высокоорганизованными продуктами в сравнении с исходными веществами.

Развитие эволюционной химии стало возможным в связи с разработкой и распространением теории биохимической эволюции, выдвинутой в качестве объяснения происхождения жизни на Земле академиком А.И.Опарным в 1925 г. (об этом подробнее будет изложено ниже). Первой стадией биохимической эволюции считается **химическая эволюция**, или **абиогенез**, теоретически протекавшая в три этапа. Первый – это синтез низкомолекулярных органических соединений из газов первичной атмосферы; второй этап – полимеризация мономеров с образованием цепей белков и нуклеиновых кислот; третий этап – образование органических веществ, отделенных от внешней среды мембранами, т.е. имеющих определенную обособленность. В общем процессе развития нашей планеты происходил отбор химических элементов в биотических и абиотических системах.

Интересно отметить, что основу живой материи, живых организмов, составляют только шесть элементов, называемых **органогенами**: углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера. Их общий удельный вес в организмах составляет более 97%. Затем идут одиннадцать элементов, входящих в состав многих физиологически важных компонентов и структур биологических систем: натрий, калий, кальций, магний, железо, кремний, алюминий, хлор, медь, цинк, кобальт. Они составляют 1,6% массы. Еще двадцать элементов участвуют в построении и функционировании различных специфических биосистем и составляют 1%. Об остальных элементах и их роли в формировании и функционировании биосистем данных практически нет. В абиотической (т.е. в неживой) среде более 99% содержатся те же 17 элементов, на долю остальных лишь менее 1%.

Рассматривая химическую картину мира в целом, с учетом и природных и синтетических веществ, обнаруживаем, что в настоящее время известно 8 миллионов химических соединений. 96% из них – это органические вещества, а 4% или 300 тысяч простых и сложных неорганических.

Самую большую долю вещества во вселенной составляют водород и гелий. Более тяжелые элементы существуют во Вселенной в очень небольших количествах. Например, наша звезда – Солнце – содержит не более 2% тяжелых элементов.

10.8. Концептуальные системы химических знаний.

Из всего изложенного выше о развитии химических знаний можно выделить четыре этапа развития химии как науки (или четыре уровня химических знаний).

Первый этап – учение о составе веществ, что способствовало и установлению взаимосвязи (XVII век):

СОСТАВ ВЕЩЕСТВА —————> СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Второй этап **структурная химия**, когда на основе понимания неоднозначности реакционных способностей у различных блоков атомов крупной молекулы (в частности у органических молекул) наука химия перешла из преимущественно науки аналитической в **систетическую**. Возникла технология органических веществ (XIX век).

Достижением этого этапа является установление связи между структурой молекулы и функциональной активностью:

СТРУКТУРА МОЛЕКУЛЫ —————> ФУНКЦИЯ (реакционная способность)

Третий этап химии как науки – **учение о химических процессах** (первая половина XX в.).

Развитие различных производств в промышленности (автомобилестроение, авиация, энергетика и т.д.) требовало различных материалов, обладающих необходимыми свойствами и качествами, одновременно в приемлемой степени затратными при их производстве.

Ученые и технологи вынуждены были решать проблемы процессов и механизмов изменения веществ, управляемости химических процессов (реакций). Одних знаний о составе веществ и о структуре было недостаточно. Необходимо было знать о том, почему те или иные вещества не реагируют друг с другом, при каких обстоятельствах реакция будет идти, и какие факторы этому будут способствовать.

Эти вопросы были решены, химики научились управлять химическими процессами и химическая промышленность стала бурно развиваться. Стали развиваться производства множества синтетических материалов, заменяющих дерево, металл, растительные масла. На основе переработки нефти возникло производство искусственных волокон, этилового спирта, каучуков, всевозможных растворителей; азот воздуха научились превращать в минеральные удобрения. Изделия химической промышленности вошли в дома людей. Искусственные ткани, кожа, стиральные порошки и другие средства для бытовых надобностей – все это в больших количествах производиться на основе успехов химической науки и технологии. Развивается и фармацевтика.

Таким образом, третий способ (этап) решения основной проблемы химии, с учетом сложности организации химических процессов и экономической приемливости производства этих процессов в химических реакторах, можно изобразить следующей схемой:

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В РЕАКТОРЕ —————> ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РЕАКТОРА



Иоганн Рудольф Глаубер
(1604—1670)

Когда называют имя немецкого химика Иоганна Рудольфа Глаубера, то сразу же это имя ассоциируется с сульфатом натрия, или глауберовой солью, которую он впервые получил в 1648 г. нагреванием смеси поваренной соли с серной кислотой. Менее известно, что в том же году он получил чистую азотную кислоту перегонкой смеси селитры с серной кислотой, а также одним из первых стал применять стекло для получения химической посуды и даже основал промышленное стекловарение в Тюрингии (Германия). Он также первым из химиков получил жидкое стекло (метасиликат калия или натрия), приготовил ряд солей, предназначенных для использования в качестве лекарственных препаратов.

О жизни Глаубера мало что известно. Он родился в Карлсгаде, работал аптекарем в Гиссене, Бонне, Амстердаме, а с 1651 г. вновь вернулся в Германию, в Китцинген, где работал в собственной лаборатории.



Карл Вильгельм Шееле
(1742—1786)

Шведский химик К. Шееле уже в пятидесятилетнем возрасте стал помощником аптекаря, затем был аптекарем и управляющим аптекой. Он самостоятельно изучал химию, был прекрасным экспериментатором. Его научные интересы были многообразны. В области неорганической химии он открыл фтористый водород, предложил способ получения фосфора, выделил в свободном виде хлор, марганец и оксид бария, открыл мышьковистый водород и мышьяковую кислоту, получил и исследовал серолодород и другие сернистые соединения. Первым указал на возможность различной степени окисления железа, меди и ртути. Исследовал минералы. Получил оксиды вольфрама (VI) и молибдена (VI). Выделил и описал свыше половины известных в XVIII в. органических соединений.



Джон Дальтон
(1766—1844)

Пожалуй, невозможно встретить человека, который не знает, что такое дальтонизм — слепота по отношению к некоторым цветам. Но это не единственное открытие великого английского физика и химика-самоучки Д. Дальтона. Он установил закон кратных отношений и ряд газовых законов. Главная же заслуга Дальтона перед химией состоит в развитии атомно-молекулярного учения, с позиции которого он объяснил открытые им законы. Основные положения «химического атомизма» Дальтона: материя состоит из неделимых атомов; атомы одного элемента одинаковы, а различных неодинаковы по массе и размерам; «сложный атом» (молекула) состоит из определенного числа разных атомов, его масса является их суммой. В 1803 г. Дальтон составил первую таблицу относительных атомных масс веществ. Он же модернизировал и упростил «химический язык» и составил наглядные формулы соединений. На их основе Й. Я. Берцелиус предложил современные обозначения химических элементов и их соединений.



Вильгельм Фридрих
Оствальд
(1853—1932)

В. Оствальд был профессором Рижского политехнического училища, затем Лейпцигского университета. В Лейпциге он основал Институт физической химии, который приобрел мировую славу. Оствальд известен рядом работ по изучению химической динамики: электрической диссоциации, кинетике и катализу. Ему принадлежат теоретические разработки общих принципов химии, экспериментальные исследования активности кислот и оснований и вообще проблемы химического сродства, изучение каталитического окисления аммиака до азотной кислоты. В. Оствальд автор многих работ по истории химии, в частности монографии биографического характера «Великие люди», в которой дан исторический портрет знаменитых ученых. Он автор книги «Энергия и ее превращения», развивающей энергетические представления о Вселенной.

10.9. Четвертый этап развития химии – эволюционная химия (вторая половина XX в.).

В 1960-1979 гг. получил развитие новый способ (этап) решения основной проблемы химии, получивший название – **эволюционная химия**. Этот способ основан на использовании в процессах получения химических продуктов таких условий, которые приводят к **самосовершенствованию** катализаторов химических реакций, т.е. к **самоорганизации** химических систем (вспомним явление самоорганизации и науку синергетику, изучающую способности самостоятельного упорядочения каких-либо систем, состоящих из хаотического множества несвязанных между собой элементов). Такие процессы развиваются во времени и не зависят от внешних условий. Время в данном случае является самым решающим фактором и поэтому возникло понятие **эволюция системы**, означающее то, что произойдет с системой с течением времени. Если обычная физическая система перестает получать энергию извне, то со временем она разрушается. Если биологическая система (живой организм) перестает получать энергетические ресурсы (питание) извне, она гибнет. Дом, не жилой, за которым нет присмотра, со временем разрушается и т.д.

Химический реактор на уровне эволюционной химии предстает как некое подобие живой системы, для которой характерны саморазвитие и определенное поведение. Следовательно, **четвертый этап развития химии** (продолжающийся и ныне) **устанавливает связь самоорганизации системы реагентов с поведением этой системы**:

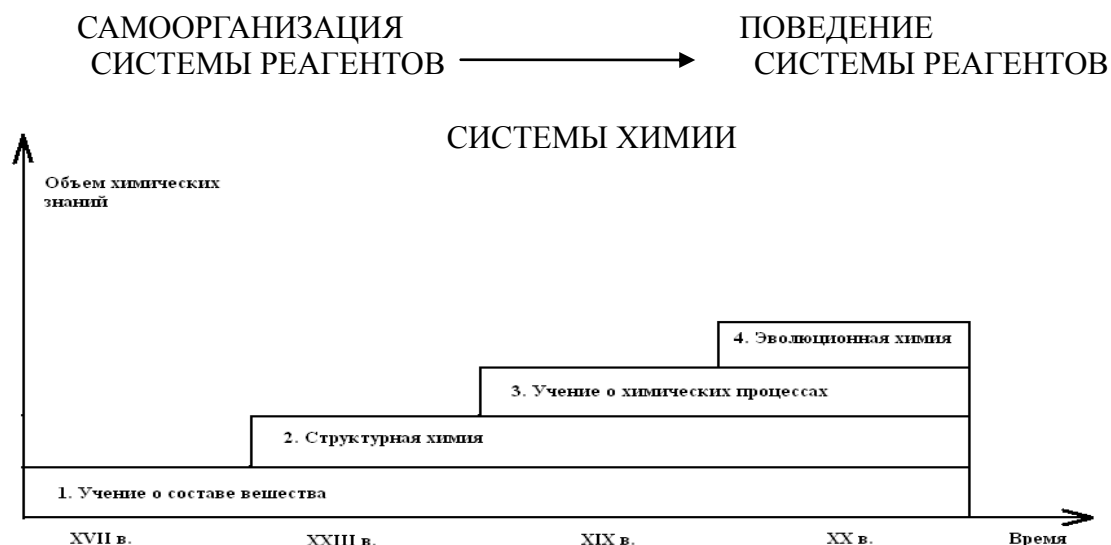


Рис. № 1

10.10. Эволюционная химия – высшая ступень развития химических знаний.

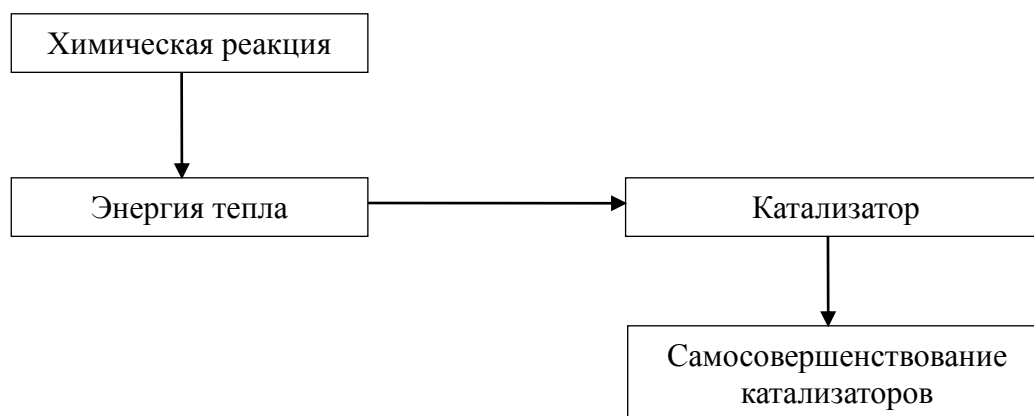
Формирование **эволюционной химии** началось в 1950-1960 годы. Суть проблем эволюционной химии заключается в синтезе новых сложных, высокоорганизованных соединений без участия человека.

В настоящее время химики на основе принципов, на которых построена химия живых организмов, двигаются по пути создания принципиально новой химии, нового управления химическими процессами, похожими на процессы, происходящие в живых клетках организмов. Идут по пути получения катализаторов, способных, к примеру, участвовать в преобразовании солнечного света. Общеизвестно, что в зеленых листьях растений поток солнечной световой энергии (фотоны) преобразуется в энергию химических связей, т.е. осуществляется удивительный естественный процесс синтеза органических веществ в клетке при участии уникального зеленого пигмента хлорофилла. Вот этот процесс органического синтеза, происходящий в живых клетках зеленых растений хорошо бы создать в искусственных условиях. Энергию солнечного света трансформировать в химическую энергию, электрическую, а затем и обратно, в энергию света. Поистине грандиозный проект! Вполне возможно, что он будет осуществлен. Во всяком случае, сегодня ученые стремятся создавать аналоги химических

процессов, происходящих в живой природе, исследуют опыт работы биохимических катализаторов и создают такие катализаторы. Однако на этом направлении есть серьезные сложности, связанные с тем, что катализаторы-ферменты в изолированном состоянии теряют свою активность, вообще быстро разрушаются. Однако благодаря работам русского химика И.В.Березина в этом направлении есть серьезные достижения.

Еще одна очень интересная проблема, которая связана с тем, что катализаторы со временем (как и все на свете) стареют и изнашиваются. Химикам же удалось обнаружить такие катализаторы, которые не только не старели, а, напротив «молодели» с каждой химической реакцией. Ответ на вопрос – почему так происходит, дала теория химической эволюции профессора А.П.Руденко. Суть ее состоит в том, что химическая эволюция представляет собой **саморазвитие** каталитических систем. В ходе реакции происходит отбор тех каталитических центров, которые обладают **наибольшей активностью**.

Саморазвитие систем происходит за счет постоянного поглощения катализаторами потока энергии, выделяемой в ходе самой химической реакции:



Вопросы для самопроверки.

- 1) В чем особенность исторического пути развития химии?
- 2) В чем отличительная особенность химии как науки?
- 3) Раскройте понятия «химический элемент».
- 4) Современное представление о строении атома. В чем его суть?
- 5) Сформулируйте периодический закон и объясните его суть и значение.
- 6) Раскройте смысл понятий: химическое соединение, химическая связь, химическая реакция.
- 7) Объясните суть закона Ж.Пруста о постоянстве состава химического соединения.
- 8) Расшифруйте смысл и значение закона сохранения вещества. Кто авторы этого закона?
- 9) Что означает (и изучает) химическая кинетика?
- 10) Объясните что такое катализаторы и что такое катализ? Что такое ингибиторы?
- 11) Что такое биокатализаторы? Где и как они функционируют?
- 12) Объясните понятия «структурная химия», «структура молекул»?
- 13) В чем суть химического направления, называемого «эволюционная химия»? какая связь между этими понятиями и эволюционными процессами в природе? Приведите примеры.
- 14) Что можно сказать о биологической эволюции на основании сведений о биохимических процессах в живых организмах и эволюционном характере их происхождения и формирования?



Г.Кавендиш
(1731-1810)



Д.Пристли
(1733-1804)





Дальтон
(1766-1844)



Берцелиус
(1779-1848)



Д.И. Менделеев
(1834-1907)



Герман Иванович Гесс
(1802-1850)

Герман Иванович Гесс — академик Петербургской Академии наук — по праву считается одним из основоположников термодинамики. Он первым выдвинул положение (1840), согласно которому величина тепловых эффектов реакции могут служить мерой химического сродства. В том же году он открыл основной закон термодинамики — закон постоянства количества тепла, по которому тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояний реагирующих веществ, а не от количества стадий процесса (закон Гесса). Позднее (1842) он доказал, что при смешивании идеальных жидкостей в растворах тепловой эффект отсутствует (принцип термодинамической нейтральности), а также установил, что при центрировании графитовых кристаллов любой сильной кислотой или сильными окислителями всегда выделяется одинаковое количество тепла.

Гесс открыл и определил составы ряда минералов, в 1833 г. он предложил способ получения теллура из теллуриды серебра минерала, который им был впервые изучен, установил каталитические свойства мелкоиздробленной платины, одним из первых стал исследовать кавказские нефти.



Иван Алексеевич Каблуков
(1857-1942)

Научные работы И. А. Каблукова относятся преимущественно к химии неводных растворов. Изучая электропроводность электролитов в органических растворителях, установил аномальную электропроводность неводных растворов электролитов и увеличение ее при добавлении воды к спиртовым растворам. На этих наблюдениях основано высказанное им предположение о наличии химического взаимодействия между растворителями и растворенными веществами. Независимо от В. А. Кистяковского ввел представление о сольватации ионов. Положил начало обобщению физической и химической теорий растворов. Изучал физические превращения расплавленных солей.



Николай Николаевич
Семенов
(1896-1986)

Успешно решил первую фундаментальную задачу, как начатую, так и установленную химической природы процессов горения. Давуэнге не смог разумеется, разобраться в особенностях их протекания. Эта вторая задача была окончательно решена... в наше время академиком Н. Н. Семеновым и его английским коллегой С. Хинчеллудом, удостоенными за это открытие Нобелевской премии в 1956 г.

Понять, как протекают реакции окисления водорода, фосфора, серы, углеродистых и др., например полимеризации, удалось благодаря созданию Н. Н. Семеновым (а независимо от него С. Хинчеллудом) теории цепных разветвленных реакций. На основе этой теории были объяснены процессы горения и взрыва, деления урана, окисления водорода, серы, органических соединений и многие другие процессы.

С именем Семенова связано рождение новой дисциплины — химической физики, в которой механизм и скорости химических реакций исследуются как совокупность элементарных процессов с участием электронов, атомов, свободных радикалов.



Виктор Николаевич
Кондратьев
(1902-1979)

Академик Виктор Николаевич Кондратьев — один из крупнейших представителей всемирно известной физико-химической школы Н. Н. Семенова. Он автор оригинальных работ по химической кинетике, молекулярной спектроскопии, фотохимии и строению веществ. Им исследованы также элементарные акты химических превращений.

К наиболее важным достижениям В. Н. Кондратьева относятся: разработка экспериментальных методов изучения промежуточных частиц в газовых реакциях, изучение элементарных процессов обмена энергией в газовых реакциях, доказательства о определяющей роли свободных атомов и радикалов в механизме многих реакций.

За выдающиеся заслуги он был избран президентом Международного союза теоретической и прикладной химии (1960-1969).

Тема 11.

Нанотехнологии.

Прошедшее столетие поистине можно считать периодом непрерывных научных открытий в разных областях естествознания, имевших, как мы теперь говорим, революционный характер. Это формирование квантово-релятивистской механики, ускорителей элементарных частиц, генетики и молекулярной биологии, космических аппаратов и Интернета, но также эпоха атомной бомбы, геноцида и масштабных техногенных катастроф.

В целом XIX век был эпохой торжества естественных наук, авторитет которых стал огромен, очень вырос престиж науки и образования во всем мире, высокого уровня достигли успехи в фундаментальных и прикладных науках.

В середине XX века известный поэт Б.Слуцкий писал:

Что-то физики в почете
Что-то лирики в загоне...
Дело не в простом расчете
Дело в мировом законе.

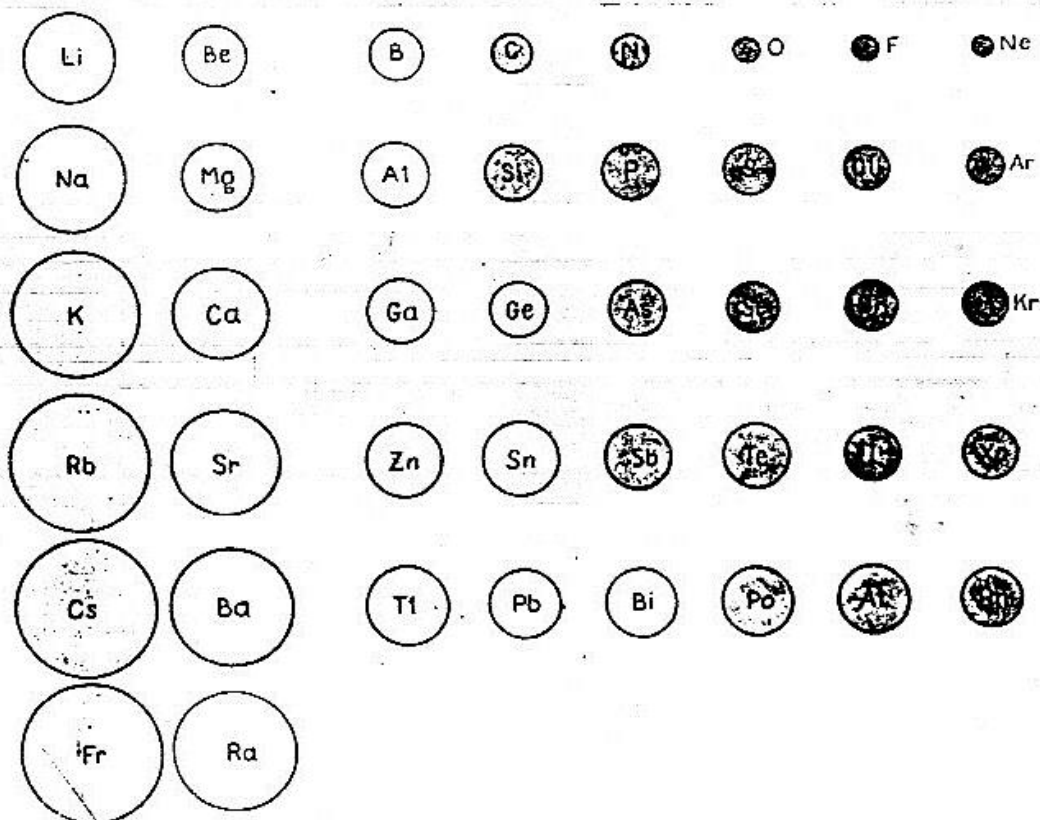
В приведенном четверостишии проявляется ситуация в мировой науке, когда естествознание взрывообразно стало наращивать объем новых и новых знаний, привлекая к себе внимание всей мировой общественности. Человечество как никогда близко подошло к разгадке тайн Вселенной. Достижения физики, химии и других естественнонаучных направлений создавали большие потенциальные возможности для решения множества проблем, обеспечивавших интенсивный процесс улучшения условий существования (обитания) человечества в окружающей природной среде.

XX век стал эпохой грандиозного роста масштабности, укрупненности и объединения во многих областях деятельности государств, капитала, что в свою очередь, позволяло объединению усилий ученых мира в решении глобальных научных проблем. Если в XIX веке мы видели много успехов достигнутых учеными-одиночками, то в XX веке и теперь научные проблемы глобального значения решаются коллективами ученых, в том числе и на государственном уровне.

Во второй половине XX века началась реализация нескольких долговременных научных программ, имеющих огромное значение для развития науки и человечества вообще. Выполнение их ожидается в середине XXI века. Такими являются программа исследования космоса (уже работают международные космические станции), программа «Геном человека» (очень грандиозная и по замыслу и по затратам). Ее целью является расшифровка генного кода человека (и не только человека, но и животных – есть программа «Геном животных»). Разрабатываются международные экологические программы, программы мониторинга объектов условий окружающей среды и другие.

Однако надо отметить, что нередко деловые круги различных стран, финансирующие подобные научные программы, интересуются в большей степени не идеей объединения ученых, а борьбой за техническое лидерство в наиболее доходных отраслях промышленности, таких как компьютерная техника, системы связи, автомобилестроение, авиационная, медицинская и фармацевтическая промышленности. За последние два десятилетия получила развитие грандиозная по своему значению, представляющая сплав науки и техники, программа, которая по мнению многих ученых может привести к очередной технической и промышленной революции. она называется «Развитие нанотехнологий и в ней, как следует из названия, отражается ее прикладное (промышленно-техническое) направление.

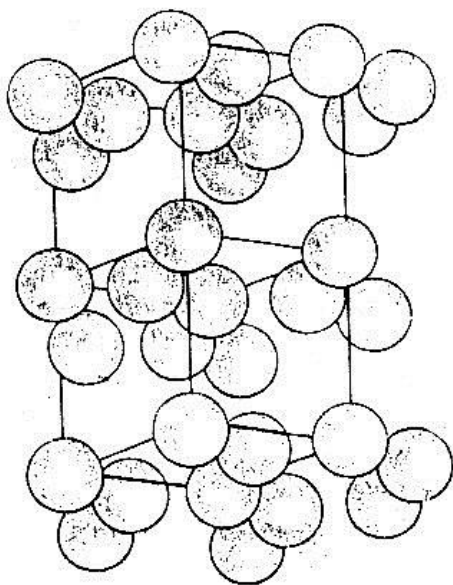
О том, что такое нанотехнологии мы изложим ниже.



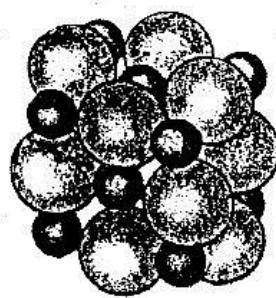
Относительные размеры атомов.

Таблица
Величины энергии некоторых межатомных связей
при 0° К

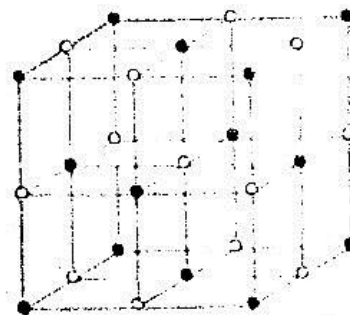
Веще- ство	Жидкий гелий	Hg ₂	I ₂	Cl ₂	HI	H ₂	HF	N ₂
Связь между атомами	He	Hg	I	Cl	H—I	H	H—F	N
Энергия межатом- ной связи, ккал/моль	0,02	1,59	35,67	57,34	71,3	103,05	134,1	224,86



Модель атомного строения графита

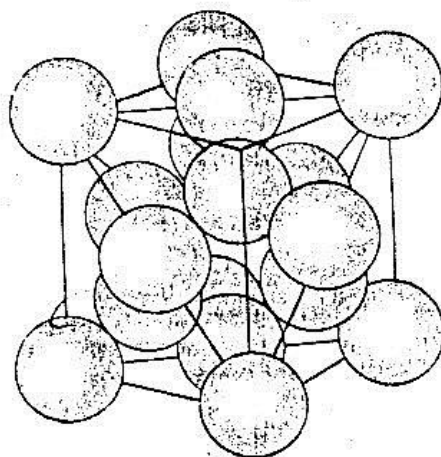


а

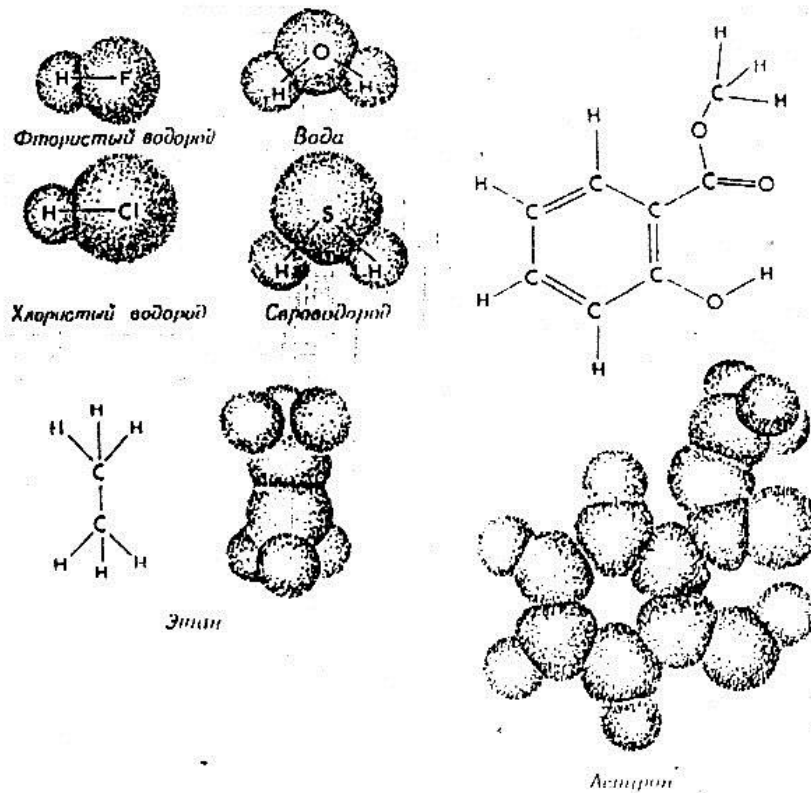


б

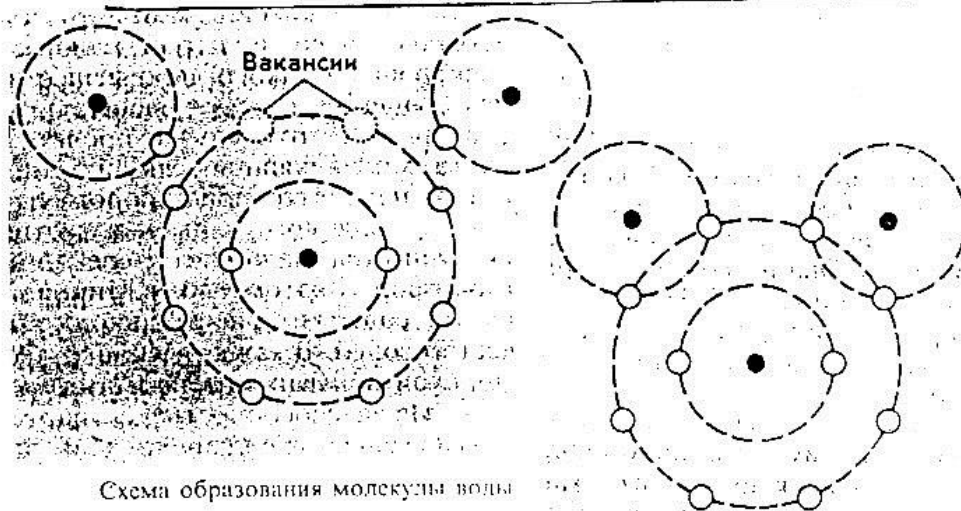
Схема (а) и модель расположения (б) в кристалле NaCl

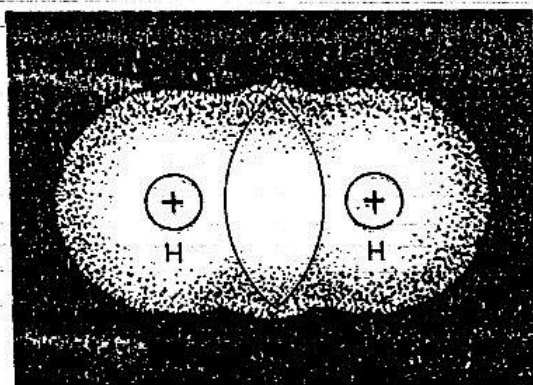


Модель атомного строения алмаза

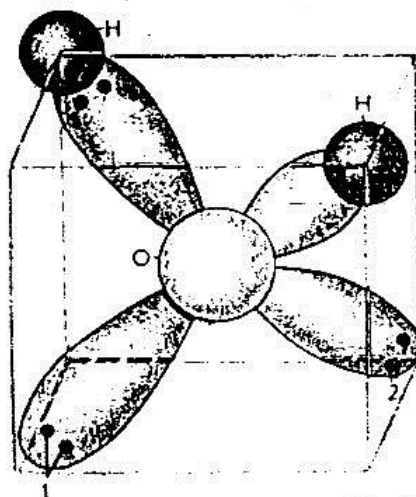


Схематические модели некоторых хорошо известных молекул (от самых простых до молекул средней сложности). Обратите внимание, что даже при сходных очертаниях молекул они могут сильно различаться по своему атомному строению, а следовательно, и по реакционной способности.





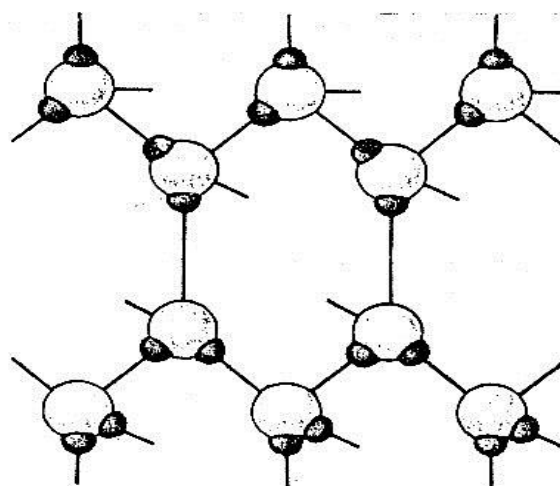
Возникновение заряда перекрывания при образовании молекулы водорода



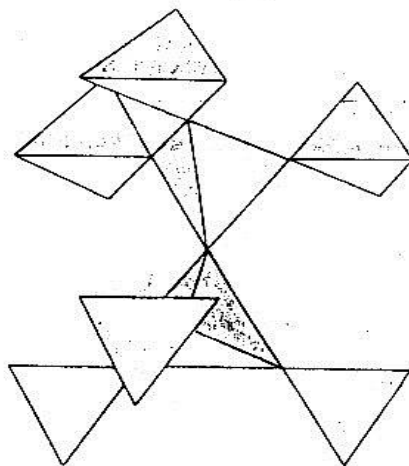
Строение молекулы воды:
1, 2 — неподеленные пары электронов



Шестигранные кристаллики льда под микроскопом



Расположение молекул в структуре льда



Кристаллическая структура льда

11.1. Нанотехнологии.

Название нового направления в науке, как видим, возникло в результате добавления к известному понятию «технология» приставки «нано». Суть в том, что если мы знаем, что есть мм – 1 миллиметр одна тысячная доля метра, что есть мкм – 1 микрометр (микрон) составляет одну миллионную долю метра, то 1 нанометр (нм) означает одну миллиардную долю метра, или одну миллионную долю миллиметра.

К нанотехнологиям принято относить процессы и объекты с размерами длины от 1 до 100 нм. Верхняя граница нанообластей соответствует минимальным элементам в так называемых БИС (больших интегральных схемах), применяемых широко в полупроводниковой и компьютерной технике. Нижняя же граница – это размеры до 1 нм, т.е. отдельные молекулы. Следует отметить, что радиус известной нам молекулы ДНК (радиус двойной ее спирали) равен 1 нм, а многие вирусы имеют размеры примерно 10 нм.

Следует обратить внимание на следующее. Нанотехнологии в отличие от микротехнологий оперируют величинами ничтожно малыми, в сотни раз меньше длины волны видимого света и сопоставимыми с размерами атомов. Вполне понятно, что переход от «микро» к «нано» обозначает качественный «скачок» от манипуляции веществом к манипуляции отдель-

ными атомами. Здесь следует напомнить, квантовая физика XX века при изучении объектов микромира оперировала чаще их математическими моделями. Теперь же ученые могут оперировать объектами микромира непосредственно: искусственно создавать микрообъекты, перемещать их в пространстве, закреплять их на поверхности, то есть действовать так, как будто мы имеем дело с привычными нам микрообъектами.

В мировой науке развитие нанотехнологий, как технологий изготовления сверхмикроскопических конструкций из мельчайших частиц материи идет в основном по трем направлениям:

- * изготовление электронных схем (в том числе и объемных) с активными элементами, величиною примерно со среднюю молекулу;
- * разработка и изготовление наномашин, то есть механизмов и роботов такого же размера;
- * непосредственная манипуляция атомами и молекулами и сборка из них всего сущего.

Именно поэтому они представляются весьма перспективными для получения новых конструкционных материалов, полупроводниковых приборов, устройств для записи информации, ценных фармацевтических препаратов и т.д.

Нанотехнологии могут привести мир к новой технологической революции и изменить среду обитания человека.

Из изложенного вытекает, что нанотехнологии объединяют все связанные непосредственно с атомами и молекулами технические процессы, осуществляемые и изучаемые в разных естественных науках. Тем самым подчеркивается **междисциплинарный характер нового направления в естествознании**. Наряду с другими междисциплинарными направлениями в естествознании – синергетикой, кибернетикой, системным методом – развитие нанотехнологий является очень ценным научным наследием XX века, связующим звеном, обеспечивающим преемственность научных направлений в современном естествознании.

Считается, что нанонауку основал в 1959 году американский физик Ричард Ф.Фейнман при прочтении лекции под названием «Внизу полным-полно места». В этой лекции впервые обсуждалась возможность создания веществ (а затем, естественно, отдельных элементов, деталей и целых устройств) совершенно новым способом, а именно «атомной укладкой», при которой человек манипулирует нужным и атомами поштучно, располагая их в требуемом ему порядке.

В 1986 году американский физик Эрик К.Дрекслер в своей известной книге «Машины творения» предложил создавать устройства, названные им «молекулярными машинами», и раскрыл удивительные возможности, связанные с развитием нанотехнологии. Начиная с 1980 года в технологии производства транзисторов и лазеров все чаще стали использоваться искусственно создаваемые пленки толщиной около 10 нм, что позволяло изготавливать устройства с новыми, повышенными техническими характеристиками. В 1980 году в Японии был изготовлен первый полевой транзистор с высокой подвижностью носителей.

В 1981 году сотрудник фирмы IBM создали сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), позволявший получать изображение с разрешением на уровне размеров отдельных атомов. Это событие, безусловно, было важнейшим научным достижением, так как исследователи получили чрезвычайную возможность непосредственно наблюдать и изучать мир в нанометровом, атомарном масштабе. Как работает СТМ? Экспериментатор подводит тончайший золотой щуп (зонд, пробник) на расстояние около 1 мкм к поверхности исследуемого образца, в результате чего между зондом и поверхностью возникает электрический ток, обусловленный квантово-механическим туннельным эффектом, величина которого меняется в зависимости от состояния изучаемой поверхности (например, из-за наличия на поверхности впадин или выступов). Меняя величину туннельного тока или, наоборот, сохраняя ее постоянной (за счет регулирования потенциала зонда), экспериментатор может «сканировать» поверхность и получать ее прямое «изображение», подобно тому как электронный луч создает изображение, сканируя поверхность экрана обычного телевизора. Этот метод позволяет не только изучать атомарную структуру поверхности, но и проводить разнообразные и весьма ценные физические эксперименты (например, можно проверять теоретические расчеты, относящиеся к изменению поверхности в определенных условиях и т.п.).

Работая со сканирующим микроскопом такого типа, экспериментаторы неожиданно вышли на следующий этап развития, и именно стали проводить прямые технологические операции на атомарном уровне. Прикладывая к зонду СТМ соответствующее напряжение, его можно использовать в качестве своеобразного атомного «резца» или гравировального ин-

струмента. Впервые это удалось сделать в США сотрудникам Армаденской лаборатории JMB под руководством Д.Эйглера, которые сумели выложить на поверхности монокристалла никеля название своей фирмы из 35 атомов ксенона. Это стало своеобразным рекордом в методах миниатюризации записи «текста». Позднее, в 1991 году, из этого выросла методика перемещения атомов ксенона вверх-вниз (относительно поверхности монокристалла), названная **атомным переключением**. Описанная техника создает много возможностей как для манипуляций на уровне отдельных атомов, так и для изучения их структур и поведения.

Японские фирмы и научные организации в свою очередь начали энергично развивать методики в области микроскопии, в результате чего за короткое время были созданы новые типы сканирующих туннельных микроскопов, а также электронных микроскопов с очень высокой разрешающей способностью, позволяющих исследовать движение отдельных атомов и молекул. Это привело к энергичному развитию экспериментальной техники в нанометровом диапазоне и значительно расширило представления ученых о микромире и нанобъектах.

В 1990 году началась реализация огромного международного проекта по определению последовательности укладки около 3 миллиардов нуклеотидных остатков в записи генетической информации – проекта «Геном человека», ставшего ярким прорывом в биологии и медицине. Этот проект одновременно является исключительно важным для развития нанотехнологий, поскольку открывает новые огромные возможности в информационных технологиях, позволяя понять, а затем и использовать принципы обработки информации в живой природе (биоинформатика). В 1991 году в Японии начала осуществляться первая государственная программа по развитию техники манипулирования атомами и молекулами (проект «Атомная технология»), которая привлекла внимание исследователей во всех странах мира. Это ознаменовала новый этап в развитии нанонауки и нанотехнологий: государство стало поддерживать направление, признав его приоритетность не только для национальной науки, но и для государства в целом.

В настоящее время нанотехнологии все больше и больше входят в нашу жизнь. Нанотехнологический контроль изделий и материалов, буквально на уровне атомов, в некоторых областях промышленности стал обыденным делом. Реальный пример – DVD-диски, производство которых было бы невозможным без нанотехнологического контроля матриц. Очень популярны в промышленных устройствах очистки питьевой воды и получения сверхчистой воды, так называемые нанофильтрационные мембранные фильтры, позволяющие задерживать частицы молекулярного размера. Стали реальностью квантовые точки в технологии получения полупроводников, которые эффективнее известных в 1000 раз. Этот список можно продолжить:

- * «нанотрубки» и «нанонити» («нановолокна»), состоящие из 60-70 молекул, как новое состояние поверхности вещества и создание сверхлегких материалов;
- * нанозеркало для лазеров со сверхвысокой отражающей способностью;
- * атомная игла – сверхтонкая игла, сужающаяся на острие едва ли не до единственного атома, которая как атомный щуп изучает рельеф поверхности на молекулярном уровне;
- * наноработы – манипуляторы, создающие разные типы поверхностей путем переноса отдельных молекул;
- * наногенераторы электрического заряда внутри человеческого организма для электропитания имплантатов;
- * сверхскоростной нано-Интернет с потенциалом увеличения скорости в сотни раз;
- * диагностика качества пищевых продуктов с помощью наносенсоров (квантовых точек) для выявления опасных химических или биологических загрязнителей пищевых продуктов;
- * наногранулы, которые внутри человеческого тела доставляют молекулу лекарственного препарата не просто к органу-мишени, но прямо к рецептору, который, по сути, также является молекулой и отвечает за реализацию физиологического эффекта;
- * нанокод, то есть молекулы антител, иммобилизованные на поверхности нанонитей для идентификации антигенов (то есть чужеродных веществ) по иммунной реакции;
- * наночастицы косметического крема, проходящие через мембраны клеток кожи, для настоящего клеточного питания дермы.

Это далеко не полный перечень использования нанотехнологий в мире XXI века.

Что-то из вышеперечисленного уже становится реальностью «на глазах», поскольку скорость технического прогресса в современном мире огромна; что-то еще находится в стадии доработки. Важно, что уже сейчас все это работает и приносит огромную пользу.

Потенциальные возможности нанотехнологий действительно безграничны. Следует особо подчеркнуть, что мы пока не можем, конечно, оценить и представить себе масштабы развития и возможности применения нанотехнологий в целом, но количество научных исследований и затраты на них будут расти с каждым годом, учитывая перспективность тематики. Исследования в данном направлении все время расширяются. В 2004 году человечество израсходовало на нанотехнологии 8,6 млрд. долларов. Причем более половины – 4,6 млрд. долларов – это расходы правительственных организаций разных стран.

В связи с этим следует отметить государственное участие в проектах по нанотехнологиям. Япония и США начиная с 90-х годов XX века тратят на государственную поддержку нанопроектов миллиарды долларов; существует Объединенный комитет Евросоюза по нанотехнологиям, который также с этого времени активно финансирует развитие нанотехнологий как одно из самых приоритетных направлений. Не остается в стороне и Россия, которая вступила в борьбу за мировое лидерство в области нанотехнологий. Некоторое запоздание России в области развития нанотехнологий имеет исторические причины. То, что отставание в этой области может повлечь неконкурентоспособность России в различных областях техники и промышленности, в которых растет удельный вес нанотехнологий, и, как следствие, отставание в экономическом развитии в целом, понимают в России на высшем государственном уровне.

Ниже приведем выдержку из выступления Президента Российской Федерации В.В.Путина перед Федеральным собранием 26 апреля 2007 года:

«Перед нами стоит задача формирования научно-технологического, адекватного современным вызовам мирового технологического развития. И в этой связи хочу особо подчеркнуть необходимость создания эффективной системы исследований и разработок в области нанотехнологий, основанных на атомном и молекулярном конструировании.

Сегодня для большинства людей «нанотехнологии» – это такая же абстракция, как и ядерные технологии в 30-е годы прошлого века. Однако нанотехнологии уже становятся ключевым направлением развития современной промышленности и науки. На их основе, в долгосрочной перспективе, мы в состоянии обеспечить повышение качества жизни наших людей, национальную безопасность и поддержание высоких темпов экономического роста. Оценки ученых говорят о том, что изделия с применением нанотехнологий войдут в жизнь каждого – без преувеличения – человека, позволят сэкономить невозобновляемые ресурсы».

Учитывая масштабность и уникальность российского проекта по нанотехнологиям, президент призвал страны СНГ принять участие в этом объединяющем взаимовыгодном и направленном в будущее деле. Придание проекту статуса международного повысит интерес к этому проекту и будет способствовать распространению достоверной и позитивной информации об этом очень непростом для понимания, но чрезвычайно перспективном направлении развития не только отечественной науки, но и человечестве в целом.

Особые задачи стоят перед педагогами российских школ и высших учебных заведений. Настала необходимость для разработки новых программ по курсу концепций современного естествознания, включающих нанонауку и нанотехнологии как неотъемлемое междисциплинарное направление современного естествознания; в этих программах особое внимание следует уделить углубленному изучению проблем микромира, с тем, чтобы достижения нанотехнологий были понятны специалистам гуманитарного профиля.

В заключение приведем «наночитату»

«Следующая промышленная революция» - эта фраза была отпечатана на поверхности, площадь которой меньше сечения человеческого волоса, **буквами шириной 50 нанометров.**

Вопросы для самопроверки.

- 1) Что означает приставка «нано» к терминам: технологии, мембраны, транзисторы, сенсоры, зеркала и т.д.?
- 2) Какие качественные изменения предполагает переход от микротехнологий к нанотехнологиям?
- 3) Какие примеры можно привести использования нанотехнологий в современной жизни?
- 4) Можно ли рассчитывать на развитие нанотехнологий с участием ученых-одиночек или эта задача является программной для крупных научных коллективов? Обоснуйте свое мнение.

Тема 12

Современные представления о мегамире (Вселенной)

12.1. Общие свойства Вселенной.

Еще из древнегреческой философии нам известно, что **космос** (греч. *kosmos* – мир, порядок) упорядоченность, гармония в отличие от Хаоса – беспорядка, неорганизованности. Сегодня термином «космос» определяется все, что мы обнаруживаем (и не обнаруживаем) за пределами нашей планеты Земли. Очень распространен в науке и литературе термин «**Вселенная**», означающий место вселения человека. Эти два названия мало отличаются по сути и обозначают окружающее нас бесконечное пространство, содержащее разнообразие материальных структур, непрерывно находящихся в движении и подверженных бесконечным преобразованиям.

Еще в древности возникла наука «Астрономия» (греч. *astron* – звезда, *nomos* – наука), изучающая строение, развитие, движение, возникновение и исчезновение материальных структур и систем во Вселенной. Астрономия расчленяется на несколько разделов (научных дисциплин): астрометрию, астрофизику, астрохимию, небесную механику, радиоастрономию, космогонию, космологию и др.

Долгие времена основным методом получения знаний в области астрономии был метод наблюдения, который не потерял своего значения и в наши дни. Изучать Вселенную с помощью, например, экспериментального метода весьма затруднительно, и это понятно.

Однако можно указать на интенсивно развивающуюся часть астрономии – **космологию**, тесно связанную с физикой. Это область науки, изучающая Вселенную как единое целое и космические системы как ее составляющие, и тут мы должны отличить другое направление – **космогонию**, изучающую происхождение, развитие космических объектов и систем (*kosmos* – мир, *logos* – учение; *gonos* – рождение).

Итак, космология изучает всю Вселенную, ее общие закономерности. Космогония же изучает отдельные космические системы объекта, тела.

Мироздание, окружающее нас, в котором мы являемся частицами, представляет разнородную вселенскую систему. В ней мы различаем мегамир, макро- и микромиры, тесно взаимосвязанные, однако, между собой. Так, если Земля представляет макромир, то как планета (часть Солнечной системы) она является и элементом мегамира. Иными словами все элементы Вселенной, относясь к различным уровням организации ее, представляют в целом единую упорядоченную систему: **небесные тела** (звезды, планеты, спутники, астероиды, кометы), **планетные системы звезд, звездные скопления, галактики**.

Звезды – гигантские раскаленные светящиеся тела.

Планеты – холодные небесные тела, обращающиеся вокруг звезды.

Спутники (планет) – холодные небесные тела, обращающиеся вокруг планет.

Например: Солнце – звезда, Земля – планета, Луна – спутник Земли. Поскольку эти небесные тела находятся в сфере тяготения звезды, они вместе образуют ее планетную систему.

Таким образом, **Солнечная система** (планетная система) – совокупность небесных тел – планет, их спутников, астероидов, комет, обращающихся вокруг Солнца под влиянием его сил тяготения. Как известно в составе Солнечной системы имеется 9 планет, их спутники, свыше 100 тысяч астероидов, множество комет.

Астероиды (малые планеты) – небольшие холодные тела, входящие в состав Солнечной системы. Имеют диаметр от 800 км до 1 км и менее, обращаются вокруг Солнца в силу тех же законов, по которым движутся большие планеты.

Кометы – небесные тела, входящие в Солнечную систему. Имеют вид туманных пятнышек с ярким сгустком в центре – ядром. Ядра комет имеют размеры – несколько километров. Приближаясь к Солнцу, яркие кометы образуют хвост в виде светящейся полосы длиной миллионы километров.

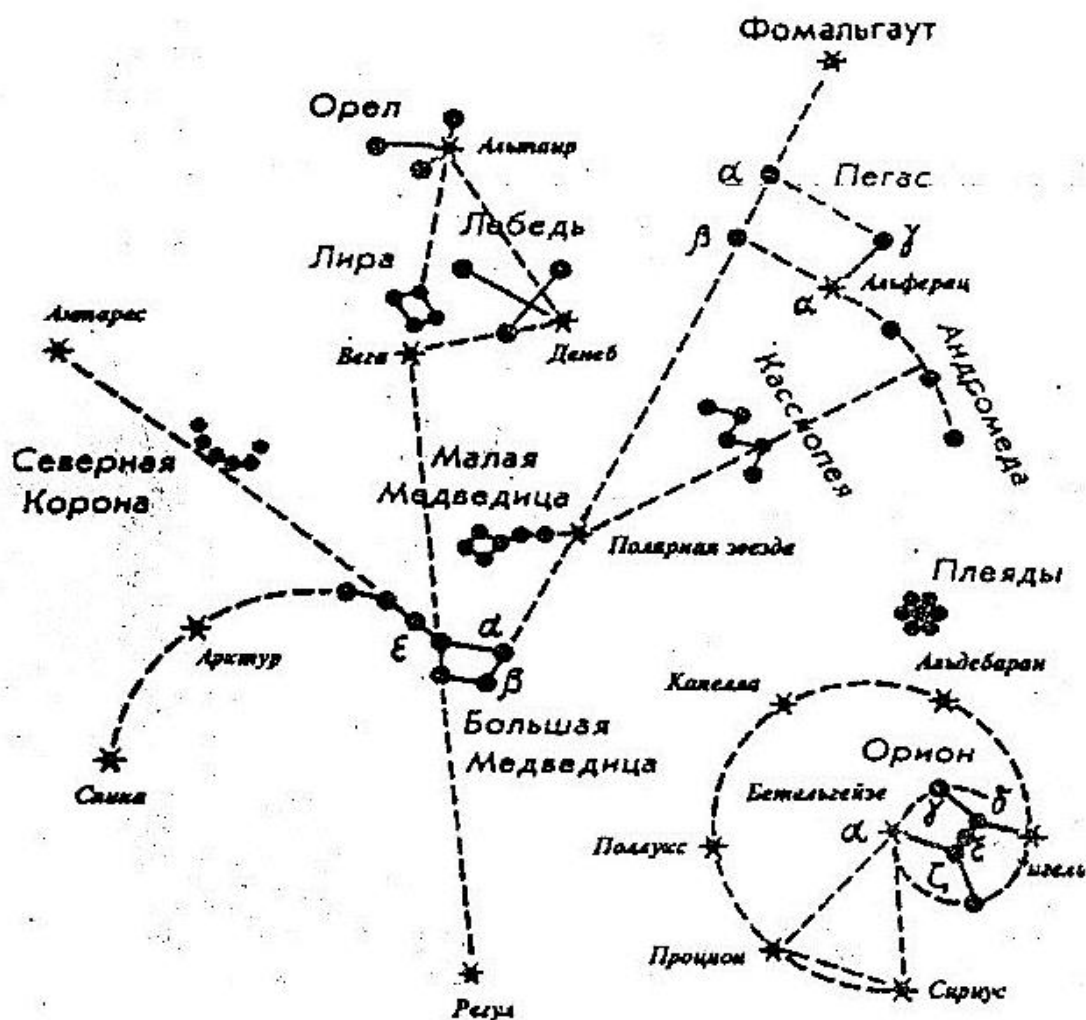
Звезды с их планетными системами и межзвездной средой образуют галактики.

Галактики – гигантские звездные системы, состоящие из более 100 млрд. звезд, обращающихся вокруг ее центра. Внутри галактики наблюдаются **звездные скопления**.

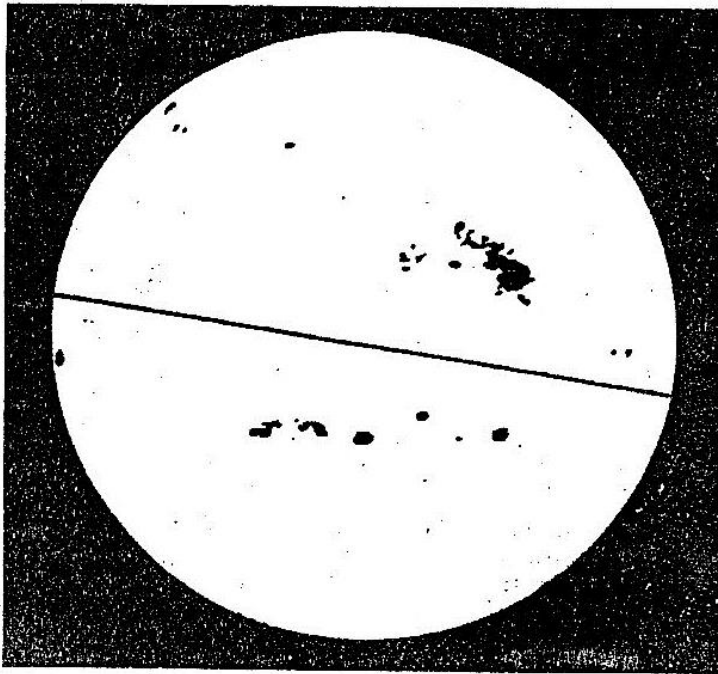
Звездные скопления — это группа звезд, между которыми сложились расстояния значительно меньшие по сравнению с расстояниями между множеством других звезд. В таких группах звезды носят общий характер движения в пространстве, имеют общее происхождение. Галактики формируют метагалактику.

Метагалактика — грандиозная совокупность отдельных галактик и скоплений галактик.

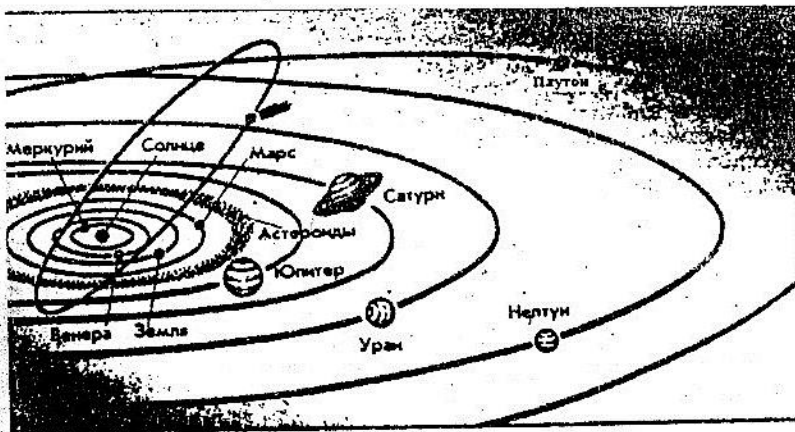
В настоящее время понятия «метагалактика» и «Вселенная» по сути равнозначны. Однако иногда метагалактика рассматривается как видимая часть Вселенной, причем Вселенная считается бесконечной. Но если признавать, что за пределами метагалактики существуют космический вакуум, то такую материю трудно отнести к Вселенной. Ведь в ней .



. Схема взаимного расположения основных созвездий и ярких звезд.



Вид Солнца с очень большим числом пятен (16 июня 1989 г.).



Строение Солнечной системы.



Земля на небе Луны (снимок Земли перед заходом ее за край Луны).

Ведь в ней нет устойчивых элементарных частиц, атомов, нет звезд, нет галактик. В связи с этим для **бесконечного мира** более подходит философское понятие материального мира, частью которого является Вселенная или метagalactica.

Космология (как многие науки) имеет свой специальный набор измерительных **единиц и понятий**, выработанных для изучения объектов метagalactica, разделенных друг от друга огромными расстояниями:

- * **Астрономическая единица** (а.е.) соответствует расстоянию от Земли до Солнца – 150 млн. км. Эта единица, чаще всего, используется для определения космических расстояний в пределах Солнечной системы. Например, расстояние от Солнца до самой удаленной от него планеты Плутона – 40 а.е.
- * **Световой год** – расстояние, которое световой луч, движущийся со скоростью 300 000 км/сек, проходит за один год, - $\sim 10^{13}$ км; 1 а.е. равна 8,3 световой минуты. В световых годах определяют расстояния до звезд и других космических объектов, находящихся за пределами Солнечной системы.
- * **Парсек (пк)** – расстояние, равное 3,3 световых года. Используется для измерения расстояний внутри звездных систем и между ними.

При определении расстояний до других галактик используют еще более крупные единицы – **килопарсек** (Кпк) - 10^{13} пк, **мегапарсек** (Мпк) – 10^6 пк. Все сведения, накопленные человечеством о Вселенной, - **результат наблюдений**. Первые астрономические знания были получены мыслителями древнего мира. Астрономы стран Древнего Востока – Египта, Вавилонии, Индии, Китая – научились предсказывать наступление затмений, следили за движением планет. Эти астрономические знания, накопленные еще в VII-VI вв. до н.э., заимствовали древние греки.

К началу XVIII века в астрономии достигнуты значительные успехи: открыты строение Солнечной системы и законы движения входящих в нее небесных тел; стало ясно, что Солнце – лишь одна из звезд в бесконечной звездной Вселенной. Последующее развитие астрономии сопровождалось накоплением новых фактов и возможностей их объяснения.

Задачей современной астрономии является не только объяснение фактов и результатов научных наблюдений, но и создание эволюционной картины, исторического пути развития Вселенной. Изучением этих вопросов занимается **космология**.

Подходы к изучению Вселенной сегодня основываются на следующих принципах:

- универсальные физические законы считаются действующими во всей Вселенной;
- выводы из результатов астрономических наблюдений признаются распространенными на всю Вселенную;
- истинными признаются только те выводы, которые не противоречат возможности существования самого наблюдателя, т.е. человека (**антропный принцип**).

В виду того, что изучая Вселенную ученые не имеют возможности осуществлять экспериментальные проверки получаемых данных, выводы из них могут считаться законами, и называются **моделями происхождения и развития Вселенной**.

Модель (от лат. *modulus* – образец, норма) – это схема определенного фрагмента природной или социальной реальности (оригинала), возможный вариант его объяснения. В процессе развития науки старая модель заменяется новой.

В основе современной космологии лежит эволюционный подход к вопросам возникновения и развития Вселенной, в соответствии с которым разработана **модель расширяющейся Вселенной** (о чем речь была в теме № 8).

Напомним, что согласно теории расширяющейся Вселенной, она находится в непрерывном процессе «разбегания» и, следовательно, она **нестационарна**. Но, так как она постоянно расширяется, то логично считать, что когда-то она должна была находиться в предельно сжатом состоянии, занимала очень малый объем, около 10^{-33} см³, и имела чрезвычайно большую плотность – 10^{93} г/см³ при температуре 10^{27} К. В настоящее время в космологии считается, что такое состояние должно было привести к «взрыву», так называемой «сингулярной точки» (сгустка материи высокой плотности и минимального объема), что дало начало процессу формирования нынешней Вселенной (по расчетам ученых это могло произойти примерно 13-20 млрд. лет назад).

Вопрос, однако, заключается в том, из чего же возникла Вселенная? На этот вопрос пытаются ответить исследователи, придерживающиеся так называемой «**теории инфляции**» (которая может служить дополнением к теории Большого взрыва). Согласно теории инфляции Вселенная возникла из «ничего» (что в научных представлениях определяется термином

вакуум (об этом см. выше). Современная наука считает, что в вакууме отсутствуют физические частицы, поля и волны. Но в нем имеются виртуальные частицы, возникающие за счет энергии вакуума, но сразу исчезающие. Однако, если вакуум в какой-либо точке возбудился и вышел из состояния равновесия, то виртуальные частицы захватывали энергию, за счет чего превращались в реальные частицы. Эту стадию зарождения Вселенной называют «фазой раздувания» (или инфляция).

В фазе инфляции объем Вселенной от миллиардной доли размера протона возрастает до нескольких сантиметров.

Далее образовалось множество реальных частиц содержащих энергию.

Таким образом, Вселенная перешла в состояние **возбужденного вакуума** и в отсутствии в ней вещества и излучения интенсивно расширялась. В этот период создавалось пространство и время Вселенной. Период стадии инфляции всего лишь 10^{-34} сек характеризовался расширением вселенной от невероятно малых квантовых размеров (10^{-34} см) до столь же невероятно больших ($10^{1000000}$ см). Дальше шла, так называемая, фотонная стадия, когда высвободившаяся энергия стала направляться на рождение тяжелых частиц и античастиц, которые обеспечили (после аннигиляции) возникновение мощной вспышки излучения (света), осветившего космос. Оставшееся после аннигиляции вещество стало прозрачным для излучения, контакт между веществом и излучением пропал. Отделившееся от вещества излучение и составляет современный «релуктовый» фон, теоретически предсказанный Г.А. Гамовым (1904-1968) и экспериментально обнаруженный в 1965 году.

Дальнейшее развитие Вселенной происходило в направлении от максимально простого состояния к созданию все более сложных структур – атомов, галактик, звезд, планет, синтезу тяжелых элементов в недрах звезд, в том числе и необходимых для формирования живой материи.

Модель Большого взрыва и инфляционная модель различаются только по своим начальным этапам, имевшим продолжительность порядка 10^{-30} сек (невообразимо короткое мгновение!). Затем в продолжении событий, происходивших в процессе формирования (эволюции) Вселенной, в обоих моделях существенных различий нет.

Итак, теория инфляция объясняет, что на ранних стадиях Вселенная имела неустойчивое вакуумобразное состояние с большой плотностью энергии. Эта энергия и исходная материя возникли из вакуума, возбужденного и разрушавшегося. Развивавшиеся до очень больших величин температура и давление ускоряли расширение, в итоге это привело к взрыву, при этом тепловая энергия превращалась в механическую и гравитационную энергии масс. Последнее прямо указывает на выполнение закона сохранения энергии при рождении Вселенной, и есть возможность считать правдоподобным происхождение Вселенной из «ничего» (Вакуума).

В настоящее время считается, что **расширяющаяся Вселенная – однородна, изотропна, нестационарна и горяча.**

Сравнительно недавно были открыты такие космические объекты как квазары, нейтронные звезды, черные дыры.

Квазары – мощные источники космического радиоизлучения, яркие и далекие из известных небесных объектов.

Нейтронные звезды – предположительно звезды, состоящие из нейтронов, образующихся, возможно, при вспышках сверхновых звезд.

Черные дыры (или «застывшие звезды», «гравитационные могилы») – объекты, в которые, как предполагают, превращаются звезды на заключительной стадии своего существования. Это, как бы, вырванное из метагалактики пространство, куда вещество и излучение «провалились» безвозвратно.

В результате исследований очень далеких галактик было обнаружено, что в настоящее время Вселенная расширяется более стремительно. Агент, вызвавший это ускорение, получил название «темной энергии», природа которой пока неизвестна.

12.2. Галактики.

Галактика (от греч. galaktikos – молочный, млечный) – звездная система, образованная различными звездами и звездными скоплениями, а также содержащая газовые и пылевые туманности и проч. Вселенная состоит из миллиардов галактик и каждая из них содержит миллиарды звезд. Галактики могут иметь различия по определенным элементам, составу, что за-

висит от их возраста и условий их возникновения и развития. Они разделены огромными расстояниями, составляющими 2 млн. световых лет. Скорость их движения составляет примерно 1000 км/с.

Существование галактик установлено в первой половине XX века, хотя предположения о них возникли еще в середине XIII века. Они образуют метagalaktiku, т.е. Вселенную, размеры которой составляют 15-20 млрд. световых лет, а возраст (как уже упоминалось) 13-20 млрд. лет. От некоторых галактик излучаются мощные радиоволны.

Выше упоминалось о **квазарах** (открытых в 60-х гг. XX века), космических объектах, представляющих собой **квазизвездные радиоисточники** мощнейшего радиоизлучения во Вселенной, природа которых пока не изучена.

Галактики имеют свой центр (ядро), различаются по некоторым признакам, в связи с чем их подразделяют на **спиральные, эллиптические, шаровые, неправильные**. Колоссальные расстояния, отделяющие их от нас, огромное число звезд, содержащихся в них, способствуют тому, что свет этих звезд, сливаясь, создает видимость некой светящейся **туманности**. Этим термином и называются многие аналогичные явления на видимом нами небосклоне, к примеру, Туманность Андромеды, наблюдаемая в области созвездия Андромеды. Это спиральная галактика, до которой от нас 2 млн. световых лет. Она была открыта в 1917 году, а в 1923 году в ней были обнаружены звезды. Так была установлена ее принадлежность другой галактике. Во Вселенной масса галактик, составляющих целые группы, разных по величине и иным признакам. Например, огромное облако, наблюдаемое в созвездии Девы, состоит из сотен галактик. В одной из групп, носящей название **Местное скопление**, находятся спиральные галактики со своими спутниками: Туманность Андромеды, галактика в созвездии Треугольника и наша Галактика.

Наша Галактика – это звездная система, куда входят все звезды, видимые в созвездиях, и все звезды Млечного Пути, а также газовые и пылевые туманности.

Пылевые туманности – облака в межзвездном пространстве, состоящие из Космической пыли, которая препятствует прохождению света, от звезд поглощая его коротковолновую (синие-зеленую часть спектра), от чего свет звезд кажется желто-красноватым. Космическая пыль является помехой для исследования космического пространства. Природа ее образования недостаточно изучена. Полагают, что она происходит от столкновения и разрушения мелких твердых тел, либо за счет сгущения межзвездного газа, либо за счет обоих событий.

Межзвездный газ – это, чаще, водород, в меньшей мере – гелий. Азот и другие легкие газы содержатся в небольших количествах.

Газовые туманности – это довольно плотно сконцентрированные газы (по сравнению с концентрацией газов в большей части межзвездного пространства).

Газо-пылевые туманности – это скопления и космической пыли и газов.

Спутниками нашей галактики являются две туманности (наблюдаемые в южном полушарии неба) – это Большое и Малое Магеллановы облака.

Расстояние до них оценивается в 120 тыс. световых лет, а их размеры – 26 и 17 тыс. световых лет.

Наша Галактика называется Млечный Путь. Это довольно большая галактика, опоясывающая весь небесный свод (как светящаяся лента), имеет диаметр около 100 тыс. световых лет, включает в себя свыше 100 млрд. звезд, в том числе Солнце. Полная ее масса равна 150 млрд. солнечных масс.

Установлено, что наша Галактика имеет спиральное строение.

Считают, что в районах многих звезд могут находиться планетные системы.

Подсчеты показывают, что если даже на тысячу звезд приходится одна обитаемая планета, то и тогда во всей Галактике таких планет должно быть 100 миллионов. Поэтому нет оснований считать Землю единственной космической «крупинкой», где существует живая материя.

12.3. Звезды.

Звезды – это самосветящиеся небесные тела, состоящие из раскаленных газов. Это гигантские плазменные образования, имеющие различные характеристики (величины, температура, движение и т.д.). По современным научным данным 97% вещества Вселенной сосредоточено в звездах, а в некоторых галактиках эта величина составляет 99,9%. Изучение содержимого звездных масс осуществляется методами спектрального анализа (астрофизические,

физические методы изучения химического состава). Исследование состава звезд, да и других небесных объектов позволяет считать, что вещества их состоят из тех же химических элементов, что и вещества нашей планеты Земли. Преобладает в звездах водород (50%), гелий (40%). Остальные элементы содержатся примерно в тех же соотношениях, что на Земле. Свечение звезд обусловлено тем, что в их недрах происходят ядерные реакции, водород превращается в гелий, высвобождается энергия, возникает световое излучение (и иные виды излучений).

Рождаются звезды в газовой-пылевой туманности при взаимодействиях гравитационных, электромагнитных и других сил и формировании неустойчивых неоднородностей и распадения диффузной материи на ряд сгущений. Вообще, звезды рождаются не как самостоятельные объекты, а, в начале, как материальные ассоциации, которые подвергаясь дальнейшим превращениям, дают в разной степени укрупненные сгустки, находящиеся в непрерывном движении. Движение материальных масс обеспечивается взаимодействием центробежных сил, противодействующих силам тяготения, при этом не обязательно новые газово-пылевые образования объединяются в крупные тела. Процессы идут параллельным образом: одни сгущения могут не получить дальнейшего развития, рассеяться, другие эволюционируют до предзвездных образований (протозвезды) – гигантских газовых шаров со слабым свечением и еще не высокими температурами внутри. Далее процесс эволюции протозвезды приводит к высокой плотности ее плазменного содержания, к высокой температуре (миллионы градусов) внутри ее тела, к последующим ядерным превращениям в ней.

В свете сегодняшних астрофизических (космологических) представлений эволюция вещества во Вселенной происходит (и происходила) в недрах звезд, или, другими словами, это обусловило химическую эволюцию Вселенной.

Созвездия – участки звездного неба, условно разделенного по фигурам, образованным яркими звездами. Созвездий отмечено 88, ими пользуются для ориентирования на звездном небе. Звезды, принадлежащие к определенному созвездию, могут, на самом деле, находиться на различных расстояниях от нас.

Звездная величина – это единица измерения видимого блеска звезд и других небесных тел. Самые яркие звезды – это звезды 1-й величины, а по мере ослабления блеска увеличивается цифра значения. Например, звезды шестой величины, обладающие самым слабым блеском (но видимые невооруженным глазом) в 100 раз менее яркие, чем звезды первой величины. В бинокль можно рассматривать звезды восьмой-девятой величины, а в телескоп – еще менее яркие (невидимые нашим глазом). Количество звезд первой величины на небе около 20. Звезд второй величины, например, входящих в созвездие Большой Медведицы, около 70. Всего видимых на небе звезд (т.е. звезд шестой величины) около 6000.

Звездная величина, впрочем, не является объективной характеристикой интенсивности излучения, испускаемого ею. Существует и другое понятие – **светимость** – сила света, испускаемого звездой, выражающее отношение силы света звезды к силе света Солнца.

Вычислив расстояние до звезды, ее блеск с Земли, вычисляют степень блеска звезды, если бы она находилась на расстоянии Солнца.

Двойные звезды – это системы из двух звезд, каждая из которых вращается вокруг их общего центра тяжести. Обычно более яркую звезду из пары называют главной, а вторую – спутником ее.

Самая яркая звезда на небе – двойная и называется она Сириус. Спутник этой звезды – белый карлик – обращается вокруг главной звезды за 50 лет и находится от нее в 20 раз дальше, чем Земля от Солнца.

Переменные звезды – звезды, блеск которых меняется, а также меняются их температура, цвет.

Цефеиды – звезды, излучение которых внезапно увеличивается в тысячи раз, затем медленно уменьшается (это некоторые карлики).

Во время подобных вспышек за несколько десятков часов звезда-карлик может превратиться в гиганта, блеск ее увеличивается в несколько тысяч раз. Затем звезда может вновь возвратиться в прежнее состояние. Такие события в Галактике ежегодно происходят в количестве до 100 случаев. Мы можем заметить лишь некоторые вспышки самых ближайших к нам из них. Изредка можно наблюдать в нашей и других галактиках вспышки **сверхновых звезд**. В этих случаях вспышки настолько интенсивные, что излучение превышает обычную степень в миллионы и сотни миллионов раз. Последнее такое излучение **сверхновой** звезды наблюдал знаменитый астрофизик Кеплер в 1604 году.

В ряде случаев (как полагают ученые) в результате вспышки **сверхновой** звезды остатки ее массы сильно сжимаются и звезда превращается в быстро вращающуюся, так называемую, **нейтронную**. Нейтронные звезды, по предположению ученых состоят из нейтронов, очень малы (до 10 км), но высокой плотности.

Обнаружены невидимые космические объекты, которые испускают невидимое пульсирующее радиоизлучение, - **пульсары**. Это точечные источники радиоизлучения, импульсы которых с очень коротким периодом. Предполагают, что пульсарами могут являться некоторые нейтронные звезды.

Звезды различаются значительно по размеру и плотности. Но их массы так значительно не отличаются, они колеблются в пределах от 0,1 до нескольких десятков солнечных масс.

Сегодня астрономия располагает сведениями о положении множества звезд на небе, об их величине, а также другими данными. Известно, что звезд 21 величины около 2 млрд. Солнце – одна из них.

Солнце – скорее всего это рядовая звезда. Ее возраст оценивается до 5 млрд. лет. Самые близкие к Солнцу звезды – α -Центавра и Сириус. Скорость движения Солнца вокруг оси Галактики – 250 км/с. Расстояние от Земли до Солнца 8,3 световой минуты или 149,6 млн. км. Диаметр Солнца составляет 1,4 млн. км. Масса Солнца в 333 тыс. раз больше массы Земли, а объем больше объема Земли в 1 млн. 304 тыс. раз. Плотность в среднем выше плотности воды в 1,4 раза. Но плотность вещества в Солнце распределена неравномерно: внутри она очень высока, снаружи – низка, в сотни раз меньше плотности воздуха.

Солнце состоит из нескольких слоев – внутренних и внешних. Внутренние – **ядро, область лучистого переноса энергии и конвективная зона**. Внешние слои – **атмосфера**.

Ядро – в центре Солнца. Радиус ядра равен примерно 1/3 радиуса Солнца. Вещество Солнца главным образом содержится в ядре. Его температура составляет 10 млн. К. Так как ядро Солнца характеризуется сверхвысоким давлением и сверхвысокой температурой, оно имеет состояние плазмы, частицы которой пребывают в постоянном движении с высокой скоростью. Ввиду этого между частицами плазмы происходят ядерные реакции, в результате чего из атомов водорода образуются атомы гелия, что сопровождается выделением огромного количества энергии.

Таким образом, источником солнечной энергии являются водородные ядерные реакции. Эта энергия еще не израсходована Солнцем даже наполовину. Значит, Солнце еще будет светить миллиарды лет до полного превращения водорода в гелий.

Область лучистого переноса энергии располагается вокруг ядра, и здесь происходит процесс поглощения квантов (единиц энергии), дробление их, переизлучение и энергия, в результате этого, перемещается наружу. Считается, что толщина области лучистого переноса энергии приблизительно равна радиусу ядра.

Следующий «слой» Солнца **«конвективная зона»**, характеризуется тем, что толщина его составляет 200 тыс. км, температура значительно ниже, чем в ядре. Она не может полностью передать колоссальные порции энергии, исходящие из солнечного ядра наружу сразу, а поэтому происходит так называемая **конвенция** – процесс, напоминающий кипение воды, при котором ядерное вещество прорывается систематически, непрерывно в наружные области. Далее эта зона переходит во внешние слои Солнца – атмосферу, которая состоит из **фотосферы, хромосферы и короны**.

Фотосфера – слой, размещающийся глубже из выше перечисленных. Это тонкий слой, где образуются световые и тепловые излучения, направленные в пространство. Фотосфера имеет толщину 200-300 км, температуру около 6000°K. Выше, за фотосферой, следует **хромосфера** – раскаленные газы. Слой этот имеет толщину 10-20 тыс. км. В этих слоях из-за того, что световая энергия в значительной степени превращается в тепловую, температура выше, чем в фотосфере и составляет десятки тысяч кельвинов.

Корона – внешняя часть атмосферы Солнца. Температура в этой части Солнца – более 1 млн. К. Плазма в короне в миллионы раз менее плотная, чем плотность воздуха. Поэтому корона еще более прозрачная, чем хромосфера, и количество излучаемого ею света очень мало. Яркость короны в миллионы раз меньше яркости фотосферы. По мере удаленности от поверхности Солнца температура уменьшается. Солнечная корона имеет огромные размеры, составляет более 200 радиусов Солнца. Она достигает орбиты Марса. Земля оказывается как бы погруженной в корону Солнца. Поэтому на Землю непрерывно воздействует поток заряженных частиц (так называемый – **солнечный ветер**). При достижении Земли этот поток частиц в атмосфере Земли отклоняется ее верхними слоями – **ионосферой**.

Периодически (в среднем через 11 лет) в солнечной атмосфере образуются активные области, количество которых бывает непостоянным. Они наблюдаются с Земли как **«солнечные пятна»**. В результате вспышек, возникающих в такое время (яркость которых очень высока) в фотосфере Солнца, образуются потоки очень быстрых заряженных частиц и космических лучей. Этот поток, достигая Земли, вызывает заметные изменения магнитного поля Земли. Они нам известны под названием **магнитные бури**. Причины этих процессов пока изучены недостаточно.

12.4. Солнечная система.

Существуют следующие гипотезы образования Солнечной системы:

- * Планеты Солнечной системы сформировались путем объединения твердых холодных тел и частиц, входящих в состав туманности, которая когда-то окружала Солнце.
- * Спутники планет образовались из роя частиц, окружавших планеты.

Орбиты всех планет являются почти круговыми и лежат в одной плоскости, совпадающей с экваториальной плоскостью Солнца. Общая масса всех планет Солнечной системы составляет всего 2% от массы Солнца.

Проблема происхождения Солнечной системы пока остается неразрешенной, хотя первые гипотезы об этом возникли 250 лет тому назад. Это гипотезы философа И.Канта (1724-1804) и физика П.Лапласа (1749-1827), которые вошли в науку как коллективная космогоническая гипотеза Канта-Лапласа (хотя разрабатывали они их независимо друг от друга).

Согласно этой гипотезе, система планет вокруг Солнца образовалась в результате действия сил притяжения и отталкивания между частицами рассеянной материи (туманности), находящейся во вращательном движении вокруг Солнца.

Следующая гипотеза была предложена астрофизиком Дж.Джинсом (1877-1946). Его идея заключалась в акте столкновения Солнца с другой звездой.

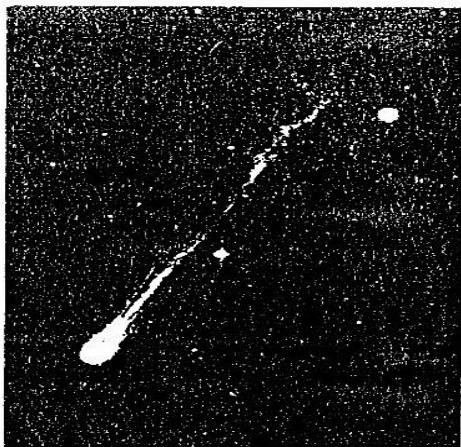
В последующем появились гипотезы Х.Альфвена (1908-1995) и Ф.Хойла (1915-2001). Оба они астрофизики, а суть их идей заключалась в том, что в процессе формирования планет и других тел Солнечной системы участвовали не только механические, но и электромагнитные и другие силы.

Согласно современным представлениям первоначальное газовое облако, из которого образовались и Солнце, и планеты, состояло из ионизированного газа, подверженного влиянию электромагнитных сил. После того, как из огромного газового облака в результате процессов в концентрации, образовалось Солнце, на очень большом расстоянии от него остались небольшие части этого облака. Гравитационная сила стала притягивать остатки газа к образовавшейся звезде – Солнцу, но его магнитное поле остановило падающий газ на различных расстояниях – как раз там, где находятся планеты. Силы гравитации и электромагнитные оказывали влияние на концентрацию и сгущение падающего газа, и в результате образовались планеты.

Когда возникли самые крупные планеты, тот же процесс повторился в меньших масштабах, создав, таким образом, системы спутников. Теории происхождения Солнечной системы носят гипотетический характер и, к тому же, имеют достаточное количество противоречий и неясных мест.

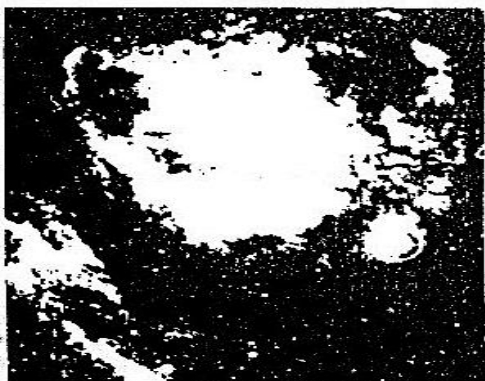
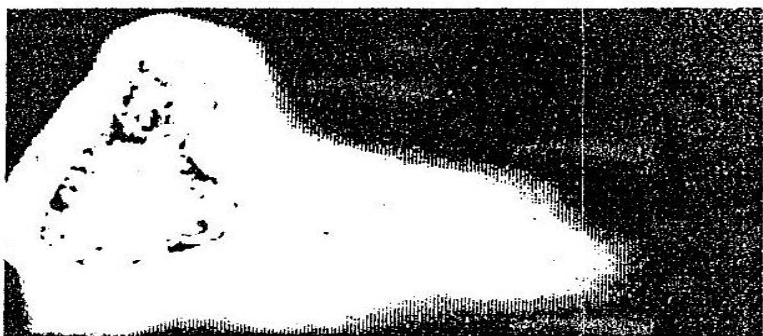
Вопросы для самопроверки.

- 1) Что изучают астрономия, космология, космогония?
- 2) Как устроена Вселенная? Сформулируйте общее представление об ее устройстве. Что означает термин метagalactica?
- 3) Какие измерительные единицы и понятия существуют в науке Космология?
- 4) Каковы сегодня представления о возникновении и развитии Вселенной? Расшифруйте понятия «Большой взрыв» и «Модель расширяющейся Вселенной».
- 5) Каково строение Нашей Галактики?
- 6) Какими общими особенностями характеризуются звезды? Что они собой представляют?
- 7) Что такое созвездие? Что означает «звездная величина»?
- 8) Гипотеза о возникновении Солнечной системы.
- 9) Строение и особенности Солнца.

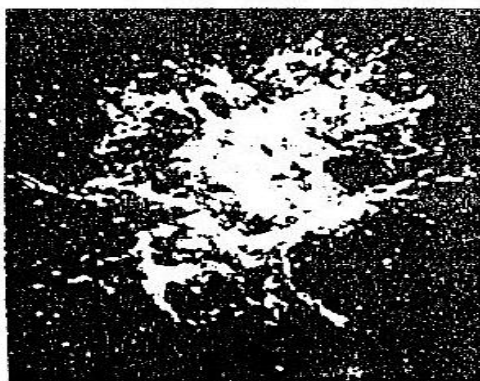


Комета Галлея
(1986 г.)

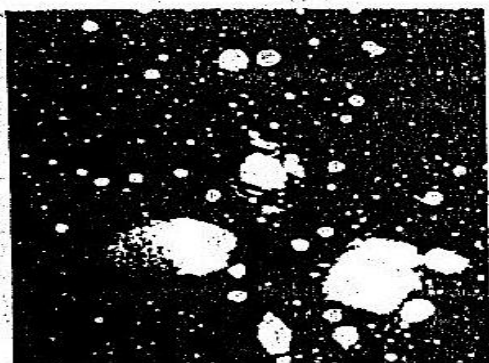
Ядро кометы
Галлея.



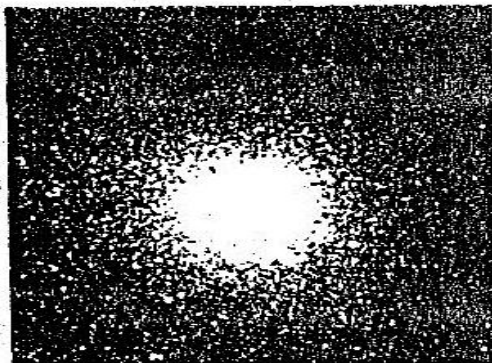
Диффузная туманность.



Крабовидная туманность.



Рассеянное звездное
скопление Плеяды в созвездии
Тельца.



Шаровое звездное скопле-
ние в созвездии Геркулеса.

Тема 13.

13.1. Форма и размеры Земли

Земля, «дом», где обитает человечество, а поэтому не будет излишним ознакомиться с ее особенностями, как говорится, здесь и сейчас. Земля давно является объектом изучения множества наук: географии, геологии, гидрологии, тектоники и многих других наук вплоть до философии и культуры.

Можно подразделить науки о Земле на две группы: отраслевые и системные.

Отраслевые: геология (наука о литосфере), гидрология (о гидросфере), климатология (об атмосфере), геофизика (изучает Землю как физическое тело), геохимия (изучает химические процессы, протекающие в пределах Земли), геоморфология (изучает рельеф Земли), почвоведение (изучает верхний крайний слой Земли), биогеография (изучает растительные и животные организмы, т.е. живую материю Земли в плане ее распределения на планете).

К системным наукам относится **география** – изучающая общую картину поверхности Земли. При этом физическая география изучает естественные природные комплексы, а **социально-экономическая** география изучает социально-экономические комплексы, формирующиеся на поверхности Земли как результат освоения и использования человеком территорий планеты.

В IV веке до н.э. древнегреческий ученый Аристотель открыл факт того, что Земля имеет форму шара, что оказалось важным для дальнейшего развития представлений об окружающем мире и общего развития человеческой мысли.

13.2. Космические ритмы.

Существование материи вообще, и все, что происходит на Земле, в частности, подчиняется, так называемым, **космическим ритмам**. Они связаны с движением космических тел относительно друг друга и являются следствием этой формы движения материи.

Смена дня и ночи обусловлена вращением Земли вокруг своей оси, недельные и месячные ритмы обусловлены обращением Луны вокруг Земли, сезонно-годовые ритмы объясняются обращением Земли вокруг Солнца, физические особенности условий на Земле складываются в значительной степени в зависимости от солнечной активности.

С солнечной активностью наука связывает три вида ритмов: 11-летний ритм, 22-23-летний, 80-90-летний. Обращение Земли вместе со всей Солнечной системой вокруг центра Галактики на 220-250 млн. лет определяет геологическую ритмику, то есть смену геологических эпох.

Существование гравитационных сил между планетами, движение комет, другие виды взаимодействия способствуют тому, что космических ритмов может оказаться еще больше. Не трудно понять, что все это не может не воздействовать на не живую, живую природу, в том числе человека.

Самым наглядным примером является смена дня и ночи, ритм, которому подчинена жизнедеятельность животного и растительного миров.

Полный оборот вокруг своей оси Земля совершает за 24 часа (сутки). В разных местах Земли, на разных меридианах (т.е. имеющих разную долготу) часы в один и тот же момент показывают разное время суток. Однако на одном и том же меридиане (на одной и той же долготе) время суток одно и то же. Это называется **местным временем**.

В практической жизни использование местного времени очень неудобно, особенно в нынешний век высоких скоростей современных транспортных средств и средств связи.

С помощью астрономии разработана и используется система **поясного времени**. На международном уровне достигнута договоренность о разделении поверхности Земли на 24 часовых пояса, каждый из которых включает в себя 15° долготы, т.к. Земля за один час поворачивается на 15°. Время каждого пояса отличается от последующего на 1 час. Нумерация поясов от 0 до 23 ведется с запада на восток от Гринвичского меридиана. Во всех пунктах в пределах одного пояса, в данный момент считается одно и то же время.

Во многих странах мира осуществляется переход на **декретное** время (от лат. decretum – указ, постановление) – поясное время, переведенное на 1 час с целью наиболее рационального использования светлого времени суток (летнее или зимнее время).

Скорость движения планет вокруг Солнца зависит от положения их орбит. Планеты более удаленные от Солнца имеют и более длинный орбитальный путь, следовательно, и продолжительнее время обращения вокруг Солнца. Год на Юпитере продолжается 12 земных лет, на Сатурне – почти 30. Самая далекая планета Солнечной системы Плутон делает один оборот вокруг Солнца за 248 земных лет. Земля – третья по счету планета в Солнечной системе, совершает она один оборот вокруг Солнца за 365 дней 6 часов 9 минут и 9 секунд. Для удобства считают в году 365 дней, а через каждые четыре года, накопившиеся 24 часа относят к месяцу февралю.

Земная орбита имеет форму эллипса. Среднее расстояние от Земли до Солнца 149 млн. км. Ось вращения Земли наклонена к плоскости земной орбиты под углом 66,5°. В связи с этим обстоятельством на Земле создается смена времен года и это более ощущается по мере перемещения к полюсам Земли.

Календарные системы. На основе космической ритмики созданы различные календарные системы. Известны византийский и иудейский календари, ведущие отсчет от мифического сотворения мира (01.09.5508 г. до н.э.), древнегреческий (начало отсчета – первые Олимпийские игры – 01.07.776 г. до н.э.), христианский (от даты рождения Христа – 01.01.01 г. н.э.), мусульманский (бегство Мухаммеда из Мекки – 16.07.622 г.н.э.).

Древнеегипетский календарь (солнечный) основан на нескольких космических и природных ритмах. Так, главный цикл (продолжительностью 1460 лет) начинался с восхода звезды Сириус. Год состоял из 12 месяцев по 30 дней, 5 дней прибавлялись к последнему месяцу в конце каждого года. 12 месяцев распределялись по трем сезонам: сезон половодья (реки Нил), длившемся с середины июля до середины ноября; сезону восходов (с середины ноября до середины марта); сезону засухи.

В настоящее время во всех цивилизованных странах используется григорианский календарь. Это солнечный календарь, разработанный врачом и математиком Л.Лилио и введенный папой римским Григорием XIII в 1582 г. Средняя продолжительность года в этом календаре – 365,2425 суток, что дает ошибку в одни сутки за 3300 лет. С 5 октября 1582 года (с 15 октября по григорианскому календарю) расхождение между старым (юлианским) и новым стилем составляли 10 суток, а с марта 1900 года – уже 13 суток. В России григорианский календарь введен с 1 февраля 1918 года (14 февраля по григорианскому).

Во многих мусульманских странах принят лунный календарь, базирующийся на смене фаз Луны. Между двумя новолуниями (29,5 суток) – лунный месяц. В календарном месяце лунного календаря чередуются 29 и 30 дней. 12 месяцев составляют год продолжительностью 354 суток, то есть короче солнечного на 11 суток. Начало лунного календаря отодвигается на все более ранние даты солнечного календаря.

13.3. Зональные комплексы.

На поверхности земного шара разделяют 11 зональных комплексов, формирование которых обусловлено тремя ведущими факторами:

- * положением Земли относительно Солнца;
- * особенностями перераспределения тепла и влаги по поверхности Земли с воздушными и океаническими течениями;
- * конфигурацией океанов и континентов.

Главной причиной формирования зон является неодинаковая освещенность земной поверхности солнечными лучами. Неравномерность освещения земной поверхности зависит от угла падения лучей и длительности солнечного освещения территорий.

Земля вращается и вокруг Солнца и вокруг своей оси, а это влияет на характер потоков воздуха в тропосфере, на океанические течения.

Также на формирование зон влияет конфигурация континентов и океанов. Вода в океанах создает ровную поверхность огромной части Земного шара и обеспечивает некоторое выравнивание температурного режима над большими акваториями. На континентах же границы зон зависят от рельефа местности и удаленности территорий от океанов. В горных массивах наблюдается **вертикальная зональность** (смена климатических поясов по мере подъема в горы), которая напоминает смену климатических условий по мере удаления от экватора к южному или северному полюсам – **широтная зональность**.

Огромное значение для формирования зон имеет распределение влаги, которое в целом подчинено тем же закономерностям, но и имеет особенности.

Насыщение воздуха парами воды в тропических областях над водной поверхностью, а выпадение их на поверхность Земли зависит от условий конденсации водяного пара. Это восходящие потоки насыщенного водяными парами теплого воздуха, который остывает при подъеме в условиях экватора, наветренных склонов гор, атмосферных фронтов в умеренных широтах и т.д. Общим же правилом является обильное выпадение осадков в районах с низким атмосферным давлением (восходящие потоки воздуха) и небольшое количество осадков в районе с высоким давлением.

13.4. Комплексные природные зоны.

Исследуя комплексы природных условий разных регионов планеты нашей можно классифицировать их на основе сочетания в них ведущих естественных факторов – температурного режима и режима влажности. В результате этого определяются **комплексные природные зоны** или, так называемые, **климатические зоны**. В случаях, когда количество осадков превышает испарение, формируется гумидная (влажная) зона. Когда количество осадков примерно равно испарению, формируется **равновесная** зона. Когда же количество осадков не покрывает испарение влаги, формируется **аридная** (сухая) зона.

На планете они размещаются в следующем порядке (от экватора к полюсу).

- I. **Тропический пояс**, лежащий между тропиками по обе стороны экватора, занимающий 40% земной поверхности. Солнце в этом поясе бывает в зените два раза в год над каждым из тропиков:
 - 1) жаркая влажная зона (избыток тепла и влаги) – от 0° до 10° сев. и южн. широты;
 - 2) жаркая равновесная зона (избыток тепла, равновесие влаги) – от 10° до 20° сев. и южн. широты;
 - 3) жаркая аридная зона (избыток тепла, дефицит влаги) – от 20° до 40° сев. и южн. широты.
- II. **Два умеренных пояса** (Северный и Южный) расположены между тропиками и полярными кругами. Солнце здесь никогда не бывает в зените. Сутки всегда имеют смену дня и ночи, а продолжительность зависит от широты и времени года. Умеренные пояса занимают 52% земной поверхности:
 - 1) умеренная равновесная зона (равновесие тепла и влаги) – от 40° до 50° сев. и южн. широты;
 - 2) умеренная гумидная зона (равновесие тепла и избыток влаги) – от 50° до 70° сев. и южн. широты.
- III. **Два полярных пояса** (Северный и Южный) – к северу от Северного полярного круга и к югу от Южного полярного круга. Характеризуются наличием полярных дней и ночей. Их площадь – 8% земной поверхности:
полярная зона (нехватка тепла, избыток почвенной влаги и сухой воздух – от 70° до 90° сев. и южн. широты).

Жаркая и влажная зона размещена по обе стороны экватора (экваториальная зона), остальные пять зон расположены симметрично в Северном и Южном полушариях. Поэтому общее число зон – 11. Однако к ним следует относить горные районы, где зональность проявляется в силу влияния и широты места и высоты гор и экспозиции склонов и наветренному (подветренному) положению горных склонов и хребтов. Следует отметить, что границы зон не могут иметь четких границ в силу объективной изменчивости факторов влияния (космические, температурные, условия влажности, т.е. динамика подсистем живой и неживой природы может влиять на изменчивость границ зон). Известны примеры из далекого и недалекого прошлого Земли, когда большие территории на планете занимали влажные леса или обширные пустыни (350 и 280 млн. лет назад). Даже в период существования человека (4 млн. лет) границы зон резко менялись в результате крупных материковых оледенений. Кстати, периодические сильные похолодания на планете заставляли человека искать способы приспособления к резким изменениям климата, способы выживания.

В настоящее время стало очевидным, что на изменение границ зон влияют не только естественные факторы, но все расширяющаяся по масштабам хозяйственная деятельность человечества. Смещение границ зон в перспективе создаст сложности для существования че-

ловека, т.к. уже сейчас наблюдается значительная скорость изменения зональных характеристик, приводящих, в конечном счете, к уменьшению территорий планеты, пригодных для существования человека.

13.5. Внутреннее строение Земли. Литосфера.

Земля состоит из земной коры, мантии и ядра. **Литосфера** (от греч. *litos* – камень и *sphaire* – шар) – это верхняя твердая оболочка Земли, включающая земную кору и верхнюю часть мантии. Толщина литосферы в среднем 70-250 км.

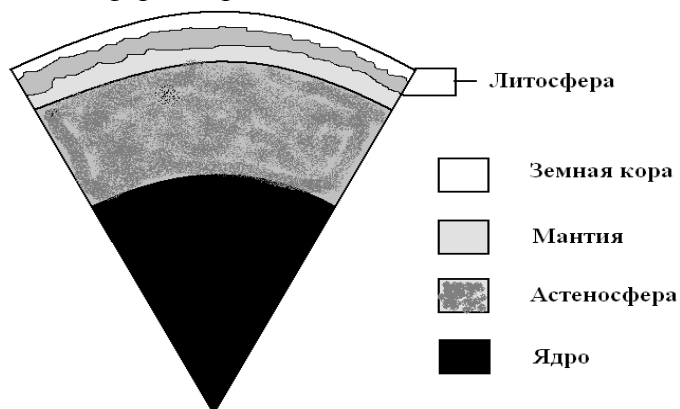


Рис. 2. Внутреннее строение Земли

Земная кора – верхняя часть литосферы не имеет одинаковой толщины слоя. Имеется два типа – материковой и океанический. Под океанами граница земной коры уходит на 5-10 км, под равнинами – на 35-45 км. Под горами – до 75 км.

Слои земной коры состоят из горных пород и минералов.

Минерал – природное тело, приблизительно однородное по химическому составу и физическим свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов в глубине и на поверхности литосферы. Из минералов состоят горные породы Земли (и некоторых других планет), руд и метеоритов.

Горная порода – природная совокупность минералов более или менее постоянного минералогического состава, образующее самостоятельное тело в земной коре.

Горные породы по своему происхождению бывают трех типов: магматические, метаморфические и осадочные. 90% объема земной коры составляют магматические и метаморфические горные породы. Осадочные составляют 10%, и они занимают 75% поверхности Земли.

Магматические горные породы это результат выхода магмы из горячих глубин и ее застывание.

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли формируются под влиянием внешних воздействий.

Магматические и осадочные горные породы, оказавшись на больших глубинах под влиянием высокого давления и температуры, могут преобразовываться в **метаморфические** горные породы (метаморфоза – или видоизменение). Например, известняк преобразуется в мрамор, песчаник – в кварц, гранит – в гнейс.

Мантия Земли размещается ближе к центру планеты, образуя слой около 3000 км (см. рис.) Внутри мантии, на глубине 100-250 км под континентами и 50-100 км под океанами размещен слой более пластичного материала, называемый **астеносфера**. Полагают, что мантия в основном состоит из магния, железа и кремния. Температура в ней достигает 2000°C. Установлено, что температура горных пород по мере увеличения глубины возрастает в среднем на 1°C на каждые 33 м в глубь Земли. Увеличение температуры обусловлено процессом распада радиоактивных элементов, происходящим в центральной области Земли.

Ядро земли остается пока загадкой для науки. Более или менее достоверным являются сведения о его радиусе, который оценивается в 3500 км и температуре, достигающей 4000°C. Имеются сведения о том, что площадь ядерного «шара» Земли равна площади поверхности

суши Земли и составляет соответственно 148,7 млн. км² и 149 млн. км². Такое совпадение, по мнению некоторых ученых не случайно, и указывает на определенную сбалансированность внешних и внутренних сил.

13.6. Геологическое летоисчисление.

Геологические процессы очень длительные. В данном разделе мы попытаемся изобразить этот очень длительный период эволюции планеты Земля, которая, как сейчас утверждается наукой, имеет возраст около 5 млрд. лет.

Принцип различения этапов развития геологических процессов базируется на последовательности накопления осадочных горных пород. Если их залегание не нарушено, то каждый верхний слой моложе нижнего. Наука (геологическая) определяет пять основных слоев отложения. Периоды, когда эти отложения происходили, названы **эрами**. Название эры отражает относительное время: **архейская** (древнейшая), **протерозойская** (ранняя), **палеозойская** (древняя), **мезозойская** (средняя) и **кайнозойская** (новая). Последние три разделены на периоды, так как в отложениях этих эпох сохранилось больше остатков бывших растений и животных. В каждой эре происходили события, оказавшие воздействие на современный облик Земли. Это особые периоды активации горообразовательных процессов – **складчатости**.

13.7. Рельеф и его формирование.

Под понятием **рельеф** понимается совокупность неровностей земной поверхности разного масштаба, называемых **формами рельефа**. Рельефообразующие процессы происходят под воздействием на литосферу внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) процессов.

Сегодня считается, что литосфера состоит из жестких подвижных плит, перемещающихся по пластичной мантии. Границы между плитами – это океанические хребты, желоба и трансформные разломы. Эти образования возникли как результат взаимодействия между слоями мантии и более глубоко расположенных масс. Во второй половине XX века проводились обширные исследования дна Мирового океана, в результате которых появились новые представления о развитии океанов и материков, отражавших взгляды немецкого ученого А.Вегенера.

Сформировалась новая **теория литосферных плит**, согласно которой литосфера разделена узкими активными зонами – глубинными разломами – на отдельные жесткие плиты, плавающие в пластичном слое верхней мантии.

Внутренние (эндогенные) процессы, или их называют **геологические**, обуславливают личные **тектонические движения**. Это – движения отдельных участков земной коры в вертикальном и горизонтальном направлениях. Они приводили и приводят к разной степени неровностям земной поверхности, ее непрерывное изменение. Происходит это (как уже выше отмечалось) за счет тепловой энергии околоядерной и ядерной масс. В результате движения плит возникают изменения очертаний и поверхности материков, конфигурации океанов, в том числе и изменения донной поверхности океанов.

Тектонические движения различаются двух типов: вертикальные и горизонтальные (происходящие как во взаимосвязи друг с другом, так и без взаимосвязи).

Складки – волнообразные изгибы пластов коры, созданные совместным действием обоих видов тектонических движений. Складка с выгнутостью кверху, называется **активной складкой**, или **актиналию**. Складка с выгнутостью книзу называется **синклинальной складкой**, или **синклиналью**.

Разрывные нарушения (разломы) – это различные нарушения сплошного строения горных пород, нередко сопровождающиеся перемещением разорванных частей друг относительно друга. Разломы могут быть небольшими, а могут быть очень большими (по ширине и глубине).

Границы литосферных плит как в местах их разрыва, так и в местах столкновения – это **подвижные участки земной коры**, на которых находится большинство действующих вулканов, где часты землетрясения. В этих участках идет формирование новой складчатости,

образование **сейсмических поясов**. Чем дальше от границ подвижных участков к центру плиты, тем более устойчивыми являются участки земной коры. Например, Москва, которая находится в центре Евразийской плиты, находится на достаточно спокойной территории.

Вулканизм – совокупность процессов и явлений, вызванных внедрением магмы в земную кору и излиянием ее на поверхность. При этом из глубинных магматических очагов извергаются на поверхность лава, горячие газы, пары воды, обломки горных пород.

13.8. Типы рельефа Земли.

Материки и океаны – основные типы рельефа Земли.

Материк – это крупнейший массив земной коры, который имеет трехслойное строение. Большая часть его поверхности выступает над уровнем океана.

Мировой океан – непрерывная водная оболочка Земли, окружающая материки и обладающая общностью солевого состава.

Поверхность Земли составляет 510 млн. км². На долю суши приходится всего 29% площади земного шара. Остальное – Мировой океан – 71%.

Горы и равнины тоже являются основными формами рельефа Земли. Они различаются и по форме и по высоте. Группы гор, вытянутые цепочкой, носят название **горный хребет**. Это, например, Кавказские хребты. Есть **горные пояса**, например, Альпийско-гималайский, а также **горные страны**, например, Памир. Горы и равнины имеют место, как на суше, так и в океанах (океаническое дно).

Горными местностями считаются участки суши приподнятые над уровнем океана на высоту свыше 500 м. Низкие горы – от 500 до 1000 м (предгорья). От 1000 м до 2000 м – средние, выше 2000 м – высокие. Самая высокая гора в мире – вершина Эверест (Джомолунгма) в Гималайской горной системе. Ее высота равна 8848 м.

Равнины – обширные участки относительно ровной поверхности Земли. Например, Амазонская низменность (от 0 до 200 м над уровнем моря) – самая большая на Земле. Бывают низменности, уровень которых даже ниже уровня Мирового океана. Они называются **впадинами**. Это, к примеру, Прикаспийская низменность с Кумо-Маныгской впадиной, расположенная ниже уровня Мирового океана. Каспийское море, являясь закрытым водоемом, не имеющим связи с Мировым океаном, имеет уровень ниже уровня Мирового океана на 28 м. На высотах от 250 м до 500 м территории называются **возвышенностями**, например, Среднерусская возвышенность и т.д.

13.9. Минеральные ресурсы литосферы.

Человечество издавна пользуется литосферными ресурсами планеты. Даже в истории развития человеческого общества это обстоятельство очень ярко отражено: «каменный век», «эпоха бронзы» (бронзовый век), «железный век» – эти названия говорят сами за себя и указывают на то, какова роль в жизнедеятельности человечества отводится материальным ресурсам Земли.

Ныне человечество использует более 200 видов минеральных ресурсов. Фактически все химические элементы (входящие в состав веществ планеты) находятся на «службе» у человека. Это, так называемые, **полезные ископаемые** – минеральные образования земной коры, пригодные для использования в хозяйственной деятельности человека.

Скопления полезных ископаемых называются – **месторождениями**, а расположение их на больших (внешних или внутренних) пространствах называются – **бассейны**. Например, на Земле сегодня насчитывается 3600 **угольных** бассейнов и месторождений.

Разведано более 600 **нефтеносных бассейнов**, из которых эксплуатируется 450. Общее число месторождений нефти составляет 35 тыс.

Полезные ископаемые, содержащие различные **руды** (рудные ископаемые). Это железосодержащие, медь содержащие, и прочие металлосодержащие ископаемые.

Области в коре Земли, где размещены обширные запасы металлической руды называются **металлогенические пояса**.

Известны, разведаны, используются и **геотермальные** ресурсы, а также **гидротермальные**.

Добыча минеральных ресурсов (твердых) производится **открытым** способом (карьерным) и **закрытым** (шахтным).

Жидкие минеральные ресурсы добываются, в основном с помощью способов бурения скважин.

13.10. Гидросфера.

Гидросфера (от греч. hydro – вода и sphaira – шар) – водная оболочка Земли, состоящая из океанов, морей, рек, озер, болот, подземных вод, ледников и снежных покровов. Имеются научные предположения, что гидросфера Земли образовалась примерно 3800 млн. лет назад. По-видимому, в тот период на Земле установился такой режим температуры, который позволял воде находиться в жидком состоянии (вода может иметь три агрегатных состояния: пар, жидкое, лед).

Вода, как никакое иное вещество, обладает целым рядом свойств, а именно:

- * в ней растворяются очень многие вещества, т.е. вода – универсальный растворитель;
- * обладает высокой теплоемкостью;
- * находится в состоянии жидкости в температурном интервале от 0° до 100°C;
- * вода в твердом состоянии (лед) имеет меньше вес, чем в жидком состоянии (в одинаковых объемах).

Физико-химические свойства воды обусловили ее незаменимую роль во многих земных процессах и, конечно же, совершенно поразительна ее роль в возникновении, формировании эволюции живой материи на Земле. Она стала выполнять свои геологические и биологические функции сразу после образования на Земле гидросферы.

Суммарный объем воды на Земле достигает 1370 млн. км², что составляет 1/800 общего объема планеты, а масса – 1370 трл. Тонн.

Сушу покрывают поверхностные воды: Мировой океан, континентальные водные бассейны и материковые льды.

Мировой океан – это все моря и океаны Земли. Они составляют $\frac{3}{4}$ поверхности суши, или 361,1 млн. км². Основная масса воды сосредоточена в них – 98%. По данным геологической науки за последние 200 млн. лет колебания уровня Мирового океана не превышали 100 м. А нынешний уровень мирового океана установился около 7000 лет назад.

Континентальные воды – реки, озера, болота, водохранилища составляют 0,35% массы воды от общей массы гидросферы. Континентальные водоемы в основном пресные.

Материковые льды составляют 1,65% от общей массы поверхностных вод гидросферы. 99% льда находится в Антарктиде и Гренландии. Общая масса снега и льда на Земле оценивается в 0,0004% массы планеты. Этим количеством можно покрыть всю поверхность планеты слоем льда толщиной 53 м. По расчетам ученых, если эта масса льда растает, то уровень воды океана поднимется на 64 м (что соответствует глобальной катастрофе).

Подземные воды гидросферы – основной запас пресной воды. Полагают, что суммарный объем воды этой составляет 28,5 млрд. км³. Это почти в 15 раз превышает объем воды в Мировом океане.

Подземная гидросфера подразделяется на пять зон:

- * кариозона – область льда в полярных районах (толщина – 1 км);
- * зона жидкой воды. Охватывает всю земную кору;
- * зона парообразной воды до глубины 160 км. Полагают, что в этой зоне вода имеет температуру от 450° до 700°C, находится под большим давлением;
- * зона мономерных молекул воды – на глубинах до 270 км, температура ее от 700°C до 1000°C. Давление еще более высокое, чем в зоне парообразной воды;
- * зона плотной воды размещается примерно до 3000 км в глубину, опоясывает всю мантию Земли. Температура оценивается в пределах 1000°-4000°C. Еще более высокое давление. В этих условиях вода полностью ионизирована.

Вода уникальное вещество, обладающее очень **высокой теплоемкостью**. Поэтому она является глобальным терморегулятором на планете. Аккумулируя тепло Солнца, она медленно отдает его окружающему пространству. На Земле осуществляется Большой круго-

ворот воды, который кроме прочего осуществляет выравнивание температурного режима на планете.

Гидросфера выполняет функцию, связанную с круговоротом веществ на Земле, взаимодействуя с атмосферой Земли, с земной корой и с биосферой Земли. Большой круговорот воды и, тесно с ним связанный Большой круговорот веществ на Земле, являются главной движущей силой в непрерывном движении и превращении вещества Земли (по меньшей мере, в слоях коры и литосферы).

В гидросфере, а, именно, в мировом океане, зародилась жизнь на Земле. Эволюция начальных форм живой материи очень длительный период происходила в водной среде Мирового океана, вплоть до начала палеозойской эры (лишь примерно 400 млн. лет назад началось постепенное переселение животных и растительных организмов на сушу). Поэтому гидросфера – это важнейший компонент биосферы Земли.

Великий русский ученый, академик В.И. Вернадский, изучавший практически все проблемы Земного шара, отмечал: «Вода определяет и создает всю биосферу. Она создает основные черты земной коры, вплоть до магматической оболочки».

13.11. Атмосфера Земли.

Атмосфера (от греч. *atmos* – пар, испарение и *sphaîra* – шар) – оболочка Земли, состоящая из воздуха, в котором содержится ряд газов и взвешенные в них частицы твердых и жидких примесей – аэрозолей. Масса атмосферы оценивается в $5,157 \times 10^{15}$ тонн (около 50 трл. тонн). Атмосферное давление в среднем составляет 760 мм рт.ст. (или 1013,25 гПа). Давление 760 мм рт.ст. – считается 1 атмосфера (применяется в технической практике). Средняя температура воздуха у поверхности Земли – 15°C , причем она изменяется в пределах от около 57°C в субтропических пустынях до -89°C в ледовых пустынях Антарктиды. Атмосфера состоит из разных слоев: тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы и экзосферы. Между ними имеется существенная разница по температуре, плотности воздуха и другим признакам. Пограничные зоны между слоями атмосферы (можно их считать переходными называют тропопаузой, стратопаузой и мезопаузой).

Тропосфера – нижний слой атмосферы высотой 8-10 км в полярных широтах и до 16-18 км в тропиках. В ней наблюдается понижение температуры по мере удаления от поверхности Земли, при этом на каждый километр температура падает на 6°C . Плотность воздуха стремительно снижается. В тропосфере сосредоточена основная масса атмосферы и составляет она до 80% массы атмосферы.

Стратосфера – следующий слой воздуха, верхняя граница достигает 50-55 км от земной поверхности. В стратосфере температура с высотой повышается, так как в ее слоях содержится озон (O_3), поглощающий коротковолновую радиацию Солнца, прежде всего ультрафиолетовые лучи. При этом до 20 км высоты температура мало меняется (иногда даже может несколько понизиться), но далее, выше начинается возрастать довольно медленно до высоты 34 (примерно), а затем идет быстрое повышение, и на высоте 50-55 км температура достигает 260-270 К.

Мезосфера – слой на высотах 55-85 км. Здесь по мере повышения высоты температура уменьшается вновь примерно до 200 К у верхней границы.

Термосфера – слой в пределах 85-250 км от земной поверхности, характерен быстрым повышением температуры, до 800-1200 К. Это происходит в результате поглощения в этих слоях корпускулярной и рентгеновской радиации Солнца. В термосфере происходит торможение и сгорание метеоров и, таким образом, этот слой играет, в известной степени, защитную роль для поверхности Земли.

Экзосфера – следующий выше за термосферой слой, верхняя граница которого определяется на высоте, примерно, 1000 км от Земли. Из этого слоя атмосферные газы рассеиваются в выше располагающиеся пространства, образуя как бы переход из атмосферы в межпланетное пространство.

Воздух ближе к поверхности Земли содержит 78,1% азота и 20,9% кислорода. В небольших количествах имеется аргон, углекислый газ, гелий, озон, радон, водяные пары. В воздухе могут быть и оксиды азота, аммиак, а также аэрозоли на основе твердых мелких частиц и жидкие частицы. Многие аэрозоли попадают в воздух в процессе жизнедеятельности

живых организмов и хозяйственной деятельности человека, вулканических извержений, подъема пыли с поверхности Земли.

Водяной пар – важная составная часть воздуха. Он образуется в результате испарения с поверхности океанов, морей и других водоемов, а также с поверхности земли, за счет транспирации растений (выделение растениями паров воды через устьичный аппарат, с покровных тканей растений).

В атмосфере водяной пар, накапливаясь, конденсируется и выпадает на поверхность Земли в виде, так называемых осадков (круговорот воды на Земле).

Озон (O_3) обнаруживается в стратосфере на 90%, а 10% содержится в тропосфере. Несколько выше мы упоминали о роли озона, который поглощает УФ-радиацию Солнца, оберегая живые организмы от вредного воздействия на них УФ. В результате некоторых видов деятельности человека, да и над некоторыми участками поверхности Земли, в стратосфере и тропосфере озоновый экран нарушается и образуются, так называемые, «озоновые дыры». Нарушения озонового экрана, образование озоновых дыр чаще встречается в областях воздуха ближе к полюсам, чем над экватором.

В значительных количествах в атмосферу поступает углекислый газ (CO_2) за счет процессов дыхания живых организмов, горения, извержения вулканов и т.д. В атмосфере углекислый газ не накапливается в большом количестве, так как он растворяется в гидросфере земной. Однако, за последние 200 лет его количество в атмосфере существенно увеличилось из-за все возрастающей хозяйственной деятельности человека.

Температурный режим прилегающих к земной поверхности слоев атмосферы складывается следующим образом: солнечные лучи хорошо достигают земной поверхности и нагревают ее (за некоторой потерей в слоях атмосферы). Солнечная радиация частично отражается от нее, но это не мешает тому, что значительное тепло уходит от поверхности земли и согревает нижние слои атмосферы. То есть воздух в приземном слое согревается от тепла Солнца, но трансформированного через поверхность земли. Кроме того, тепло может поступать в атмосферу в результате конденсации водяного пара и прямого поглощения солнечного тепла частицами атмосферы.

Понятно, что разогревание атмосферы не может носить равномерный характер, атмосферные области по-разному согреваются и создается разница в атмосферном давлении. Воздушные массы переносятся из областей с высоким давлением в области над землей, где установилось низкое давление. Такое перемещение воздушных масс может быть разным по интенсивности (зависит от степени различия между атмосферными давлениями в соседних воздушных областях) и называется – **ветер**. Ветры могут быть слабые, сильные, порывистые, ураганные и т.д. Состояние нижнего слоя атмосферы в данном месте и в данное время называется – **погодой**. Таким образом, погода зависит от температуры воздуха, осадков, силы и направления ветра, облачности, влажности воздуха и атмосферного давления.

Смена погодных условий в каждом конкретном участке земной территории (акватории) в течение продолжительного времени, при сохраняющейся динамике сезонных проявлений, повторений режима атмосферного давления, температурного режима, режима выпадения осадков – дает представление о **климате** на данном участке Земли.

Итак, **климат** – это наиболее часто повторяющиеся для данной местности особенности погоды, сохраняющиеся на протяжении длительного времени. В **метеорологии** (раздел науки о климате) принято усреднять погодные показатели по данным, полученным за 100 лет на одной и той же местности. В странах мира, в том числе и у нас в России, уже многие десятилетия ведутся систематические метеонаблюдения за состоянием атмосферы, почвы и гидросферы специальными **метеостанциями**, представляющими обширную сеть, объединенную в региональные **гидрометцентры**. В настоящее время, когда технические возможности несравненно увеличились, гидрометеослужба значительно повысила эффективность своей деятельности по фиксации текущих погодных условий и прогнозированию предстоящих на различные сроки вперед.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Расскажите о строении Земли?
- 2) Что Вы знаете о космических ритмах, и какое они имеют значение?
- 3) Расшифруйте понятия: зональный комплекс, комплексные природные зоны.
- 4) Рельеф Земли – что это значит? Типы рельефа Земли.
- 5) Сферы планеты Земли, перечислите и кратко охарактеризуйте.
- 6) Гидросфера Земли, ее роль и значение.
- 7) Атмосфера Земли, ее роль и строение.

Тема 14

Биологический уровень организации материи.

14.1. Предмет биологии, структура и особенности развития.

Одной из важнейших и интереснейших естественнонаучных направлений – является **биология** – наука о живой природе, о закономерностях ее возникновения, развития, о связях ее с неживой материей, о взаимосвязях внутри многообразия живых форм.

Многочисленные формы живых организмов – животных, растений и самого человека всегда поражали воображение людей, постоянно были предметом глубокого интереса, стремление к познанию живых существ, всех их проявлений. Это происходило из потребностей древнего человека в средствах к существованию (на первых этапах развития человечества): пище, одежде, жилье, лекарственных средствах и т.д. Но в дальнейшем человеческая мысль не могла не направляться в глубь сути живого. Стали возникать попытки объяснения того, что есть живые организмы, каково их происхождение и т.д.

С возникновением религий, с установлением учений о **сотворении** «всего на свете» Богом, феномен жизни тоже определялся как одно из великих чудес божественного творения.

Однако среди людей всегда находились любознательные, которых не удовлетворяли ни религиозные догмы, ни иные объяснения. Они пытались проводить более или менее тщательные исследования живых организмов, их сходств и различий, составляли перечни их, классифицируя их определенным образом.

Все религиозные учения, верования в отношении живых организмов, в конечном счете, сводились к установлению, что есть духовное начало или бессмертная душа, которая при-суща любому живому организму (божескому творению).

Позднее, уже в развивающейся науке биологии сформировались концепции «витализма» (от лат. *vitalis* – жизненный). Виталисты утверждали присутствие в живых организмах некоего нематериального начала, называемого ими «жизненной силой», которая, якобы управляет всеми процессами в живых организмах.

Выше описанное означает попытки объяснения сущности живых организмов нематериальными факторами. Однако какими бы наивными ни были подобные утверждения, именно от них начинается научная биология.

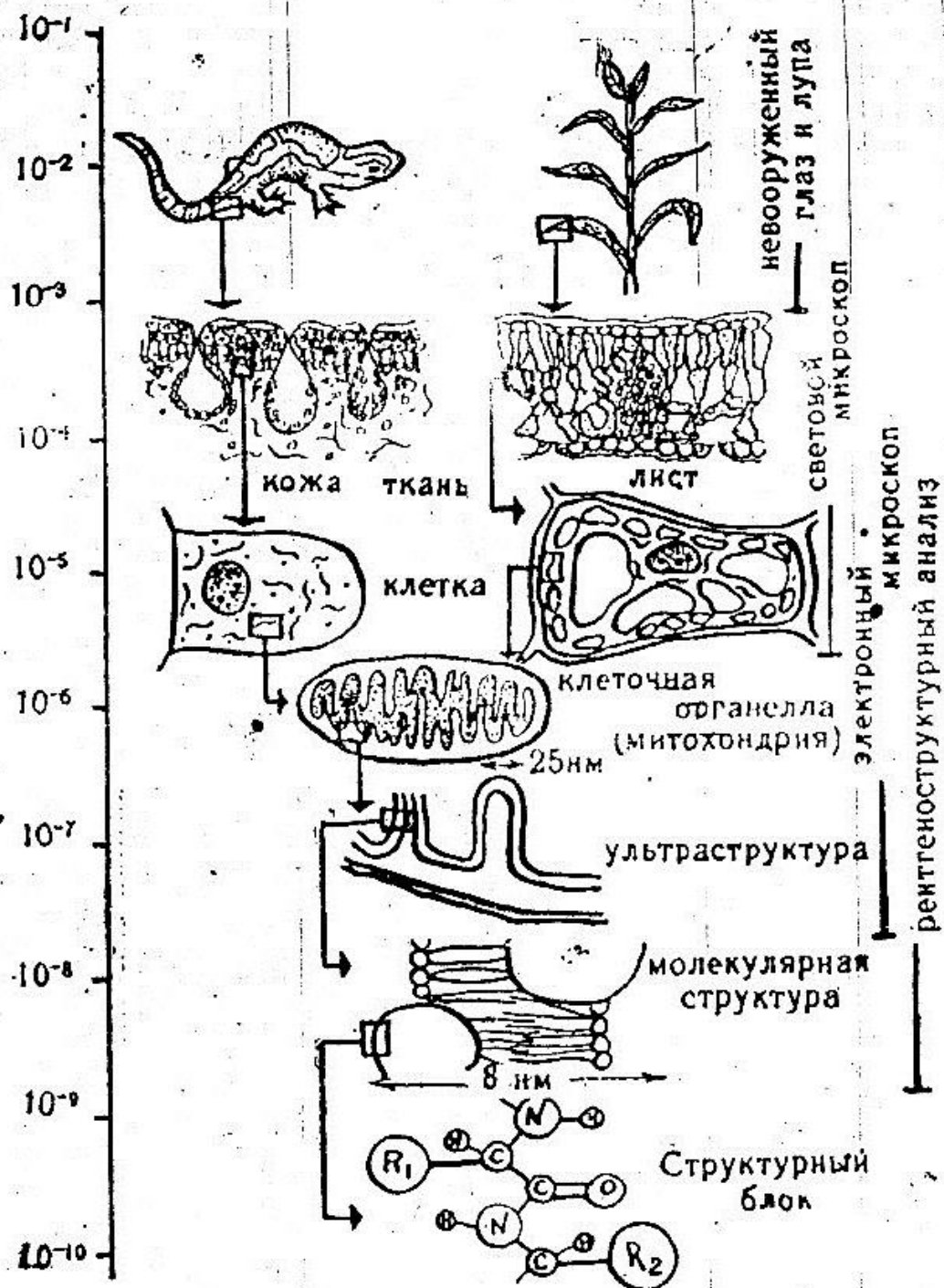
Возникновение биологии можно отнести к IV в. до н.э., периоду расцвета древнегреческой философии и возникновению многих естественнонаучных направлений.

Одним из первых основоположником биологической науки необходимо считать Аристотеля, которому принадлежат первые, довольно подробные описания многих форм животных и растительных организмов. Он же впервые высказывал идею постепенного развития живых организмов от менее сложных (простых существ) к более совершенным (что сегодня мы называем эволюционным процессом).

Самостоятельной наукой биология становится в XVIII-XIX вв. (Био – живое, логос – учение).

Современная биология представляет собой обширную область знаний, развивавшихся многие столетия. В результате великих открытий второй половины XX века биология вышла на молекулярный уровень изучения своих объектов и явлений и естествознание обрело контуры целостной науки, исследующей единую Природу во всех ее проявлениях.

Единство объектов исследования (в частности в биологии) обуславливает формирование междисциплинарных наук, так сказать на стыке нескольких естественнонаучных направлений. Например, биофизика, физическая химия, физико-химическая биология, психологическая генетика, психологическая физика, биогеохимия, биогеография, биохимия, молекулярная биология, радиационная биология и др.



Уровни организации живых существ. (Э. Либберт, 1982)

Первые попытки такой систематизации были предприняты, как уже отмечалось, древнегреческим философом и ученым Аристотелем. Эта, несомненно, полезная работа продолжалась и в Средние века. Однако наиболее значительный вклад в традиционную биологию внес шведский натуралист-естествоиспытатель *К. Линней* (1707—1778), создавший удачную систему классификации растительного и животного мира на основе учета сходств и различий в строении и поведении животных. Линней убедительно показал, что все живые организмы делятся на обособленные группы, или виды. Линнеевская система классификации во многом используется и современной биологической наукой.

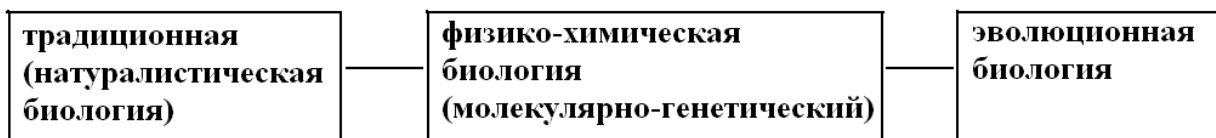


К. Линней
(1707 — 1778)



Ж. БЮФФОН
Гравюра работы К. Варнга.
с картины Ф. Дроа
(1707 — 1788)

В то же время следует указать на особое положение биологии в системе естественных наук. Эта наука существует и развивается как бы в трех «образах», в трех направлениях:



Однако все эти биологические направления стремятся к решению одной и той же задачи: **познание феномена Природы – Жизни**. Все они занимаются исследованием одного и того же объекта, который очень отличается от неживой природы: обладает функциональной сложностью, уникальностью, непредсказуемостью и иными специфическими особенностями. Как уже указывалось выше, биология на стыках с другими естественными науками достигла значительных результатов. Возможно, будет найдена теория, объединяющая все биологические направления – **теория жизни**.

Сегодня биология – это комплекс наук о живой материи, который необходимо рассматривать с разных сторон.

По объектам исследования биология подразделяется на:

- * вирусологию (наука о вирусах);
- * бактериологию (микробиологию), наука о микроорганизмах;
- * ботанику (науку о растениях);
- * зоологию (науку о животных организмах);

- * антропологию (науку о человеке).

По свойствам и особенностям на:

- * морфологию (науку о внешнем строении живых организмов);
- * анатомию (науку о внутреннем строении живых организмов);
- * физиологию (науку о физиологических, физико-химических процессах в живых организмах);
- * молекулярную биологию (науку о микроструктурах живых клеток, их функционировании на уровне внутриклеточных физико-химических взаимодействий и процессов;
- * экологию (науку о взаимодействии живых организмов между собой и средой обитания, т.е. неживой средой);
- * генетику (науку о наследственности и изменчивости признаков и свойств у живых организмов).

По уровню организации изучаемых живых объектов на:

- * анатомию (науку о внутреннем строении органов и тканей);
- * гистологию (науку о строении тканей);
- * цитологию (науку о строении живых клеток).

Понятно, что такой обширный перечень научных направлений в биологии связан с одной стороны с невероятной сложностью самих живых систем (живой материи), а с другой – и огромным разнообразием видов существующих на Земле организмов различного уровня. К настоящему времени биологи располагают знаниями (обнаружено и описано видов) об **одном миллионе животных организмов, полумиллионе растительных организмов, более трех тысячах микроорганизмов, сотнях вирусов.**

Для всей системы биологических наук общей является понятие «живое». Последние достижения биологической науки дают возможность очень глубоко проникать в процессы, происходящие в самых микроскопических структурах живых систем и познавать самые интимные биохимические, физико-химические, электромагнитные реакции в клеточных структурах, т.е. познавать основополагающие процессы живой материи на субатомном и еще более тонком уровне.

Однако, что же такое живая природа, что же такое жизнь? Этот вопрос всегда волновал людей, а, в особенности, ученых-биологов.

14.2. Различия между живой и неживой материей. Основные признаки живых организмов.

В быту нам совершенно ясно, что является живым, а что живым не является. Но дать научное определение понятия «живое» (или неживое) представляется не простой задачей. Многие в древности (Платон, Аристотель), ученые поздних периодов (Парацельс, Галилей, Шеллинг), еще более позднего периода (Пастер, Рихтер) давали свои определения сущности живого, жизни.

Известный мыслитель Ф.Энгельс (1820-1895) дал свое определение жизни с точки зрения материалистической философии: **«Жизнь – это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ, прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка».**

Из приведенного определения вытекает вывод, что в основе жизни лежит **обмен веществ**. Это определение имело большое значение для биологической науки, но все-таки оно сегодня не является полным.

Советский биофизик М.Волькенштейн (1912-1992) дал более полное определение жизни: **«Жизнь – это форма существования макроскопических гетерогенных открытых систем, далеких от равновесия, способных к самоорганизации, саморегуляции и самовоспроизведению».** В данном определении имеет место отчетливое различие живого от неживого (живой материи от неживой).

Известный советский биохимик А.Опарин (1894-1980), гипотеза которого о происхождении жизни на Земле, является на сегодняшний день одной из самых приемлемых и признанных в науке тоже дает свое определение сущности жизни: **«Жизнь – это непрерывный процесс внутреннего движения, синтеза и распада, обмена энергией с окружающей**

средой, направленный на самосохранение и самовоспроизведение в передаче устойчивых признаков в меняющихся условиях внешней среды».

Австрийский физик, автор книги «Что такое жизнь» Э.Шрёдингер (еще в 1943 г.) пишет: **«Жизнь – это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченности, но и, частично, на существование упорядоченности, которая поддерживается все время».** Этот выдающийся физик, кстати, оказался одним из первых ученых, создававших **теоретическую биологию**.

Русский математик А.Ляпунов (1857-1918), также дал свое определение жизни с точки зрения **информатики**: **«Жизнь – это высокоупорядоченное состояние вещества, использующее для выработки сохраняющихся реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул».** В этом определении ученый за полвека раньше высказался о роли **специфических молекул**, роль которых была экспериментально выявлена и утверждена в середине 50-х годов (Д.Уотсоном и Ф.Криком).

Следует отметить и труды австрийского знаменитого физика Л.Больцмана (1844-1906), которому вообще принадлежит **первая попытка** определения понятия жизни с позиций науки физики.

Русский геохимик В.Вернадский (1863-1945), обнаруживая около двадцати отличий между живым и неживым, приходит к выводу, что: **«Жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи».**

Определение феномена жизни в современной биологии базируется на отличительных особенностях, которыми характеризуется живая материя, а так как этих особенностей несколько, то их следует рассматривать в совокупности, чтобы получить представление о явлении, называемом – жизнь.

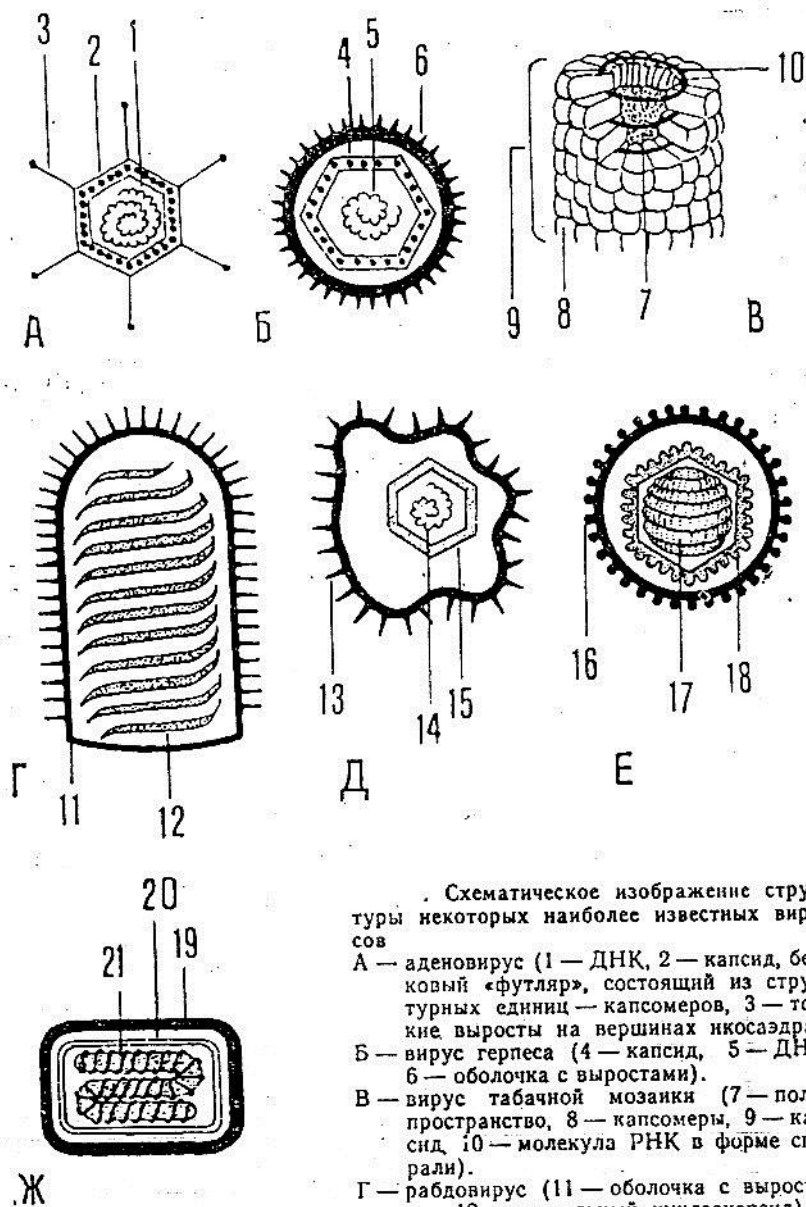
Ниже рассмотрим эти специфические свойства, присущие живым организмам (живой материи).

- * Живые организмы характеризуются сложной, системной и упорядоченной организацией, уровень которой несравненно выше уровня структуры неживых объектов.
- * Живые организмы потребляют энергию из внешней среды (в основном энергию Солнца), усваивают вещества извне, и используют их для формирования собственных внутренних структур и поддержания упорядоченности в них, а также метаболизма в целом.
- * Живые организмы обладают свойством «раздражимости», т.е. реагируют на воздействия из внешней среды. Этим свойством наделено все живое.
- * В процессе своего индивидуального развития живые организмы претерпевают рост, развитие при этом изменяясь и усложняясь. Им свойственна самоорганизация, обратная связь в процессах метаболизма, обеспечивающая поддержание организма в устойчивом состоянии. Кратко выразить это можно как способность живого к саморегуляции, самоорганизации, самосохранению, причем воздействие внешних факторов (особенно вредных) встречает немедленную ответную реакцию организма.
- * Все живое способно к самовоспроизведению себе подобных и это является удивительным, уникальным, поражающим воображение явлением.
- * При этом, за счет изменчивости на молекулярном уровне в генетическом аппарате, потомки не всегда и не полностью оказываются похожи на родительские особи. Это объясняется противоположностью направленности свойства **наследственности** (тенденция к передаче по наследству определенного признака) и свойства **изменчивости** (тенденция к изменению этого признака) за счет факторов воздействия извне.
- * Абсолютная особенность принадлежит единственному представителю живой природы – человеку, у которого в результате эволюции сформировалась уникальная нервная система (главным образом головной мозг) и способность мышления, а также членораздельная речь.

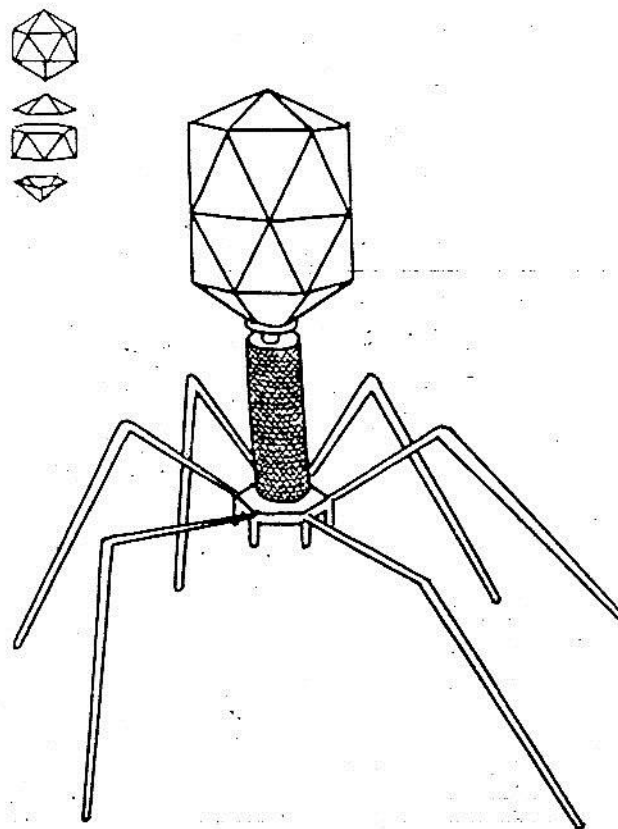
Из выше приведенного следует обобщение: **жизнь есть форма существования сложных, открытых систем (обменивающихся с внешней средой веществом и энергией), способных к самоорганизации и самовоспроизведению.**

Однако есть совсем краткие формулировки сущности жизни, например, американского физика Ф.Типлера: **«Я определяю жизнь как некую закодированную информацию, которая сохраняется естественным отбором».**

Во всяком случае, в этом тезисе имеется важная мысль, характеризующая живую материю — способность живых организмов сохранять и передавать информацию.



- Схематическое изображение структуры некоторых наиболее известных вирусов
- А — аденовирус (1 — ДНК, 2 — капсид, белковый «футляр», состоящий из структурных единиц — капсомеров, 3 — тонкие выросты на вершинах икосаэдра).
- Б — вирус герпеса (4 — капсид, 5 — ДНК, 6 — оболочка с выростами).
- В — вирус табачной мозаики (7 — полое пространство, 8 — капсомеры, 9 — капсид, 10 — молекула РНК в форме спирали).
- Г — рабдовирус (11 — оболочка с выростами, 12 — спиральный нуклеокапсид).
- Д — тогавирус (13 — оболочка с выростами, 14 — РНК, 15 — капсид).
- Е — вирус саркомы Рауса (16 — оболочка с выростами, 17 — нуклеокапсид, 18 — второй, внешний капсид).
- Ж — вирус оспы (19 — оболочка, 20 — внутренняя оболочка, 21 — ДНК, обернутая вокруг цилиндра сложной белковой структуры).



Схематическое изображение бактериофага Т4
 Нуклеиновую кислоту, заключенную в головке фага, защищает белковая оболочка. Головка переходит на нижнем своем конце в отросток, заканчивающийся шестиугольной «площадочкой» (базальной пластинкой) с шестью короткими выростами (зубцами) и шестью длинными фибриллами (нитеями). Отросток окружен чехлом по всей длине, от головки до пластинки. Слева вверху — структурные детали головки.

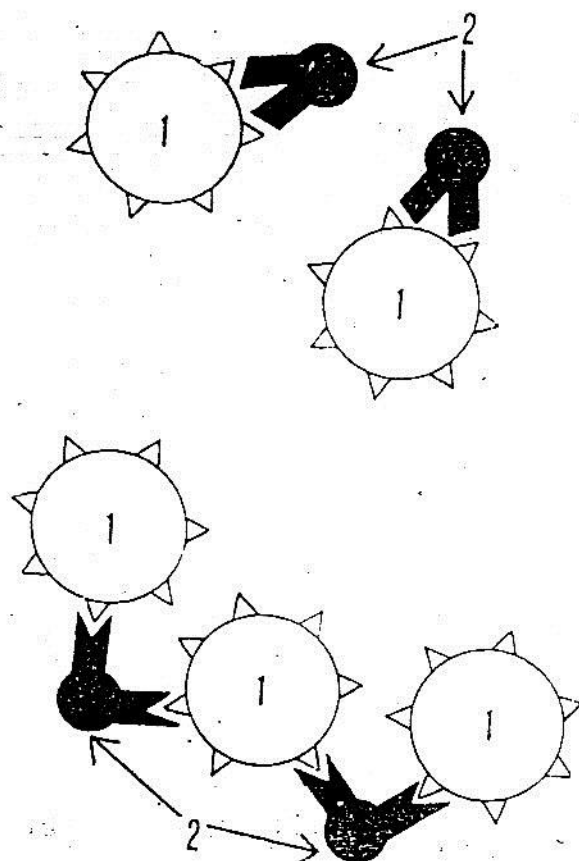
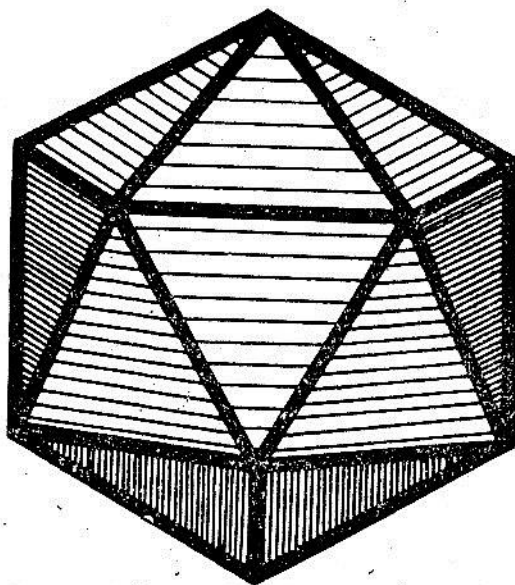
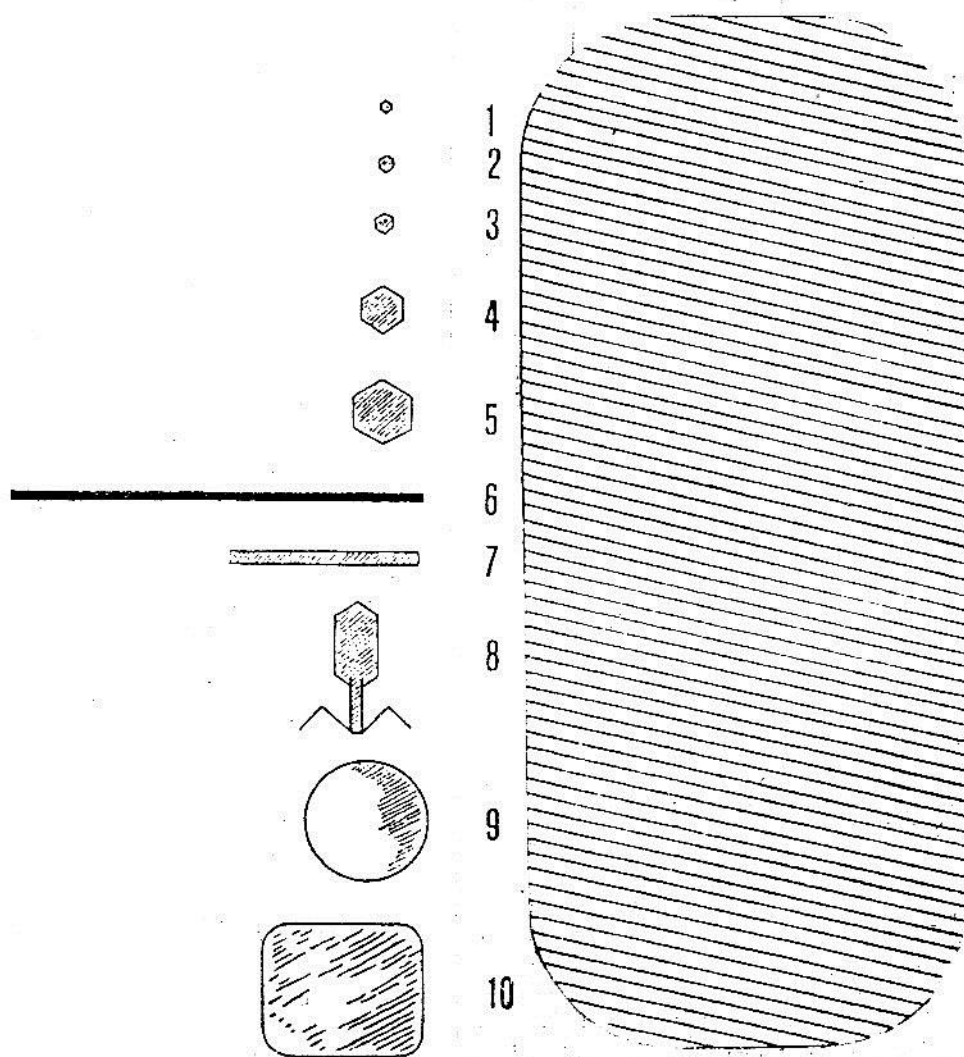


Схема взаимодействия антигенных структур на поверхности вирусных частиц (1) с различными типами антител (2)

Антитела — это сложные белки плазмы крови человека и теплокровных животных. Их относят к группе глобулинов, точнее — иммуноглобулинов. Каждая молекула иммуноглобулина состоит из «тяжелой» и «легкой» полипептидных цепей; иными словами, в ней представлены структуры с более высоким и более низким молекулярным весом (массой). Такая структура допускает большое число возможных вариантов, необходимых для обеспечения многообразия антител.



Правильный икосаэдр, представляющий модель группы кубических вирусов



Сравнение размеров вирусных частиц и кишечной палочки (*Escherichia coli*)

1 — сферический бактериофаг f2; 2 — вирус полиомиелита (27—30 нм); 3 — вирус полиомы (около 45 нм); 4 — аденовирус (60—90 нм); 5 — вирус, поражающий комара-долгоножку *Tipula iridescent*; 6 — нитевидный бактериофаг M13; 7 — вирус табачной мозаики; 8 — хвостатый бактериофаг T2; 9 — хламидия, возбудитель трахомы (близок к бактериям); 10 — вирус черной натуральной оспы, имеет форму «кирпичика» (260—300×160—260 нм); 11 — клетка кишечной палочки.

Основные этапы развития цитологии

Этап	Год	Ученый	Вклад в развитие науки
1. Зарождение понятия о клеточном строении	1665	Роберт Гук	Рассматривая срез пробки, обнаружил ячейки. Для обозначения их впервые применил название «клетка».
	1680	Антон Левенгук	Открыл одноклеточные организмы
2. Возникновение клеточной теории	1838	М. Шлейден Т. Шванн	Обобщили знания о клетке и показали, что клетки составляют основную единицу строения всех живых организмов
3. Развитие клеточной теории	1858	Р. Вирхов	Сформулировал положение о том, что каждая новая клетка происходит от такой же исходной делением
		К. Бэр	Сформулировал положение, что клетка не только единица строения, но и единица развития живых организмов
4. Современная клеточная теория			Клетка — основная единица всех живых организмов. Клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов имеют сходное строение.

14.3. Структурные уровни живой материи.

Жизнь на Земле представлена громадным разнообразием форм организмов. Исследования показывают, что видов растений насчитывается около 600 тысяч, в том числе около 300 тысяч высших. Животный мир насчитывает около 1,5 миллиона видов. По вполне понятным причинам эти цифры не могут быть абсолютно достоверными.

Разумеется, такое огромное разнообразие живых организмов нельзя успешно изучать, если не разработать соответствующую классификацию. Такая классификация стала разрабатываться вначале шведским ученым К.Линнеем (1707-1778), затем французскими Ж.Бюффоном (1707-1788), А.Жюссе (1748-1836), О.Деканделем (1778-1841), (1744-1829).

Ж.Ламарк, Ж.Кювье (1769-1832), С.Жоффруа (1805-1861), которые работая над классификацией, подходили с позиций эволюционного развития живой природы.

Все разнообразие живой природы сегодня разделяют на пять царств:

- прокариоты (очень мелкие) одноклеточные, безядерные организмы;
- эукариоты (простейшие) – одноклеточные, имеющие ядро;
- грибы – одно- или многоклеточные организмы;
- растения – чаще многоклеточные;
- животные – многоклеточные организмы.

Царства включают в себя: тип, подтип, класс, отряд, семейство, род, вид, подвид, разновидность.

В природе сохранились доклеточные формы жизни – **вирусы**, которых, строго говоря, нельзя отнести ни к живой материи, ни к неживой. Они представляют собой промежуточные формы, проявляют себя вне живой клетки, как неживое вещество, однако, оказавшись в живой клетке, ведут себя как живое, при этом состояв из РНК-ДНК, воспроизводятся в клетке, размножаясь за счет материальных структур клетки-хозяйки, до ее полного уничтожения.

Впервые вирусы были обнаружены русским микробиологом Д.И.Ивановским (1864-1920) в 1892 году. По меткому выражению одного американского ученого вирус – «это существо с признаками вещества, или вещество с признаками существа».

Молекулярный уровень биологических структур.

Этот уровень называется еще и молекулярно-генетическим уровнем, так как здесь происходят и изучаются биологические процессы на уровне биохимических и биоэлектрохимических превращений и, главное, наблюдаются молекулярные механизмы биосинтеза и передачи наследственной информации. Это поле исследований молекулярной биологией и молекулярной генетикой. Наиболее важными открытиями в этих областях являются:

- * открытие генетической роли нуклеиновых кислот;
- * открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка;
- * открытие молекулярно-генетических механизмов изменчивости;
- * изучение молекулярных основ обмена веществ.

Открытие генетической роли нуклеиновых кислот.

Общеизвестно, ДНК несет наследственную информацию организма. Однако это обнаружилось лишь в 1944 году, когда в США микробиологам О.Эвери, К.Мак-Леоду и М.Мак-Карти удалось установить свойства ДНК переносить особенности одного организма другому. (Еще раньше швейцарский биохимик Ф.Мишер впервые вообще выделил ДНК из ядер лейкоцитов, его коллега А.Коссель установил, что в составе ДНК находятся простые углеводы, пуриновые и пиримидиновые основания).

Таким образом, открытые в 1865 году Г.Менделем закономерности передачи признаков от одного поколения другому, подтвержденные в 1900 году сразу тремя учеными Европы К.Корренсом (1864-1933), Э.Чермаком (1871-1962) и Г. де Фризом (1848-1935), нашли подтверждение, а главное, **объяснение на молекулярно-генетическом уровне.**

Открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка и, таким образом, рождение – молекулярной генетики связано с работами амери-

канских исследователей Дж.Бидла и Э.Тэйтума. В 1941 году ими было установлено, что ДНК содержит программу синтеза белков (ферментов). Прозвучала знаменитая фраза: «один ген – один белок». Позднее было установлено, что главной функцией генов является закодированная информация о белках, которая реализуется под контролем ДНК в процессе синтеза белков клетки. В данных экспериментах участвовал Дж.Ледерберг и все три ученых в 1952 году были удостоены Нобелевской премии.

В 1953 году американский молодой начинающий исследователь-биохимик Д.Уотсон и английский, тоже молодой, физик Д.Крик в Кевендише (Англия) установили строение ДНК и создали модель этой молекулы. Согласно этой модели (модель Уотсона-Крика) генетическую информацию в ДНК несет последовательность расположения четырех нуклеотидов (пуриновых – двух и двух пиримидиновых). Нуклеотиды все имеют по одному остатку фосфорной кислоты и по одной молекуле пентозного сахара, и основание у каждого из них по одному, но разные: аденин, гуанин, тимин и цитозин.

Вопрос в том, что эти четыре типа нуклеотидов могут кодировать порядок расположения в белках молекул аминокислот, которых насчитывается 20 видов. Эту задачу решил американский физик-теоретик Г.Гамов (русский по происхождению). Он предположил, что одну аминокислоту может кодировать тройка нуклеотидов ДНК. Различные сочетания нуклеотидов могут кодировать различные аминокислоты. Тройка нуклеотидов (в дальнейшем получившая название «триплет») определяет синтез определенной аминокислоты. Имеет место **код** (кодон), который несет зашифрованную таким образом информацию о синтезе конкретной аминокислоты. Итак, кодон – это элементарная единица наследственной информации. Разными исследователями эта гипотеза была экспериментально подтверждена, в том числе и известными нам уже Ф.Криком и Дж.Уотсоном, которыми расшифрован механизм **репликации** ДНК (самоудвоение этой молекулы). Механизм самоудвоения ДНК оказался прост: двойная нить ДНК раскручивается и расщепляется на две одинарные, которые немедленно становятся матрицей для синтеза на них новой одинарной – комплементарной цепи. В результате из двух одинарных цепей двойной молекулы ДНК образуются две двойных цепи ДНК. Процесс самоорганизующийся, приводящий к самоудвоению двунитчатой молекулы ДНК, носит название **ауторедупликация**.

Итак, последовательность нуклеотидов в одной цепи ДНК автоматически обеспечивает синтез комплементарной цепи. Результат – две идентичные молекулы, и этот процесс в живой материи обеспечивает удивительное явление – **размножение организмов**. Ведь хромосомы в ядрах клеток всех тканей, всех организмов обеспечивают размножение клеток, а через посредство мейоза (особого способа размножения половых клеток их развития и созревания) обеспечивают передачу наследственной информации (план развития) новому организму.

Открытие молекулярно-генетических механизмов изменчивости.

Существуют различные механизмы изменчивости признаков у живых организмов на молекулярно-генетическом уровне.

Первый – **мутация** генов – изменение участков ДНК (генов) в результате сильных воздействий со стороны внешней среды. Порядок расположения генов в ДНК (хромосоме) не меняется, а изменяется структура генного участка. Изменения генов (мутация) дают «материал» для естественного отбора (и для искусственного отбора, если это осуществляется в опытной научной работе).

Второй механизм – рекомбинация генов, т.е. формирование **новых комбинаций генов**, находящихся в определенной хромосоме. При этом гены не меняются, а меняется их место расположения в цепи ДНК. Может состояться обмен идентичными участками между двумя ДНК (рекомбинация генов).

Может быть и третий случай, когда в силу определенных условий и факторов происходит привнесение генетических элементов (трансмиссия). На основе этого возникло новое направление в генетике – **генная инженерия, например, создание рекомбинативных молекул** (гибридных) с новыми (необходимыми) свойствами.

Изучение молекулярных основ обмена веществ. Существуют три типа обмена веществ – **метаболизма**.

Катаболизм (диссимиляция) – процесс расщепления сложных органических соединений. При этом происходит разрывы химических связей с выделением энергии, которая аккумулируется в молекулах АТФ (аденозинтрифосфорная кислота).

Анаболизм (или ассимиляция) – разветвленная система процессов биологического синтеза сложных молекул, на что и направляется энергия, запасенная в АТФ.

Амфоболизм – реакции образования в процессе катаболизма мелких молекул, вовлекаемых затем в реакции синтеза более сложных соединений.

Эти процессы достаточно подробно изучены и входят в систему представлений о единстве состава и механизмов функционирования живой природы (всех живых организмов, независимо от их уровня организации). Как идея это возникло еще во второй половине XIX века, но окончательно сложилось представление в первой половине XX века.

В настоящее время науке известна система регулирования метаболических процессов в живой клетке. Разработаны и добываются новые сведения о специфических особенностях **биокатализа** (участие и роль ферментов в катализе). Открыты так называемые **аллостерические ферменты**, с помощью которых происходят распознавание исходных веществ (субстрат), вступающих в реакцию, и распознавание конечных и промежуточных продуктов реакции.

С другой стороны в этой группе ферментов есть такие, которые связываясь с продуктами, меняют структуру (конформацию – пространственное строение), что в свою очередь влияет на скорость биокатализа. В связи с этим такие ферменты называются **регулирующими ферментами или эффекторами**.

Обнаружен еще другой процесс регуляции биохимических реакций в живой клетке. Оказалось, что часть химических веществ переносится через мембрану клетки в противоположном направлении, т.е. молекулы ряда веществ направляются не в ту зону, где их немного, а наоборот, это противоречит правилу концентрационного потенциала. Однако перенос молекул против градиента концентрации способствует накоплению этого вещества в «нужном» месте клетки, а вот энергия для перемещения их «против правил» используется за счет расщепления фосфатных связей АТФ. Такой процесс транспортировки молекул в клеточной среде называется **активным**.

Достижений в области исследования регуляции метаболизма клеток накоплено очень много. Здесь непрерывно познаются все новые и новые особенности метаболических процессов живой клетки, и всякий раз приходится изумляться тому, как высоко совершенен механизм их регуляции. Если учесть, что в отдельной живой клетке (скажем нашего организма) происходит **ежесекундно** тысячи химических реакций, то становится несомненным высокий уровень слаженности, упорядоченности метаболических процессов и их регуляции. Лишь возникающие болевые ощущения у нас сигнализируют о том, что в нашем организме, в его конкретной области обменные процессы нарушены (хотя, в прочем, не всегда наш организм «сигналит» нам, о многом нам становится известным не сразу).

Клеточный уровень.

Открытие и начало изучения клетки.

В 1590 году Янсенс сконструировал микроскоп, а затем в 1610 году создал свою конструкцию микроскопа Галилей. Это дало возможность изучать многие биологические объекты. Одним из первых биологов, которые успешно пользовались оптическими увеличивающими системами был Роберт Гук (1635-1704). Он исследовал ткани растительных и животных организмов, и первый обнаружил клеточное строение пробки (раньше для укупорки бутылок с вином использовались пробки из натуральной коры дерева, которое и было поэтому названо «пробковым деревом»). Кора деревьев вообще является отмершими покровными

тканями многих древесных растений, но клетчатка ограничивавшая слои бывших живых клеток сохраняется, а значит, возникло предположение, что из клеток состоит весь организм.

Вскоре все больше и больше накапливалось знаний о строении растений и животных, и, именно, о том, что все ткани живых организмов имеют ячеистую или клеточную структуру. Росли увеличительные (разрешающие) возможности и микроскопов, что еще больше способствовало развитию биологических исследований. В 1833 году Броун описал **ядро растительной клетки**. Знаменитые Шван и Шлейден в 1839 году описали **ядрышко**. Известный ученый Вирхов (1855) выдвинул знаменитое положение: «Все клетки возникают только в результате деления существующих (существовавших ранее) клеток». В 1880 году Флеминг описал хромосомы и последовательность событий в процессе **митоза**, широко распространенном типе деления (размножения) всех клеток. В 90-х годах XX века был изучен **мейоз** (процесс возникновения, развития и созревания половых клеток).

Однако были обнаружены живые клетки, не имеющие четко выраженного ядра. По признаку наличия и отсутствия ядра клетки стали называть **эукариотами и прокариотами**. Было предположено, что безядерные клетки более древний тип.

Живые организмы имеют клеточное строение (организм человека состоит из 100-1000 триллионов клеток, при этом, кстати, надо помнить, все организмы, как правило, развиваются из единственной оплодотворенной яйцеклетки!). Клетка является достаточно самостоятельной биологической системой, очень сложной организацией. В то же время в многоклеточном организме функции каждой клетки и функции всех клеток организма определенным образом связаны. Центральную роль в каждой клетке выполняет ядро с ее хромосомным аппаратом, содержащим полную информацию (программу биохимических процессов) о клеточном обмене веществ (метаболизме).

Клетки в любом организме представлены большим разнообразием, что обусловлено их различной функциональной направленностью. Они разные по форме, размерам и т.д. У клеток разных тканей и разный срок жизни. Клетки эпителия, т.е. поверхностных стенок внутри пищевода (например, у человека) обмирают уже через несколько дней, а на смену им появляются другие в результате процесса размножения клеток, расположенных под отмирающими. Также обстоит дело с клетками покровных тканей, например, клетки поверхностного слоя человеческой кожи, постоянно общаясь с внешней средой, гибнут от физических, химических, механических воздействий. А на смену им путем размножения ниже расположенных клеток образуются новые. После одной процедуры принятия, например, душа с кожи человека сходят миллионы отмерших клеток. Клетки же нервных тканей могут существовать в течение всей человеческой жизни. Размеры клеток варьируют от 1/1000 мм до 10 см. Это зависит от функционального назначения тканей организма и иных факторов. Ткани у организмов, выполняя разные функции, имеют, таким образом, и различные параметры, свойства, особенности и признаки клеток, из которых они состоят. Например, ткани и клетки сердечной мышцы, легких, печени, почек, различных отделов пищеварительной системы и т.д.

Каждая клетка имеет пределы, определяющиеся так называемой оболочкой. У растительных организмов эти пограничные оболочки более четко выражены, а у животных межклеточные границы значительно слабее выражены, они в той или иной степени имеют неплотную, даже рыхлую структуру, что обеспечивает довольно интенсивный обмен веществами между отдельными клетками, группами клеток и тканями.

Обмен веществ – это основа жизнедеятельности каждой клетки и организма в целом. В этом процессе происходит и доставка питательных веществ в клетки и ткани, и выведение наружу ненужных биохимических продуктов. Этот процесс обменных реакций в организме – **метаболизм** обеспечивает очень важное состояние клетки, а через клетки и целого организма – состояние **стабильности, устойчивости** внутренней среды клеток, а через них тканей, и, в итоге, так называемый – **гомеостаз**.

Онтогенетический (организменный) уровень биологических систем.

В 1866 году немецким биологом Э.Геккелем был введен термин **онтогенез** (им же был введен в тот же период и термин **экология** – название зарождавшейся новой науки).

Сам Э.Геккель вкладывал в этот термин определение и рассмотрение особенностей структурной и функциональной организации одноклеточных и многоклеточных организмов, отдельно взятых и автономно осуществляющих собственную жизнедеятельность. По мнению Э.Геккеля каждый отдельно взятый организм в своем индивидуальном развитии повторяет историческое прошлое своего вида.

В настоящее время под термином онтогенез понимается саморегулирующая иерархическая система, осуществляющая реализацию наследственных признаков и функций в рамках отдельной особи. Или, говоря иначе, **онтогенетический уровень** – это уровень изучения организма как единого целого, система, в которой все связано, саморегулируется. На этом уровне создаются фенотипические признаки (в том числе и подпадающие под естественный отбор), структурные и функциональные особенности, что становится объектами изучения исследователями: физиологами, ботаниками, биофизиками, зоологами, экологами, биохимиками и др.

Многоклеточные организмы состоят из различных **органов и тканей**. **Ткани** являются совокупностью клеток и межклеточного вещества и представляют большое разнообразие в зависимости от их функциональной роли (эпителиальная, соединительная, мышечная, костная, нервная и т.д.).

Органы – это более сложный уровень функциональной организации, куда входят разные ткани, составляющие физиологические комплексы. Следующий уровень – системы (пищеварительная, нервная, дыхательная и др., куда как составляющие входят те или иные органы).

Принцип, подобный описанному, соответствует и растительным организмам.

Популяционно-видовой уровень.

В настоящее время под понятием **вид** (живых организмов) подразумевается совокупность особей, характеризующихся общим происхождением, наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей; способных скрещиваться и давать плодовитое потомство; приспособленных к определенным условиям среды и занимающих определенный ареал (среду обитания, территорию, акваторию).

Популяция – совокупность особей одного вида, содержащая определенный, единый генетический фонд (общие для данного вида гены, обуславливающие признаки его). Занимая надорганизменный уровень, популяция (от лат. – население, народ), состоящая из особей одного и того же вида, представляет собою систему, обеспечивающую с одной стороны сохранение и существование видов, а с другой – **изменчивость** внутривидовую и на этой основе **эволюционные преобразования**.

Популяции распространяются в пределах определенных территорий, но являются генетически открытыми системами, что позволяет им обмениваться генетической информацией.

Популяционно-биоценотический уровень.

Термин популяция впервые был введен в 1903 году датским генетиком В.Иогансенем. Еще ранее немецкий гидробиолог К.Мебнус предложил понятие **биоценоз**, для обозначения совокупности организмов, жизнедеятельность которых осуществляется в пределах конкретной окружающей среды (абиотической, т.е. небиологической). Иначе биоценоз можно назвать **сообществом**. Биоценозы (сообщества) представляют второй уровень биотической организации – объединяют в себе несколько разных популяций. Биоценозы в свою очередь могут вхо-

дять в состав следующего уровня – **биогеоценозов**, которые объединены уже не только своими биологическими особенностями, но и абиотическими факторами среды.

Следует отметить, что выше описанное послужило основой для развития биологической дисциплины, называемой **популяционной биологией**, в которой ныне сформировалось два направления – **биологическое и эволюционное**. Биологическое направление изучает жизнедеятельность популяций и биоценозов их взаимосвязи между собой и средой обитания, а, в конечном счете, их участие и роль в общем круговороте вещества в природе.

Эволюционная биология изучает границы распространения популяций (их пространственную структуру), а также характер поведения организмов в популяциях, взаимодействие между ними внутри популяции и межпопуляционные взаимоотношения. Взаимосвязи, о которых идет речь, являются важным элементом, сохраняющим целостность популяций. Установлено, что популяция является незамкнутой системой, а биоценоз бывает замкнут на себя, круговорот веществ в нем осуществляется вне связи с окружающими биоценозами. Однако устойчивость биоценозов все же зависима и от внутреннего состояния биоценоза, и от взаимодействия его с соседними биоценозами.

Одним из главных процессов в популяционно-биоценозическом уровне является формирование и функционирование **трофических** (пищевых) связей (цепей) между входящими в популяции и биоценозы конкретными группами организмов (что, в общем, и обеспечивает обмен веществом и энергией на данном уровне).

Эволюционное направление в популяционной биологии служит основой представлений об **микроразвитии**, - учения об эволюционных процессах в сравнительно небольших ареалах, внутри небольших популяций и биоценозах. Все это складываясь в большем масштабе, объясняет протекание широких эволюционных изменений, вплоть до видообразования (макроразвития).

Биосферный (Биогеоценозический) уровень.

Биогеоценоз – целостная самовоспроизводящаяся система. Она является сообществом живых организмов, жизнедеятельность которых осуществляется в определенной абиотической среде (в границах определенного ареала). Живые организмы, представители данного биоценоза, непременно оказывают влияние на окружающую их абиотическую среду, а та в свою очередь оказывает обязательное воздействие на них.

И, таким образом, обе части **геобиоценоза**, взаимодействуя между собой, обуславливают сбалансированное сосуществование: важные химические элементы, воду и т.д. Живые организмы получают из абиотической среды, выделяют в обратном порядке отработанные вещества. Образуется непрерывный поток между живым и неживым: потребление и выделение углекислого газа (CO_2), кислорода (O_2), воды (H_2O), образование и разложение отживших животных и растений, образование почвенных органических соединений, в том числе и в результате жизнедеятельности почвенной микрофлоры. Растительные зеленые организмы поглощают энергию солнечного света и тепла, перерабатывают ее в органическую массу, которая служит первичным продуктом питания для всей биоценозической системы, всех популяций, населяющих биогеоценоз.

Потоки энергии и вещества, обращающиеся внутри живых систем, между ними и средой обитания обуславливают целостность и сбалансированность внутри биогеоценоза. Способность живых организмов к размножению, наличие в среде пищи и энергии, способствующих росту, развитию и размножению, а также воссоздание среды обитания – все вместе обеспечивает **самовоспроизводство биогеоценозов (экосистем)**.

Биогеоценозы характеризуются двумя основными особенностями:

- **устойчивостью** – сложившейся в результате эволюционного процесса, т.е. равновесием со средой обитания;
- **саморегуляцией** – поддержанием определенной численности популяций и в популяциях.

Устойчивость – это свойство сообщества и экосистемы выдерживать изменения, возникающие во внешней среде (например, если количество осадков понизилось на 50% в сравнении со средней величиной за много лет, а количество органического вещества, созданного продуцентами, снизилось только на 25%, численность травоядных консументов только на 10%, то можно считать, что экосистема устойчива).

Саморегуляция – это поддержание определенной численности популяций, основанное на взаимодействии организмов в звеньях цепи хищник – жертва, паразит – хозяин на всех уровнях пищевых (трофических) связей. Если вид – член пищевой цепи (являющийся жертвой) по каким-либо причинам исчезает, то виды, питавшиеся исчезнувшим видом, начинают потреблять ту пищу (новую жертву), которая раньше для них была не главной, а второстепенной. В этом случае количество видов потребителей может сохраниться. Массовое размножение вида в биогеоценозе регулируется прямыми и обратными связями, существующими в пищевых цепях. Хорошие условия года могут обеспечить хороший урожай растений, которыми питаются травоядные животные. В таком случае травоядные животные размножаются, и, являясь пищей для видов-хищников, способствуют размножению хищников в большей степени. Однако изобилие пищи приводит к чрезмерному размножению вида-хищника, что естественным образом приводит к сокращению численности представителей вида-жертвы. Начинается скудный период для вида-хищника, который не в состоянии прокормиться сам и не может накормить свое потомство. Такая ситуация непременно приводит к сокращению количества особей вида-хищника. Этот ход чередующихся ситуаций в природе носит название «волны жизни». Колебания, описанные выше, понятно, сопряжены друг с другом и являются примером саморегуляции в природе.

Процессы саморегуляции в природе представлены многими сторонами, но, за исключением стихийных природных катастроф (большого масштаба), всегда высоко эффективны. Однако, вмешательство человеческого фактора, когда человек, например, нарушает природную среду, сложившуюся структуру сообществ, саморегуляция может быть нарушена. Например, бесконтрольная вырубка леса, загрязнение водных сред, уничтожение ядохимикатами части популяций в биогеоценозе и многие другие события, связанные с человеческой деятельностью.

14.4. Происхождение жизни на Земле.

Гипотезы происхождения жизни.

Вопрос о происхождении жизни считается едва ли не самым проблемным в естествознании. С глубокой древности и до нынешних дней выдвинуто было большое количество гипотез о происхождении жизни на Земле.

В настоящее время наиболее известными гипотезами возникновения жизни являются следующие:

- 1) Креационизм (от лат. creatio – создаю) – утверждение, что жизнь создана Богом;
- 2) Гипотеза о существовании жизни всегда (теория стационарного состояния);
- 3) Гипотеза самозарождения жизни, базирующая на идее многократного возникновения жизни из неживого вещества;
- 4) Гипотеза панспермии, т.е. жизнь на Землю занесена из космоса;
- 5) Гипотеза эволюционного процесса химических систем.

Креационизм – самое древнее и популярное до наших дней утверждение, что существует «душа», управляющая всеми процессами в живых организмах. Однако это, кроме религиозных воззрений, никаких основ не имеет, никак не связано с наукой и может служить (и служит) предметом веры или неверия.

Гипотеза о вечном существовании жизни вместе с Землей, которая всегда была и была населена многочисленными живыми существами.

Гипотеза самопроизвольного зарождения жизни основывалась на представлении о некоем «активном начале», посредством которого жизнь возникала при определенных условиях из неживого вещества. Например, лягушки могут зарождаются в иле, мухи в гниющих продуктах (мясе) и т.д.

Гипотеза панспермии – о занесении на Землю их внеземного пространства «зародышей жизни».

Гипотеза о биохимической эволюции, предложенная академиком А.И.Опариным является наиболее правдоподобной. По крайней мере, и сегодня гипотеза А.И.Опарина, давно принятая мировым научным сообществом, не имеет серьезных опровержений, и нет убедительных альтернативных гипотез.

Поэтому следует рассмотреть подробнее исследования А.И.Опарина.

Происхождение жизни в результате биохимической эволюции.

В 20-х годах XX века идея химической эволюции, как говорится «витала в воздухе». Химия в тот период делала колоссальные успехи. Не удивительно, что А.И.Опарин с сотрудниками как и ученые во многих лабораториях мира увлеклись этой идеей. Уже в 1924 году выходит работа А.И.Опарина «Происхождение жизни», где изложена была основная суть гипотезы: - **зарождение жизни на Земле – длительный эволюционный путь становления живой материи в недрах неживой**». С этими положениями выступал английский физиолог С.Холдейн в 1929 году.

Пик исследований академика А.И.Опарина приходился на 1950-70 годы, поэтому можно считать, что с работой ученого связана целая эпоха.

А.И.Опарин предложил следующую последовательность процессов биохимической эволюции, в результате чего сформировалось примитивное подобие живой клетки:

1. Геохимическая эволюция планеты Земля, синтез простейших соединений, таких как CO_2 , NH_3 , H_2O и др., переход воды из парообразного состояния в жидкое в результате постепенного охлаждения Земли. Эволюция атмосферы и гидросферы.

2. Образование из неорганических соединений органических веществ – аминокислот – и их накопление в первичном океане в результате электромагнитного воздействия Солнца, космического излучения и электрических разрядов.

3. Постепенное усложнение органических соединений и образование белковых структур.

4. Выделение белковых структур из среды, образование водных комплексов и создание вокруг белков водной оболочки.

5. Слияние таких комплексов и образование **коацерватов** (от лат. coacervus – сгусток, куча, накопление), способных обмениваться веществом и энергией с окружающей средой.

6. Поглощение коацерватами металлов, что привело к образованию ферментов, ускоряющих биохимические процессы.

Таблица

История развития жизни на Земле Геохронологическая таблица

Эры, их продолжительность и возраст (в млн. лет)	Периоды и их продолжительность (в млн. лет)	Животный и растительный мир
Кайнозойская (новой жизни), 67 (67)	Антропоген, 1,5	Появление и развитие человека. Животный и растительный мир принял современный облик
	Неоген, 23,5	Господство млекопитающих, птиц
	Палеоген, 42	Появление хвостатых лемуринов, долгопятов, позднее — парапитеков, дриопитеков. Бурный расцвет насекомых. Продолжается вымирание крупных пресмыкающихся. Исчезают многие группы головоногих моллюсков. Господство покрытосеменных растений.
Мезозойская (средней жизни), 163 (230)	Меловой, 70	Появление высших млекопитающих и настоящих птиц, хотя и зубастые птицы еще распространены. Преобладают костистые рыбы. Сокращение папоротников и голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных.
	Юрский, 58	Господство пресмыкающихся. Появление археоптерикса. Процветание головоногих моллюсков. Господство голосеменных.
	Триасовый, 35	Начало расцвета пресмыкающихся. Появление первых млекопитающих, настоящих костистых рыб.

7. Образование гидрофобных липидных границ между коацерватами и внешней средой, что привело к образованию полупроницаемых мембран, а это обеспечивало стабильность функционирования коацервата.

8. Выработка в ходе эволюции у этих образований процессов саморегуляции и самовоспроизведения.

Вот таким образом по А.И.Опарину сформировалась примитивная форма живого вещества, такова предбиологическая эволюция вещества.

По мнению академика В.И.Вернадского возникновение жизни связано с мощным скачком, прервавшим эволюцию земной коры, затем благодаря этому скачку (бифуркации) возникли условия для формирования структур эволюционировавших в элементарные живые образования.

Физико-химические основы зарождения жизни.

Известно, что возраст Солнца оценивается в 5 млрд., а Земли в 4,5-4,8 млрд. лет. Считается, что жизнь на Земле существует примерно 3,7 млрд. лет. Не связывать происхождение жизни с процессами химических превращений на планете никак не соотносится с элемен-

тарной логикой рассуждений, не говоря о многих археологических фактах (докембрийский породах), и различного характера научных фактов.

Начальные процессы формирования живой материи тесно связаны с геологической эволюцией Земли. Земля в начале своего существования была горяча (4-8 тыс.°С), находилась во вращательном движении (как и сейчас), атомы тяжелых элементов сосредотачивались в ее центре, а легких (углерод, азот, водород, кислород) на поверхности. Со временем стали образовываться метан, вода, двуокись углерода, аммиак, молекулярный водород, азот. Значительное количество уже имелось – неона, аргона, гелия, хотя еще не было кислорода.

Уникальные физические и химические свойства воды (высокая теплоемкость, вязкость, полярность, универсальный растворитель, способность находится в трех агрегатных состояниях) и углерода (способность образовывать линейные соединения, трудность образования оксидов, способность к восстановлению, ковалентная связь) определили роль и **воды и углерода** в зарождении жизни.

Образование простых органических соединений.

Первичная атмосфера Земли на начальных этапах эволюции планеты носила восстановительный характер, так как не содержала свободного кислорода. С понижением температуры газообразные вещества переходили в жидкое и твердое состояние. С падением температуры на поверхности Земли до 100°С и конденсации водяного пара в приземной оболочке на поверхность планеты обрушивались большие массы воды, что способствовало образованию первичных водоемов. Активная вулканическая деятельность выносила на поверхность суши и в водоемы различные химические соединения металлов с углеродом, карбидов, которые с водой давали углеводородные соединения. Ливневые воды содержали соли и газы (CO₂, NH₃ и др.), которые вступали в химические реакции с образованием углеродисто-азотистых группировок – N=C=N - . Постепенно в водной среде Земли накапливались простейшие органические соединения.

Образование сложных органических соединений.

На следующем этапе химической (биохимической) эволюции по А.И.Опарину происходит образование более сложных органических соединений, в том числе и белковых веществ. Этим процессам способствовали и температурные режимы водных сред, мощное ультрафиолетовое излучение Солнца, грозовые электрические разряды обеспечивали мощный электрический фон.

В результате простые молекулы органических веществ вступали во взаимодействие с другими химическими соединениями давали новые, более усложненные, но и более устойчивые группировки (менее устойчивые распадались, надо полагать, т.к. процессы эволюционные, а значит, имело место разнонаправленность их). Далее происходило образование полимерных структур: полисахаридов, аминокислот, жирных кислот, нуклеиновых кислот.

Эти предположения в лабораториях мира получили многократные подтверждения в результате экспериментальных исследований. Перечисленные выше органические вещества в опытных установках с имитированными условиями ученые получали уже с середины 50-х годов XX столетия.

А.И.Опарин считал, что эти процессы и накопление органических веществ могло происходить в прибрежных водах. Образовывался некий «бульон» - первичная среда, где непрерывные химические превращения, при поступлении дополнительных количеств химических веществ от вулканической деятельности, могли способствовать образованию более сложных органических молекул.

Химический состав живой природы.

Науке сегодня уже известны более 110 химических элементов. Большинство из них нашли свое назначение в составе живой материи. Но только шесть из них – кислород, водород, углерод, азот, фосфор и сера занимают основную массу в составе живой природы – 97,4%. Еще 12 элементов – натрий, калий, кальций, магний, железо, кремний, алюминий, хлор, медь, цинк, кобальт. Их доля в живых тканях составляет около 1,6%. Еще 20 элементов входящие в состав живой материи, участвуют в жизнедеятельности тех или иных клеток, специализированных биологических систем и т.д. Их доля составляет около 1%. Об участии остальных, а это 74 элемента, нельзя что-либо конкретное сказать, хотя можно предполагать, что в ничтожных количествах они могут иметь место в живой материи. Первые шесть элементов, составляющих большую долю в составе живых организмов, называют органогенами (поскольку их и больше и чаще обнаруживали исследователи в органических тканях). В космосе, например, обнаружены широко распространенные лишь два элемента — водород и гелий, остальные в незначительных дозах. На Земле самыми распространенными являются железо, кислород, кремний, магний, алюминий, кальций, калий, никель в то время, как углерод занимает лишь 16-е место. В атмосфере Земли углерода около 0,01 весовой доли, в океанах — около 0,002, в литосфере — 0,1. Из органогенов большое распространение имеют кислород и водород. Раньше считали, что молекулы углерода присущи живым организмам и поэтому соединения углерода были названы органическими. Вообще оказалось, что важность роли химического элемента в клетках живой материи вовсе не зависит от простого количественного преобладания. Дело в отборе элементов, способных к образованию:

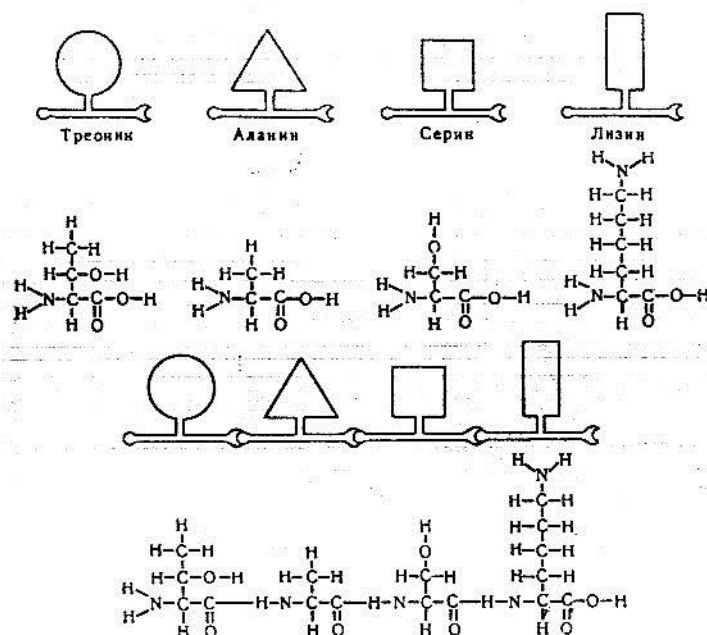
а) достаточно прочных связей;

б) связей лабильных, т.е. легко подвергающихся гомолизу, гетеролизу или циклическому перераспределению. Поэтому углерод, отвечающий этим требованиям, оказался органогеном № 1. Он (в отличие от многих других) способен вмещать и удерживать внутри себя самые редкие химические противоположности и т.д.

Атомы углерода в одном и том же соединении могут выполнять роль и акцептора, и донора электронов. Они образуют почти все, известные в химии, типы связей: одноэлектронные (при хемосорбции углеводородов на графите), двухэлектронные (в этане), трехэлектронные (в бензоле), четырехэлектронные, шестиэлектронные со всевозможными промежуточными связями.

Как происходил отбор структур в процессе биохимической эволюции сказать не просто. Однако как из всех химических элементов лишь 6 да + еще 12 элементов оказались в основе биологических систем, так и происходил отбор и химических соединений. Из известных миллиона органических соединений в формировании живого организма принимают участие лишь сотни; из ста известных аминокислот в состав белков входят лишь 20; всего четыре нуклеотида ДНК и РНК лежат в основе огромного количества полимерных, сложных нуклеиновых кислот, содержащих наследственную информацию и регулирующих белковый синтез в клетках всех живых организмов. Поэтому приходится удивляться тому, что из небольшого набора отобранных природой органических соединений (веществ) составлен чрезвычайно многообразный мир животных, растений и микроорганизмов.

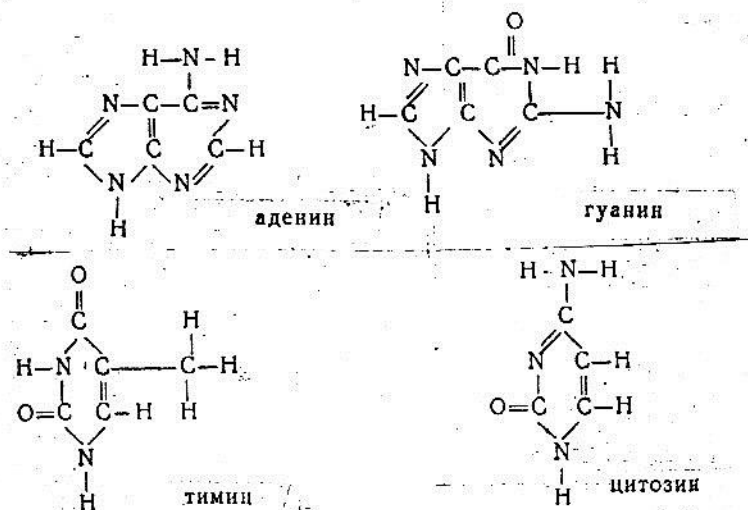
Трудно представить себе жизнедеятельность живой клетки, метаболические процессы которой, во-первых, огромны по количеству одновременно происходящих химических реакций, во-вторых, высоко упорядоченных, сопряженных (в то же время и разнонаправленных) и сбалансированных в максимальной степени, в-третьих, происходящих с большими скоростями и т.д.



Аминокислоты — составные части белков.

Здесь четыре аминокислоты (всего их известно более 20) изображены в виде строительных блоков. В верхнем ряду символы и формулы всех четырех аминокислот показаны по отдельности, а в нижнем показано, как они соединяются пептидными связями, образуя фрагмент белка; при этом от расположенных по соседству групп COOH и NH_2 отщепляются кислород и водород с образованием молекулы воды.

Обычно в состав ДНК входят четыре основания: два из них — аденин и гуанин — принадлежат к группе пуринов, а два других — тимин и цитозин — к группе пиримидинов. Химический состав их таков:



Мономеры и макромолекулы.

Итак, в клетках живых организмов могут находиться многие простые химические вещества, из которых строятся малые органические молекулы – **мономеры**. В свою очередь, молекулы-мономеры служат составляющими для формирования крупных полимерных **макромолекул**. Все это происходит в силу эволюции и самоорганизации химических систем, которые в данном случае являются биохимическими и, даже, биологическими системами. При рассмотрении процессов усложнения биохимических структур выявляется огромная роль каталитических систем, без помощи которых трудно представить переход материальных структур из менее сложных в более сложные и упорядоченные макроструктуры (макромолекулы). Эти процессы нуждаются не только в каталитических связях, но и повышенного уровня информационных.

В живых организмах (в клетках их) существует три класса молекул-мономеров: аминокислоты, нуклеотиды и моносахариды. Из них строятся полимерные биологические макромолекулы – белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды. Размеры мономеров оцениваются в 0,5-1,0 нм, а макромолекул – 5-300 нм. Диаметр молекулы аминокислоты примерно 0,5 нм, хромосомы – около 1 нм, атомов углерода и водорода – около 0,4 нм. Средний диаметр соматической клетки 10-20 мкм, растительной – 30-50 мкм. Размеры клетки превышают размеры атомов примерно в 100 000 раз.

Клетки живых организмов содержат четыре основных класса биологических полимеров (биополимеров): белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Роль этих веществ велика в процессах жизнедеятельности, как отдельной клетки, так и организма в целом, а также они составляют и структурную основу клетки и всего организма.

Белки – высокомолекулярные соединения, макромолекулы которых состоят из аминокислот (всего аминокислот 20, они мономеры). Белки играют важнейшую роль в процессах жизнедеятельности всех организмов и выполняют различные функции: структурная – и участвуют во всех цепях метаболизма как ферменты при построении клеток, тканей и др., и сами, как специализированные белки, выполняют роль структурных компонентов во внутриклеточных органоидах и органеллах; регуляторная – белки-гормоны; защитная – белки анти-тела; транспортная – гемоглобин (белок-фермент-пигмент); энергетическая – запас энергии. К примеру, в человеческом организме насчитывается свыше 10 млн. различных белков. Если учесть, что все биохимические реакции в организмах (клетках) осуществляются с обязательным участием соответствующего белка-фермента, то понятна особая роль белков в общем обмене веществ, метаболизме.

Нуклеиновые кислоты (или полинуклеотиды), состоящие из нуклеотидов четырех типов (аденинового, гуакинового, тиминового и цитозинового). Это двойные полимерные нити, несущие всю наследственную информацию организма, все относительно того, что, как и когда должно произойти в клетке, во всех клетках, в целом организме. То есть фрагменты метаболических (обменных) реакций, весь комплекс биохимических реакций во всех клетках организма происходит в соответствии с информацией, заключенной в определенной последовательности нуклеотидных блоков, из которых состоят РНК и ДНК. ДНК несет информацию о последовательности аминокислот в полипептидных цепях и, таким образом, по этой «программе» осуществляется синтез соответствующих белков в клетке, с помощью РНК (информационная, транспортная и др.).

Коацерватные системы и происхождение жизни.

Химические реакции при участии катализаторов (типа ферментов) приводят к получению **коацерватных** капель, обладающих различной устойчивостью. Поэтому в теории эволюции материи и в развитии теории А.И.Опарина о происхождении жизни на Земле процессу образования коацерватов придается особое внимание. Согласно теории А.И.Опарина эволюцию материи можно условно разделить на четыре этапа.

I. **Формирование планеты Земля** из космической материи, которое произошло 5 млрд. лет назад, а образование первичной атмосферы и первородного океана – 4,5-4 млрд. лет назад.

II. **Абиогенный синтез молекул** происходил в атмосфере Земли, на ее поверхности и главным образом в водах первичного океана более сложных органических веществ. Из возникавших простых органических соединений создавались новые разнообразные низкомолекулярные и высокомолекулярные соединения.

Начавшийся синтез (абиогенный) полимерных соединений, белков и др. еще не проводил к образованию тех, например, белков которые мы обнаруживаем в составе современных живых организмов, они были значительно проще. Кроме белков формировались и молекулы пептидов, нуклеотидов, сахаридов, будущих липидов и т.д. Пока безжизненный первородный океан в науке стали называть «первичный питательный бульон». Содержание в нем органических молекул, предполагается, составляло от 1 до 10%.

III. **Образование предклеточных структур** путем объединения молекул и формирования специфических образований, предклеточных структур, имеющих поверхность раздела с окружающей средой и способных взаимодействовать с ней. Так возникали пробионты.

IV. **Пробионты** – их усовершенствование, усложнение их химического состава и появление способности к репродукции – вот что является характерным для этого периода.

С помощью каталитических реакций пробионты превращались в открытые системы, к которым относятся все живые организмы.

На всех этапах происходил отбор молекул, структур и наиболее выгодных (для собственного существования) образований – протобионтов (т.е. отбор устойчивых форм, что мы встречаем в эволюционном учении Ч.Дарвина).

Полагают, что одновременно с образованием полимерных молекул происходило и образование биологических мембран, которые ограничивали содержимое коацерватных образований от окружающей среды.

Коацерваты – это сложные образования, имеют особенности, которые достаточно сходны со многими свойствами, присущими живым системам (клеточным структурам и клетке в целом). Однако, хотя известно, что коацерватные образования способны обмениваться составляющими их веществами с наружной средой, относить их к живым никак нельзя ввиду того, что они не обладают другими важными свойствами живых систем: саморегуляция, самовоспроизведение и др.

Образование простейших форм живых организмов.

К предклеточным структурам относятся: липопроteidные «пузырьки», образующиеся в океане; микросферы – плотные образования, состоящие из белковоподобных соединений – протеиноидов, плохо растворимых в воде (они могли синтезироваться при высоких температурах лавы вулканов); коацерватные капли, которые выгодно отличаются от первых двух.

Переход коацерватных систем к живым системам является самым важным пунктом в представлении о происхождении жизни. Как уже отмечалось, предбиологические структуры выживали, если они отличались таким уровнем организации, который им позволял выдерживать разрушительные факторы внешней среды, то есть они отличались и достаточной способностью удерживать на должном уровне обмен веществ, особую более рациональную организацию и строение макромолекул (отбор устойчивых форм). Только при таком, очень высокоорганизованном типе строения и функционировании предбиологических форм могла формироваться система самовоспроизведения этих форм. Можно полагать, что возникший устойчивый механизм воспроизводства этих макромолекулярных формообразований по принципу самокопирования, может считаться рубежом, с которого ведет начало эволюция живой материи.

Затем был возможен процесс формирования самовоспроизводящихся живых систем – примитивных первичных организмов.

Переход обсуждаемых нами систем к самовоспроизведению, т.е. синтезу белков на основе матричной роли ДНК – является колоссальным по значению скачком в эволюции материи.

Каким образом произошел такой скачек, сегодня еще наука не может ответить, и дело в том, что для самовоспроизведения нуклеиновых кислот необходимы ферментные белки, а для синтеза белков – нужна информация (генетическая), которую содержат именно нуклеиновые кислоты. Здесь и возникает замыкание круга. Однако научные исследования интенсивно продолжаются и выработаны ряд предположений (гипотез) о механизмах, способствовавших установлению в живой материи именно существующего комплекса процессов изящным образом обеспечивающим самовоспроизведение (размножение) всех видов живых организмов на Земле.

Клетка – элементарная единица живой материи.

Представители живой материи имеют клеточное строение, т.е. все организмы состоят из клеток. При этом организмы разделяются на одноклеточные и многоклеточные. Все многоклеточные формируются всегда из одной клетки путем ее размножения (из одной оплодотворенной яйцеклетки у подавляющего большинства многоклеточных). Считается, что клетка – наимельчайшая единица живой материи, она обладает всеми признаками живого организма и, прежде всего, генетической информацией, достаточной для воспроизведения всего организма. В отличие от одноклеточных организмов существующих самостоятельно, клетки многоклеточных организмов могут нормально существовать и жизнедействовать лишь в составе всего организма.

Одна из самых главных особенностей клетки – это способность к делению (размножению), **воспроизведению себе подобных клетки**. В процессе роста и развития клетки наблюдается и процесс воспроизведения (создание копий) внутриклеточных структур. Жизнедеятельность клетки характеризуется активными метаболическими процессами (обменными биохимическими реакциями). Но активность этих процессов постепенно снижается, растет степень энтропии и, как результат, клетка оказывается в состоянии неустойчивости, выходом из которого является начинающийся процесс деления клетки на две дочерние. Возникшие новые клетки уже приобретают устойчивость и цикл повторяется. В любых многоклеточных (и одноклеточных) организмах процесс замены старых клеток новыми путем деления на две новые является обычным и распространенным. В зависимости от функциональной направленности клетки сроки жизни различны, но в среднем составляют у человеческих, например, одни-два суток. В человеческом организме ежедневно отмирает до 70 млрд. клеток только кишечного эпителия, и 2 млрд. эритроцитов, на смену которым возникают новые. Нервные клетки, как правило, не восстанавливаются, но наблюдается их постоянная перестройка.

Из выше описанного можно кратко заключить, что процесс возникновения жизни на Земле представляется как эволюция углеродистых соединений, происходившая как в космосе, так и при формировании нашей планеты. В процессе этой эволюции примитивные углеводороды и их ближайшие производные постепенно превращались во все более и более сложные органические вещества. Затем в водном растворе этих веществ, (в «первичном бульоне» гидросферы Земли) происходило формирование индивидуальных многомолекулярных образований, отделенных поверхностью раздела от внешней среды, но взаимодействующих с этой средой по типу открытых систем и на этой основе способных к росту, развитию и размножению.

Подвергаясь действию предбиологического естественного отбора, они постепенно совершенствовались и таким путем превращались в первичные живые существа, родоначальники всего живого на Земле (Опарин, 1957).

14.5. Теории эволюции органической материи.

Начальные этапы биологической эволюции.

Итак, формирование в «первичном бульоне» примитивных самоорганизующихся и самовоспроизводящихся органических образований знаменует собой точку отсчета, начала биологической эволюции жизни.

Первыми на Земле одноклеточными организмами появились примитивно устроенные бактерии, в клетках которых отсутствовало ядро. Их называют **прокариоты** (простые, ядерные). Прокариотам свойственен был **анаэробный** тип жизнедеятельности, так как они существовали в бескислородной среде. Они также называются **гетеротрофными** организмами, так как питались готовыми органическими веществами, сформировавшимися в «питательном» (органическом) «бульоне» в ходе химической эволюции на Земле, а, точнее, в океанической среде. Метаболизм прокариотов основан на процессах типа «брожения». Однако эволюция живых организмов была бы слишком малопродуктивной, по крайней мере, из-за того, что питательной органики для гетеротрофов в «бульоне» было не достаточно. И вот то, что на Земле, в условиях дарового потока световой и тепловой энергии Солнца, стал вырабатываться чрезвычайно рациональный тип использования этой энергии, не является на сегодняшний день ни загадочным, ни чрезмерно удивительным. Но уникальность, целесообразность и эффективность этого типа потребления энергии необычайные. Речь идет об общеизвестном типе потребления световой энергии зелеными растениями, который получил название **фотосинтез** – синтез сложных органических веществ из простых в клетках листьев зеленых растений за счет CO_2 атмосферы и квантов (фотонов) света. Разумеется, это могло произойти в результате эволюционирования живых клеток по пути возникновения и формирования специализированных клеточных структур снабженных специфическими сложными органическими молекулами. Такая молекула была сформирована в природе (конечно же, в результате длительного эволюционирования по принципу – отбор наиболее устойчивых и эффективных форм) и сейчас общеизвестна под названием **хлорофилл**.

Хлорофилл – сложная и крупная органическая молекула, зеленый пигмент, широко распространенный в царстве растений, является представителем сложных эфиров (с точки зрения химической).

Возникновение такого типа питания у живых организмов (называемого – **автотрофным**) резко повлияло на дальнейший ход эволюционных процессов. Рост потребления зелеными организмами углекислоты (CO_2) и выделение кислорода (O_2) в атмосферу затормозил жизнедеятельность анаэробных существ (в основном одноклеточных). Одни из них адаптировались в кислородных средах, другие сохранились в бескислородных средах (в болотах), а третьи просто гибли. У организмов, с центральным процессом в обмене веществ – кислородным дыханием, эффективность энергетического обмена выросла в 10-15 раз по сравнению с анаэробами (у которых обмен основан на типе брожения). Разумеется, процесс эволюционного перехода к фотосинтезу продолжался очень долго и, по данным ученых, завершился около 1,8 млрд. лет назад. Фотосинтез, как процесс накопления огромных масс органической материи (за счет энергии Солнца), способствовал с одной стороны и прогрессированию самого себя в глобальном масштабе, а также развитию и ускорению глобального биологического круговорота и эволюции живой материи в целом.

Кислородная среда, в конечном счете, обеспечила:

- 1) окончательное оформление основного содержания клеток – эукариотов – клеточного ядра (как теперь мы знаем – аппарата наследственности и изменчивости);
- 2) это уже были организменные структуры с развитым фотосинтетическим аппаратом, осуществлявшим эффективный процесс поглощения энергии Солнца и превращение этой энергии в потенциальную энергию органической массы;
- 3) ядерный генетический материал сгруппировался в определенном локусе клетки, а не размещался в разных участках живой клетки, как у прокариотов;

- 4) при размножении материнские клетки стали воспроизводить свои дочерни копии с максимальной идентичностью, а значит и одинаковой жизнеспособностью.

Образование растений и животных.

Разделение организмов по способу питания (речь пока идет об одноклеточных организмах) привело к разделению единых форм жизни на растительные и животные.

Возникновение многоклеточности сопровождалось усложнением в организации живых форм: дифференциация тканей, органов и их функций. Первые многоклеточные животные можно сравнить с нынешними кишечнорастворными, они эволюционировали в сторону увеличения способности передвижения, они совершенствуются в способах питания и размножения.

Большое распространение получают зеленые водоросли. Растительные клетки эволюционировали в сторону уменьшения способности передвижения.

Следующим важным этапом эволюции живого стало совершенствование способов размножения. Около 900 млн. лет назад формируется половой процесс размножения.

Затем, спустя 100-200 млн. лет, появляются многоклеточные организмы, у которых постепенно происходит дифференция тканей и органов, определяющих выполнение отдельных функций.

Длительные периоды протерозоя и часть палеозоя растительные организмы населяют моря и океаны: зеленые, бурые, красные и др. водоросли.

В дальнейших периодах в морях и океанах сформировались и расселились различные виды животных организмов, например, ракообразных, губок, кораллов, моллюсков и др.

В конце ордовиковского периода палеозойской эры появлялись крупные плотоядные животные и, затем, позвоночные.

В девонском периоде палеозоя формировались двоякодышащие рыбы-амфибии, потом насекомые. Начали появляться признаки развития нервной системы.

Несомненно, огромную важность в развитии живых организмов играла эпоха выхода их из воды на сушу (в девоне). Выход растений происходил в конце силурийского периода, а животных (позвоночных) в карбонском периоде.

Воздушная среда также ставила серьезные требования видам живых организмов выходивших на сушу. Первыми организмами, освоившими сушу (из позвоночных) стали рептилии. Яйца рептилий, снабженные сухой прочной скорлупой и богатые питательными веществами, представлялись хорошими и удобными для формирования потомков.

Формирование в процессе эволюции теплокровных животных давало им возможности успешно конкурировать на Земле. Это касается млекопитающих, которые достаточно стремительно стали занимать большие ареалы. Параллельно с ними распространялись по Земле и птицы. Теплокровность у животных обеспечивала высокий уровень выживаемости их в резко или не очень резко меняющихся условиях климата, особенно при значительных похолоданиях на Земле. Понятно, что температурный режим тела животных способствовал в большей степени сохранять в равновесии метаболизм в организме, а живорождение и вскармливание молоком у млекопитающих своих детенышей были серьезными факторами эволюции их, размножения их в различных условиях окружающей среды. Немалое значение имело то, что эволюционирующая нервная система все более совершенствовавшаяся, способствовала самосохранению многих видов животных.

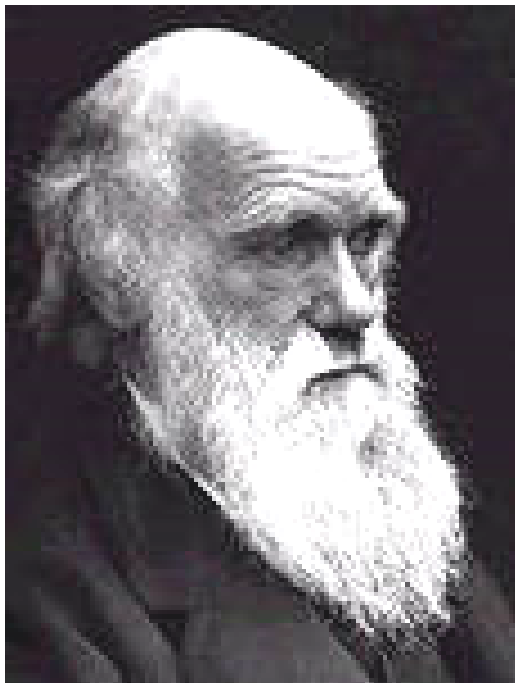
В дальнейшем получили развитие парнокопытные, хищные, а насекомоядные млекопитающие стали эволюционными предшественниками будущих плацентарных и сумчатых организмов.

Особую роль в эволюции живой природы сыграло появление отряда приматов, которые в периоде 67-27 млн. лет назад сформировались в так называемые низшие и человекообразные виды обезьян. Последние являлись древнейшими предками современного человека. Условия формирования современного человека складывались долго. Был стадный период и

образ жизни, который заложил основу предстоящих социальных общений (отношений). В отличие от биосоциальных видов организмов (пчелы и др.), у которых это свойство (биосоциальность) привело к потере индивидуальности – у человека (с отчетливо выраженным этим свойством) выработалось свойство индивидуальности. Это без сомнения способствовало развитию осознанного коллективизма, особенно при становлении человека разумного (*Homo sapiens*).

Теория эволюционного развития живой природы по Ч.Дарвину.

Эволюция – (лат. *evolutio* – развитие) – длительный процесс (движение), постепенных или скачкообразных изменений, ведущих к образованию новых признаков, форм, организмов и их видов.



**Ч. Дарвин
(1809-1882)**

Применительно только к живой природе можно выразить так: Преобразование формы и образа жизни организмов, в результате чего потомки приобретают другие черты, отличающие их от предков (Циммермани, 1953).

Мысль об изменениях в живой природе в историческом пути ее развития высказывалась в разные эпохи многими учеными до Ч.Дарвина. Высказывания по этому поводу мы находим еще у Аристотеля (IV век до н.э.), у Карла Линнея, у Ж.Б.Ламарка и у многих других.

Заслугой Ч.Дарвина следует считать то, что он первый обнаружил в природе **естественный отбор**, описал его, обобщил все накопленные наблюдения и эволюционные идеи и сформулировал одну стройную **теорию эволюции**. При этом он учитывал огромный опыт человечества в селекции растений и домашних животных, эксперименты и практику ученых. В результате Ч.Дарвин пришел к выводу, что в эволюции живых организмов играют решающую роль **три фактора**, имеющих принципиальное значение: **изменчивость, наследственность, естественный отбор**.

- * **Изменчивость** – свойство, присущее всем видам живых организмов. Она бывает двух видов:
 - **определенная изменчивость** (модификационная, адаптивная) – это изменчивость конкретных организмов в ответ на конкретные изменения факторов окружающей среды, по наследству **не передаются**.
 - **неопределенная изменчивость (мутации)** – это существенные изменения в организмах, затрагивающие их различные стороны и признаки, и эти изменения могут **передаваться** по поколениям. Этот тип изменчивости может также проявляться под воздействием факторов внешней среды, однако, характер воздействия в данном процессе иной.

Ч.Дарвин придавал особое значение именно неопределенной изменчивости.

- * **Наследственность** – свойство организмов передавать из поколения в поколение одни и те же, присущие им признаки и свойства.
- * **Постоянство количества особей каждого вида**, как отмечал Ч.Дарвин, зависит, во-первых, от количества рожденных потомков данного вида и, во-вторых, от количества выживающих в сложных условиях среды, где происходит борьба за существование, конкуренция за среду обитания и пищу.

- * **Приспособляемость отдельных организмов** и, в целом, вида, к условиям обитания выражается по-разному у отдельных особей и у вида в целом. **Это – выживаемость организмов и видов.** Она напрямую зависит от свойственных данному виду (его отдельным представителям) признаков и приспособительных особенностей, способствующих выживанию в среде обитания.
- * **Воспроизведение (или передача по потомству)** – полезных свойств и признаков, способствующих успешному существованию особей и вида целиком – также играет огромную роль в эволюционном процессе.

Таким образом, суть эволюции состоит в следующем:

- 1) непрерывное приспособление живых форм к различным (нередко меняющимся) условиям внешней среды;
- 2) все большее усложнение биологических типов, форм, видов;
- 3) естественный отбор, направленный на накопление приспособительных признаков, обеспечивает процветание вида, а в случае накопления полезных признаков, очень отличающих новые поколения особей от своих предков, возникает новый вид.

Эволюционная теория Ч.Дарвина, создававшаяся в середине XIX века не могла не иметь определенных недостатков. Например, Дарвин не смог объяснить причин появления у некоторых организмов признаков, которые казались бесполезными; не давало объяснения эта теория – почему для некоторых видов не находилось переходных форм в историко-палеонтологических данных; были уязвимы объяснения характера передачи по потомству полезных и выгодных для выживания вида новых признаков и свойств. Все это очень огорчало великого натуралиста. Некоторые вопросы так и не были при его жизни уяснены. Только в XX веке с появлением новых биологических направлений (генетики, хромосомной теории наследственности и законов Менделя) слабые места эволюционного учения Дарвина были заполнены, а кроме того эта ситуация дала толчок развитию так называемой **синтетической теории эволюции**.

Синтетическая теория эволюции (СТЭ).

Синтетическая теория эволюции была сформирована благодаря работам целого ряда ученых, в основном в первой половине XX столетия: Дж.Хаксли, Д.Харди, Э.Майра, Ф.Г. Добжанского, Н.В. Тимофеева-Ресовского, А.Н. Северцова, И.И. Шмальгаузена, С.С.Четверикова, В.И.Вернадского, В.Н.Сукачева и др. Успехи генетики и молекулярной биологии, эмбриологии и эволюционной морфологии, популярной генетики и экологии и других наук прямо указывали на необходимость объединения современной генетики и других биологических наук с эволюционным учением Дарвина. Так родилась синтетическая теория эволюции, которую еще называют **неодарвинизмом**. Эта теория дала возможность снять противоречия между эволюционной теорией и открытыми убедительными законами в генетике и других биологических науках. Синтетическую теорию эволюции еще называют **общей теорией эволюции**.

Основы СТЭ были заложены русским (советским) генетиком С.Четвериковым (1926 г.). Они нашли поддержку и развитие в трудах американских генетиков Р.Фишера, С.Райта, английского биолога Дж.Холдейна и русского (советского) генетика Н.Дубинина (1906-1998).

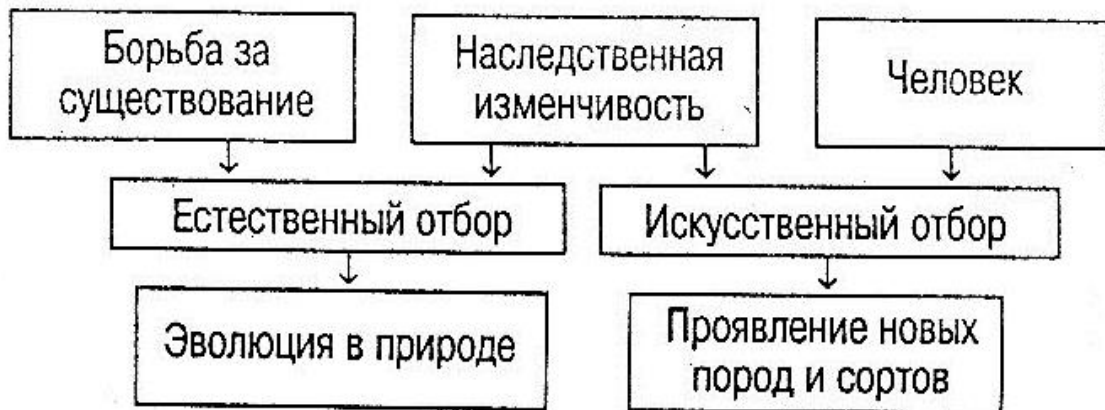
История эволюционного учения

Карл Линней (1707-1778) – верил в сотворение природы богом, предложил систему растений и животных, допускал возможность возникновения видов путем скрещивания или под влиянием условий среды.

Жан-Батист Ламарк (1744-1829) – изложил эволюционные идеи, движущей силой эволюции считал стремление к совершенству, утверждал наследование благоприобретенных признаков.

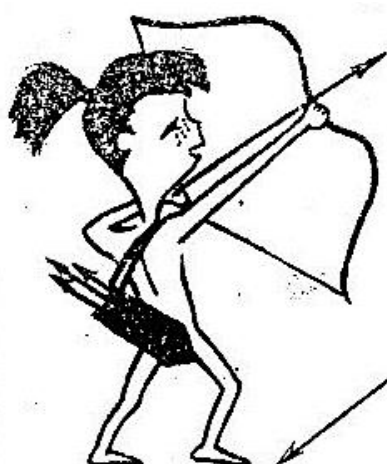
Чарльз Дарвин (1809-1882) – создал эволюционную теорию, основанную на борьбе за существование и естественном отборе.

Основные положения теории Дарвина



Борьба за существование и естественный отбор на основе наследственной изменчивости являются основными движущими силами (факторами) эволюции органического мира.

Движущие силы эволюции пород и сортов – наследственная изменчивость и производимый человеком отбор.



Борьба за существование и естественный отбор

Борьба за существование

Внутривидовая

Всегда идет очень напряженно, т.к. особи одного вида нуждаются в одних и тех же ресурсах

Межвидовая

Идет, когда виды конкурируют за одни и те же ресурсы, либо когда они связаны отношениями типа "хищник-жертва"

Борьба с неблагоприятными условиями

Идет при ухудшении условий среды, усиливает внутривидовую борьбу

В борьбе за существование выявляются наиболее приспособленные к данным условиям обитания особи. Борьба за существование ведет к естественному отбору.

Естественным отбором называют процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство преимущественно особи с полезными в данных условиях наследственными изменениями.

Естественный отбор

Движущий

Идет при изменении условий среды. Лучше выживают и размножаются особи более приспособленные к новым условиям среды по сравнению с особями, приспособленными к старым. Вызывает изменение преобладающего фенотипа и генотипа в популяции.

Стабилизирующий

Идет при постоянных условиях жизни популяции. Отсекает формы, отклоняющиеся от уже сложившегося, наиболее приспособленного фенотипа. Способствует сохранению постоянства генотипа и фенотипа популяции.

Вид и популяция

Вид – совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область – ареал. Вид состоит из популяций.

Популяция – совокупность особей одного вида, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида. Популяция – элементарная единица эволюции.

Критерии вида

1. **Морфологический** – все особи должны иметь сходное внешнее и внутреннее строение.
2. **Генетический** – у всех особей должны быть одинаковые число, размер и форма хромосом.
3. **Физиологический** – у всех особей должны быть сходными процессы жизнедеятельности, что позволяет им (вместе с генетическим сходством) свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство.
4. **Географический** – все особи вида обитают в определенном ареале.
5. **Экологический** – все особи вида существуют при сходной совокупности факторов внешней среды.

Только совокупность всех критериев правильно характеризует вид!

Видообразование

Географическое

При расширении ареала или его расчленении популяции в разных его частях могут встретиться с разными условиями жизни, что приведет к тому, что в разных частях ареала отбор вызовет разные изменения генофонда популяции и может привести к образованию новых видов.

Экологическое

Происходит, когда в пределах одного ареала условия жизни популяций оказываются разными (например, одна живет на свету, а другая в тени). При этом отбор также будет идти в разных направлениях и может привести к образованию новых видов.

Макроэволюция

Макроэволюцией называют процесс образования новых систематических групп – родов, семейств и т.д.

Доказательства макроэволюции

1. Эмбриологические

Зародыши организмов многих систематических групп сходны между собой, причем чем ближе организмы тем до более поздней стадии развития сохраняется сходство зародышей.

Биогенетический закон - каждая особь в онтогенезе (индивидуальном развитии) повторяет зародышевые стадии своих предков в филогенезе (эволюционном развитии).

2. Палеонтологические

Найдены ископаемые переходные формы между многими систематическими группами.

Для некоторых видов построены филогенетические ряды - последовательности предков.



Происхождение человека



Название	Стадия	Описание
Австралопитек	Обезьяно-человек	Ходил на двух ногах, употреблял примитивные орудия
Человек умелый	Древнейшие люди	Изготавливал примитивные орудия из гальки
Питекантроп	Древнейшие люди	Использовал и изготавливал каменные орудия, умел пользоваться огнем
Синантроп	Древнейшие люди	Одевался в шкуры, умел добывать и поддерживать огонь
Неандерталец	Древние люди	Появляются первые зачатки речи, основное общение с помощью жестов и нечленораздельных звуков
Кроманьонец	Первые современные люди	Приручал домашних животных, употреблял для общения членораздельную речь, сохранились наскальные рисунки

↓
Человек разумный

Расы человека

Европеоидная

Монголоидная

Негроидная

Австралоидная

Основная идея СТЭ – то, что элементарной составляющей эволюции является не **вид** (по Дарвину) и не отдельная **особь** (как полагал Ж.Ламарк), а **популяция** (часть вида), занимающая определенный ареал распространения, являющаяся целостной системой взаимосвязанных организмов (одного генотипа), обладающая всем необходимым для саморазвития. Отбору подвержены, в этом случае, не отдельные особи или их отдельные признаки, а вся популя-

ция, т.е. весь генотип. **Генотип** – совокупность всех генов, сосредоточенных в хромосомных системах всех представителей (особей) данной популяции (вида).

Согласно положениям, сформулированным советским генетиком Н.В.Тимофеевым-Ресовским (1900-1981), явления и факторы эволюции заключаются в следующем:

- * популяция – элементарная структурная единица;
- * мутационный процесс является поставщиком эволюционного материала;
- * **популяционные волны** – колебания численности популяции в ту или другую сторону от средней численности ее особей;
- * **изоляция** – закрепляет различия в выборе генотипов и вызывает деление исходной популяции на несколько самостоятельных;
- * естественный отбор – избирательное выживание с возможностью оставления потомства у особей, достигших репродуктивного возраста.

Ведущий и определяющий фактор синтетической теории эволюции – **естественный отбор, направляющий эволюционный процесс.**

В СТЭ существуют два уровня: **микроэволюционный и макроэволюционный.**

Микроэволюция – это процессы, происходящие на популяционно-видовом уровне, их совокупность в популяциях вида, приводящая к изменению генофондов этих популяций и к образованию новых видов. Происходит это в результате мутаций и, в дальнейшем, естественного отбора. В итоге может возникнуть либо изменение всего генофонда вида – **филогенетическая эволюция**, либо обособление популяции от исходного вида как новой формации – **нового вида.**

Макроэволюция – это эволюционные преобразования на уровне не вида, а семейства, отряда, класса. Она не характеризуется присущими ей, именно, механизмами. В основе ее лежат микроэволюционные процессы, которые постепенно накапливаясь, приходят к новому своему выражению в макроэволюционных масштабах.

Глобальный эволюционизм (эволюционная картина мира).

Всеобщая картина развития мироздания всегда занимала выдающиеся умы человечества и стала идеей мировой цивилизации. Постепенно совершенствуясь, эта идея в XVIII веке проникла в естествознание, а в XIX веке был расцвет эволюционных идей, распространившихся во всех сферах научного знания. В первой половине XX века мировая наука признала эволюцию природы, общества, человека, а к концу столетия сформировалась, так называемая, **теория самоорганизации** – определившаяся как наука – **синергетика** (наука об организации материи, о чем уже выше мы вели речь).

Происходило объединение представлений о происхождении Вселенной (космогенез), о рождении Солнечной системы и планеты Земля (геогенез), о возникновении жизни (биогенез), о происхождении и развитии человека и человеческого общества (антропогенез и социогенез – антропосоциогенез).

Концепция универсального эволюционизма приобрела глобальное значение (понимание) – **глобального эволюционизма** – так как содержит в себе все представления о явлениях, происходящих во всей материи, Вселенной – в едином процессе **самоорганизации природы.**

Таким образом, **под глобальным эволюционизмом** необходимо понимать концепцию развития **Вселенной как** развивающегося во времени единого мирового целого (**универсума**), начиная от Большого взрыва до возникновения человечества. При этом важнейшей особенностью и закономерностью глобального эволюционизма необходимо считать **направленность развития** Вселенной на повышение уровня своей структурной организации.

В концепции глобального (универсального) эволюционизма огромную роль выполняет представление о естественном отборе. Заслуживает внимание (между прочим) то, что открытый Ч.Дарвиным естественный отбор в живой природе стал ключом к представлениям об отборе «устойчивых» форм и во Вселенной. На всех уровнях развития и формообразования выполняется принцип отбора более устойчивых, эффективных новообразований и распад,

разрушение (отбраковка) неустойчивых, не представляющих значения в историческом поступательном процессе усложнения, повышения уровня самоорганизации природных неживых и живых систем.

Следует отметить, что для понимания того, о чем мы вели речь играет важную роль так называемый **антропный** принцип, суть которого состоит в том, что изучение, познание, осмысление закономерностей Вселенной и ее исторического развития осуществляется **человеком, его мощным интеллектом** (человеком разумным). Попробуем представить себе, что Вселенная, Природа такова как есть, но в ней **отсутствует человек!** В таком случае Природу некому было бы познавать. Возможно, что логическим есть именно создание в процессе эволюции Вселенной разумного наблюдателя, каким оказался человек.

Следует отметить и то, что глобальный эволюционизм является на сегодня неким итогом развития различных мировоззренческих картин мира периодов прошлого и перспективной на будущее, т.е. глобальный эволюционизм несет мировоззренческое значение.

14.6. Основы генетики

История, предмет, задачи и методы генетики

Генетика – общеприродная наука, возникшая на рубеже XIX-XX вв. По сравнению с биологией, история которой исчисляется столетиями, генетика находится еще в младенческом возрасте, хотя успехи ее огромны.

Основы генетики были заложены Грегором Менделем (1822-1884), который проводил гибридизацию у растений гороха и пришел к выводам, послужившим тому, чтобы можно было считать его основателем этой науки. Случилось так, что Менделю удалось дать ответ на вопрос, волновавший во все времена все человечество, о причинах проявления сходства (или недостаточного сходства) у потомков и их родителей. Мендель выявил скрытые закономерности передачи по наследству (по потомству) признаков и свойств родительских организмов, доказал, что признаки организмов обусловлены дискретными (отдельными, конкретными) наследственными факторами. После кропотливой исследовательской работы над растительными гибридами с 1856 по 1863 годы он опубликовал статью в малоизвестных трудах «Брюнского общества естествоиспытателей», где были изложены ее результаты. К сожалению, почти 35 лет, до 1900 года эта работа оставалась не известной. В 1900 году сразу тремя европейскими исследователями-биологами – в Голландии Г. де Фризом, в Германии К.Корренсом и в Австрии Э.Чермаком, независимо друг от друга были опубликованы аналогичные результаты по гибридизации растений. Все трое ученых обнаружили на полках библиотек Европы статью с итогами работ Менделя, все трое ссылались на нее, и, таким образом, Мендель посмертно оказался **первооткрывателем законов наследственности**. Повторившие его опыт исследователи, оказались в роли переоткрывателей этих законов. Год 1900 признан был годом рождения новой биологической науки. В 1906 году английский ученый У.Бетсон (1861-1926) ввел название «генетика» для нового научного направления в биологии, которое стремительно набирала темпы своего развития.

Генетика – (от греч. genetikos) – «происхождение» - наука о **законах наследственности и изменчивости**.

Главной задачей генетики является изучение следующих вопросов:

- * хранение наследственной информации;
- * механизм передачи генетической информации от родительских форм потомкам;
- * реализация наследственной информации в потомстве;
- * изменение генетической информации (изучение типов, причин и механизмов изменчивости).

С первых же шагов генетика становится научной основой селекции (до того ни народная селекция ни ученая агрономия XVIII-XIX веков не располагали такими методами выведения новых сортов растений и пород животных, как с развитием генетических знаний).



Памятник Г. Менделю во дворе монастыря в Брно



Г. Де Фриз
(1848-1935)



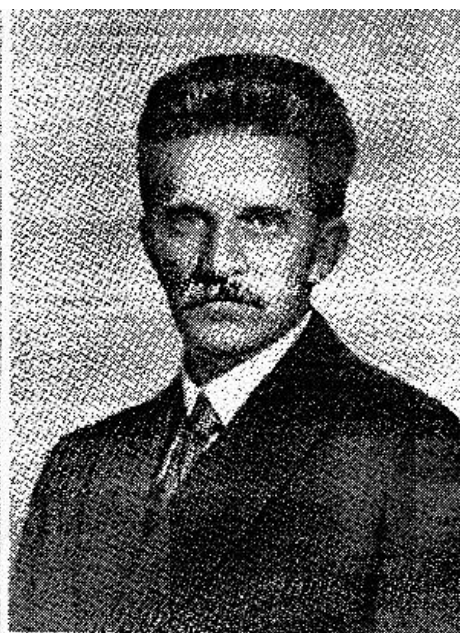
К. Корренс
(1864-1933)



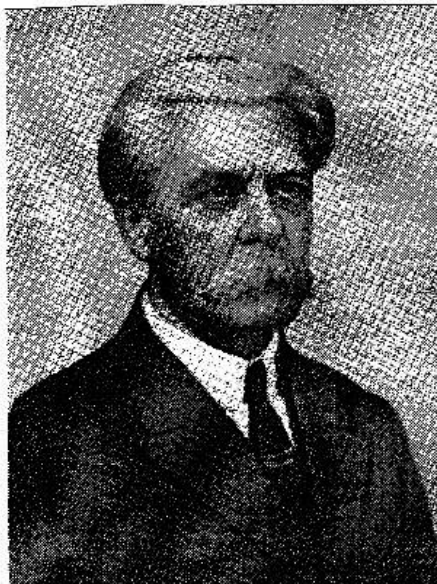
Э. Чермак
(1871-1962)



А. С. СЕРЕБРОВСКИЙ
(1892-1948)



Ю. А. ФИЛИНЧЕНКО
(1882-1930)



Н. К. КОЛЬЦОВ
(1872-1940)



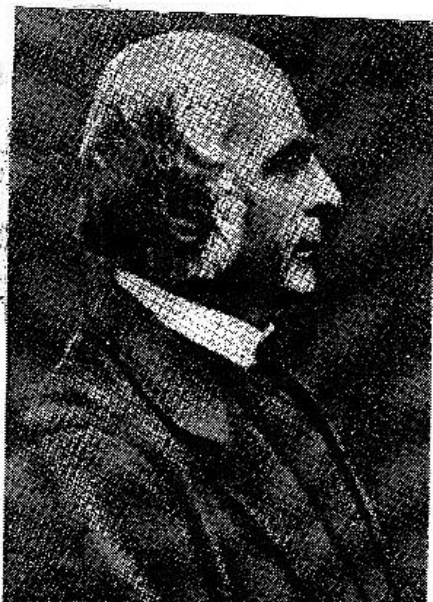
С. С. ЧЕТВЕРИКОВ
(1880-1959)



П. Ф. ШМАЛЬГАУЗЕН
(1849-1894)



Н. Н. БАВИЛОВ
(1887-1943)



Ф. ГАЛЬТОН
(1822-1911)

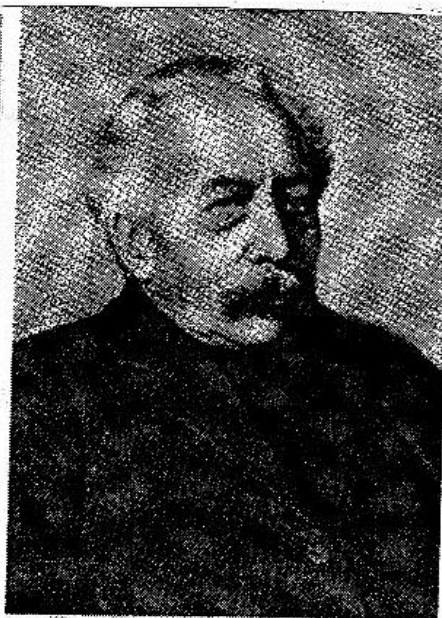


В. ИОХАННСЕН
(1857-1927)



Т. Г. МОРГАН

(1866-1945)



У. БЭТСОН

(1861-1926)

Сегодня генетика решает такие практические задачи, как:

- * выбор наиболее эффективных типов скрещивания и способов отбора;
- * управление развитием наследственных признаков;
- * искусственное получение новых наследственных измененных форм растений и животных;
- * разработка методов использования генетической инженерии для получения высокоэффективных продуцентов различных биологических активных соединений, а в дальнейшем и внедрение этих методов в генетику растений, животных и даже человека.

Генетика пользуется различными многими методами, но главным является – гибридологический анализ, т.е. скрещивание с последующим генетическим анализом потомства (напомним, что именно этот способ удачным образом использовал Г.Мендель в своих (ставших классической методой) опытах над растениями. Гибридологический анализ используется на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. При этом используются все методы современной биологии, химии, физики, математики. Но во всех случаях перечисленные методы являются вспомогательными к основному – генетическому анализу.

Основные понятия генетики.

Ген – участок молекулы ДНК, несущий информацию о возможности развития признака или синтеза белковой молекулы.

Доминантные гены – гены, проявляющиеся у гибридов и подавляющие развитие гомологичных или негомологичных им генов (А,В...).

Рецессивные гены – гены, подавляемые доминантными и не проявляющиеся в первом поколении гибридов (обозначаются малыми буквами а,в...).

Аллельные гены – гены, расположенные на одних и тех участках гомологичных хромосом и определяющие развитие одного признака.

Генотип – совокупность всех генов одного организма.

Фенотип – совокупность всех признаков одного организма, сформированных в процессе его индивидуального развития (фенотип включает в себя и видимые внешние признаки, и признаки, скрытые в недрах организма в виде биохимических процессов и анатомических структур).

Генофонд – совокупность всех генов, имеющих у особей, популяции или вида.

Гомозиготные организмы – организмы, имеющие одинаковые (аллельные) гены, доминантные или рецессивные, т.е. одинаковые признаки.

Гетерозиготные организмы – организмы, имеющие различные наследственные признаки (различные аллельные гены – и доминантные и рецессивные).

Гамета – половая клетка, имеющая одинарный (гаплоидный) набор хромосом.

Зигота – клетка, образованная при слиянии двух гамет (мужской и женской) и имеющая двойной (диплоидный) набор хромосом.

Закономерности наследственности.

В современной генетике сложились положения, характеризующие свойства наследственности (и наследственность как понятие):

- 1) наследственность является жизненно важным свойством всех живых организмов, заключающимся в том, что организмы обладают генами, локализованными (расположенными) в хромосомах; наследственность обеспечивает процесс (и его характер) индивидуального развития организма в определенной среде;
- 2) наследственная изменчивость обеспечивает многообразие жизненных форм, и на этой основе возможна биологическая эволюция;

- 3) основой индивидуального развития организмов являются биохимические механизмы, наследственно запрограммированные в молекулах ДНК и РНК. Наследственная информация передается с помощью генов, участков ДНК, определяющих прохождение (или не прохождение) биохимических реакций (метаболизма), в результате которых проявляются конкретные признаки, свойства (или не проявляются);
- 4) наследственная информация содержится в ядре клетки и в небольших количествах – в митохондриях и хлоропластах.

Основы менделизма.

Гибридологический метод для изучения явлений наследственности пытались применять давно. Еще до Менделя ряд исследователей проводил различные скрещивания с целью выявить закономерности наследования. Но успеха эти исследования не имели. Мендель добился блестящих результатов благодаря точной, продуманной методике исследований. Основным в методике Менделя было следующее:

- 1) При изучении явлений наследственности до Менделя исследователи обращали внимание на все (или многие) признаки вместе взятые (у растений или у животных) и пытались проследить, насколько похожи потомки на своих родителей по всей совокупности признаков. При таком методе каких-либо четких, конкретных выводов о характере наследования отдельных признаков сделать нельзя. Все сводилось к общим не конкретным выводам, что одни похожи в большей степени, другие в меньшей. Мендель же принялся изучать характер наследования отдельно взятых, конкретных признаков: одного, двух, трех (окраска семян, окраска цветков, форма семян у гороха). Поскольку им выбрана была четкая схема: признак – окраска семян гороха, а она бывает либо желтой, либо зеленой, то он, во-первых, назвал эти признаки **альтернативными** (на самом деле признак один – окраска семян, но выражается, проявляется он двояко – либо окраска желтая, либо – зеленая, т.е. альтернативные проявления признака), во-вторых, он исследовал характер проявления **только** этого признака в первом и следующем поколениях, сопровождая гибридологический анализ строгими математическими (арифметическими) подсчетами, т.е. проводил строгий количественный учет индивидуумов, семян с исследуемыми признаками;
- 2) Им проводился (как указано выше) количественный учет потомков, несущих изучаемые признаки.
- 3) Применялся индивидуальный анализ потомства от каждого растения в ряде поколений.

Эти простые приемы позволили Менделю глубже подойти к анализу явлений наследственности и установить важнейшие закономерности.

Большое значение имело то, что Мендель выбрал для своих опытов удачный объект – горох посевной. Это растение – строгий самоопылитель, который в обычных условиях никогда перекрестно не опылялся (у перекрестно опыляющихся растений подобного результата получено не было бы). С ними можно проводить подобные опыты лишь при условии выполнения обязательных специальных операций: удаление тычинок с цветков материнских растений и нанесение на пестики их пыльцы с других (взятых в качестве отцовской формы) растений и т.д.

Скрещивание, при котором исследуется характер наследования пары альтернативных признаков (но на самом то деле, одного признака с двумя возможными проявлениями) – называется **моногибридным скрещиванием**. В первом случае – окраска семян (зеленая – желтая). Возможен другой вариант – наблюдают за характером проявления сразу двух признаков, что и проводил Мендель.

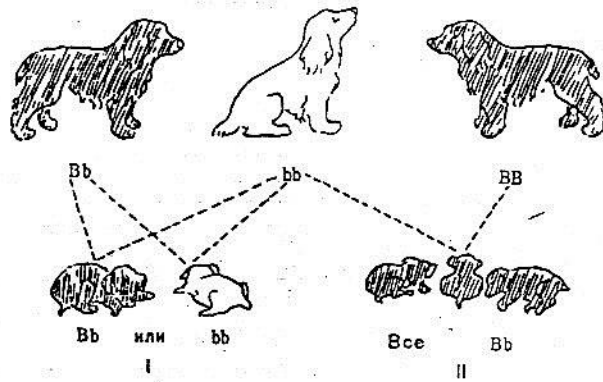


Рис. . . . Испытания по потомству на присутствие ре-
цессивного гена, вызывающего рыжую окраску шер-
сти у собак:
В — ген черной окраски; b — ген рыжей окраски.

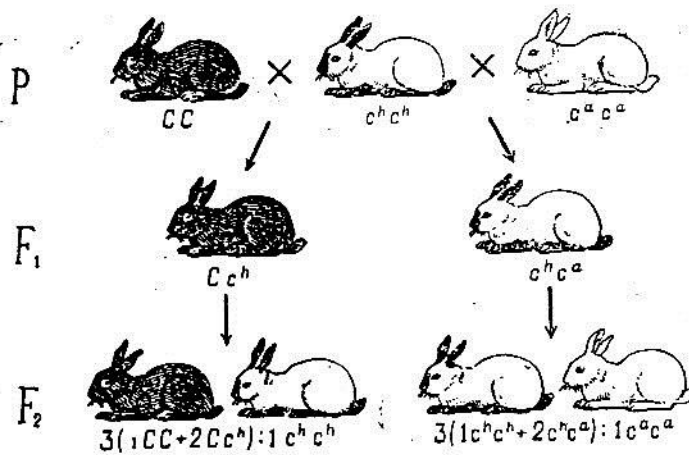


Рис. . . . Схема скрещиваний внутри серии множественных
аллелей.
C — черная окраска кролика; c^h — гималайская окраска; c^a — альбинос.

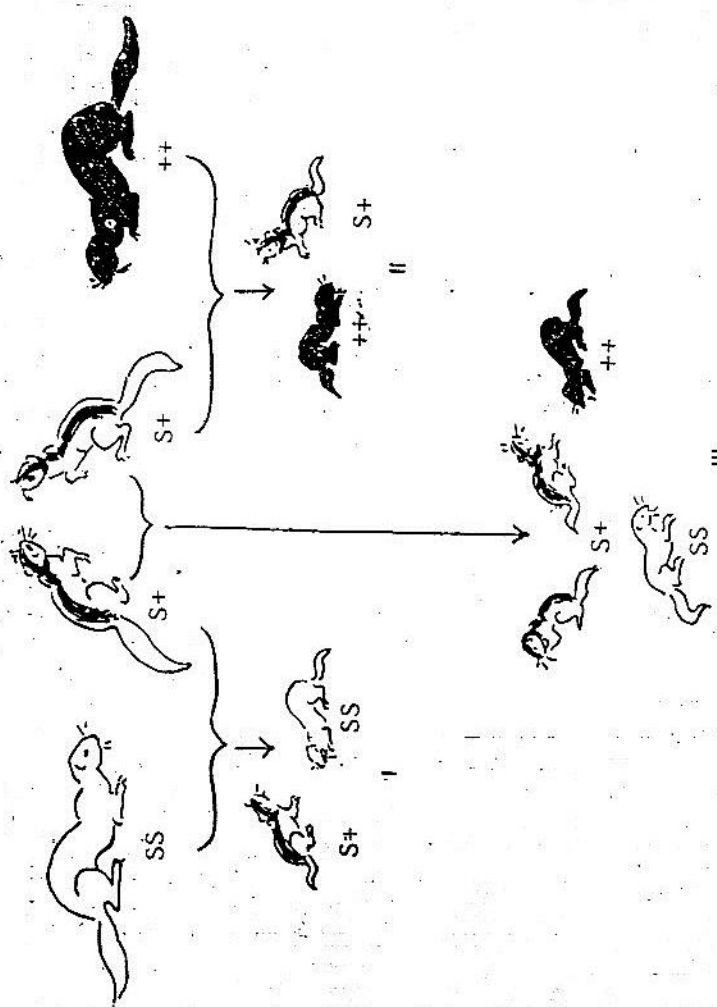


Рис. Наследуемость кохинуровой окраски меха у норки:
 I — кохинуровая норка, скрещенная с белой; II — кохинуровая, скрещенная с темной; III — кохинуровая, скрещенная между собой; S — ген белой окраски меха; + — ген темной окраски меха.

Он проводил анализ наследования у того же гороха проявления двух пар признаков: **окраска** — желтая, зеленая и **форма** семян — гладкая — морщинистая. Признак форма (поверхность) семян у гороха так же (на удачу Менделя) оказались четко наследуемые по альтернативному принципу. Такой опыт с анализом наследования двух пар признаков получил название — **дигибридное скрещивание**. Если же брались в анализ больше признаков, то опыт назывался **полигибридным скрещиванием**. Терминология эта была введена одним из переоткрывателей законов Менделя Гуго де Фризом в 1900 году. Но дело в том, что сколько бы не намечалось признаков для одновременного гибридологического анализа, каждая пара альтернативных признаков анализировалась отдельно с помощью математической обработки (т.е. проводился строгий количественный учет проявления — не проявления конкретного признака).

В результате опытов Менделя и других исследователей стало возможным установить законы наследственности (получившие название по имени Менделя):

I закон Менделя — **закон единообразия гибридов первого поколения**: при скрещивании в первом поколении проявляется доминантный признак;

II закон Менделя, или **закон расщепления**: при скрещивании гибридных особей первого поколения происходит расщепление признаков в третьем поколении;

III закон Менделя, или **закон комбинирования признаков**, он соответствует более сложным вариантам наследования, когда родительские пары отличаются друг от друга по двум и более признакам.

Хромосомная теория наследственности.

Уже в самом начале развития науки генетики – первом и втором десятилетиях XX века – была разработана **хромосомная теория наследственности**. Огромный вклад в развитие этой теории вложил американский генетик Т.Г.Морган (1866-1945).

Основные положения этой теории следующие:

- * гены располагаются в хромосомах в линейном порядке в определенной последовательности; каждый ген занимает определенное **место (локус)** в хромосоме;
- * в гомологических хромосомах аллельные гены занимают **одно и то же место**;
- * в результате удвоения хромосом происходит удвоение генов;
- * гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно; образуя **группу сцепления**;
- * число групп сцепления соответствуют гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида;
- * нарушение сцепленного наследования признаков может быть результатом кроссинговера (от англ. crossingover – перекрест хромосом, т.е. взаимный обмен участками у парных хромосом, что приводит к перераспределению – рекомбинации – сцепленных генов);
- * один ген может определять один или несколько признаков; так же возможно и противоположное явление, когда несколько генов определяют развитие одного признака;
- * гены относительно стабильны, но под влиянием факторов внешней среды способны к мутациям.

Существенным достижением генетики являлось выявление механизмов **наследования пола**. Важнейшая роль в генетическом определении пола принадлежит хромосомному набору зиготы. У человека 23 пары хромосом, 22 из них одинаковы и у мужских и у женских организмов, а одна пара различные, находятся у мужских организмов.

Половые хромосомы условно обозначают знаками X и Y. У женских организмов пара половых хромосом одинаковы – XX, у мужских – разные XY, точнее X-хромосома у мужских организмов точно такая как у женских, а Y-хромосома совершенно другая и к тому же очень мала по размерам, имеет особую форму. Самое главное отличие Y-хромосомы от X-хромосомы в том, что Y-хромосома не несет, конечно, той наследственной информации, которая сосредоточена в X-хромосомах. Понятно, что оказавшись в организме пара XX-хромосом передадут ему объем наследственной информации, отличающихся от объема (и конкретного содержания) информации привнесенной в организм парой XY-хромосом. Таким образом, различия в объеме и содержании наследственной информации обуславливает проявляющиеся различия по полу.

В хромосомах размещается наследственная информация в полимерной молекуле – **дезоксирибонуклеиновой** кислоте – ДНК. Молекула эта состоит из двух полимерных цепей, состоящих из нуклеотидных групп. Состав нуклеотида – одно из четырех азотистых оснований (аденина, гуанина, тимина, цитозина), остатка фосфорной кислоты – PO_4 и молекулы пентозного сахара.

ДНК состоит из двух длинных цепей этих полимеров, соединенных посредством водородных связей между собой (соединение это осуществлено между напротив друг друга размещенными нуклеотидами). И эта двойная, точнее двунитчатая молекула ДНК закручена в спиралевидную структуру. Активность ДНК наступает во время ее раскручивания, когда освободившиеся, вытянутые одинарные нити чередующихся нуклеотидных группировок мо-

гут проявить свои функции. Размещенные по одинарной нити ДНК нуклеотиды кодируют (зашифрованную в них наследственную информацию). Единицей кода является определенная тройка нуклеотидов, называемая – **триплет**. Каждый триплет кодирует одну аминокислоту. Несколько триплетов кодируют последовательность и количество аминокислот, из которых может состоять тот или иной белок. Суть, таким образом, в том, что последовательность нуклеотидных групп – триплетов – обуславливают последовательность и конкретный состав аминокислот, количество и последовательность аминокислот в белковой молекуле – дает тот или иной белок (фермент). Такой биохимический синтез белка в клетке происходит посредством деятельности нескольких видов рибонуклеиновых кислот – РНК. Это одностранные полимерные или маломерные группировки РНК, которые выполняют специфические каждому виду РНК функции. Есть РНК информационная (п-РНК), передающая запись (кодовой) информации в ДНК. Есть РНК транспортная, которая согласно этой записи «подтаскивает» соответствующие нуклеотидные группировки с создаваемыми копиями ДНК и т.д. То есть, через сложную и слаженную работу молекул РНК, осуществляется и сборка новых копий ДНК в процессе ее удвоения (размножения), например, в мейозе, либо передача информации о синтезе белков-ферментов в клетке для непрерывного осуществления клеточного метаболизма (ведь мы помним, что в наших клетках и в клетках всех организмов ни одна биохимическая реакция, даже ее отдельный фрагмент, **не происходит** без каталитического участия соответствующего фермента).

Изменчивость.

Свойству наследственности (способности организмов передавать потомству признаки и свойства) «противостоит» свойство **изменчивости** признаков и свойств.

Изменчивость бывает двух типов: **наследственная или генотипическая** – связанная с изменением в наследственном аппарате организма (на глубоком, молекулярном уровне, когда изменения затрагивают структуру хромосом, т.е. генов) и изменчивость **ненаследственную** – которая возникает под влиянием различных факторов внешней среды, (но не затрагивающая генетических основ организма) проявляется в индивидуальном развитии каждого организма.

Мутационная изменчивость (мутации) являются спонтанными скачкообразными изменениями генетического информационного материала – хромосом, отдельных их участков или конкретных генов. Это естественные процессы, имеющие определенную частоту встречаемости. Но мутационная изменчивость связана еще с воздействием мощных факторов внешней среды на наследственные структуры клеток. Это – ионизирующие излучения, температура, электромагнетизм, некоторые химические воздействия (мутагены).

Мутации (в частности положительные) дают материал для осуществления естественного отбора и, таким образом, служат основой эволюционного развития живой материи.

Методы генетики человека

1. Генеалогический – заключается в исследовании предков человека за возможно большее число поколений.
Позволяет установить характер наследования различных генов.
2. Близнецовый – состоит в изучении развития признаков у близнецов.
Позволяет выявить в какой мере фенотипическое проявление признака обусловлено условиями среды.
3. Цитогенетический – заключается в микроскопическом исследовании хромосомного набора.
Позволяет диагностировать на ранних стадиях развития наследственные заболевания, обусловленные хромосомными мутациями.
4. Биохимическими методами изучают наследственно обусловленные нарушения обмена веществ.

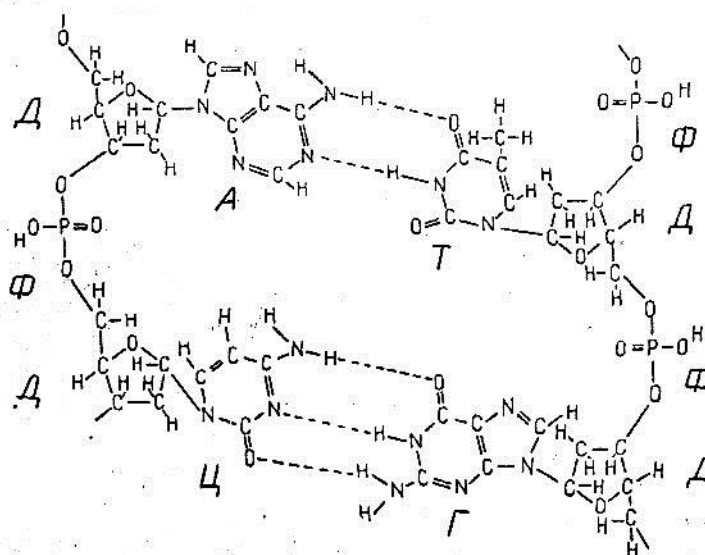
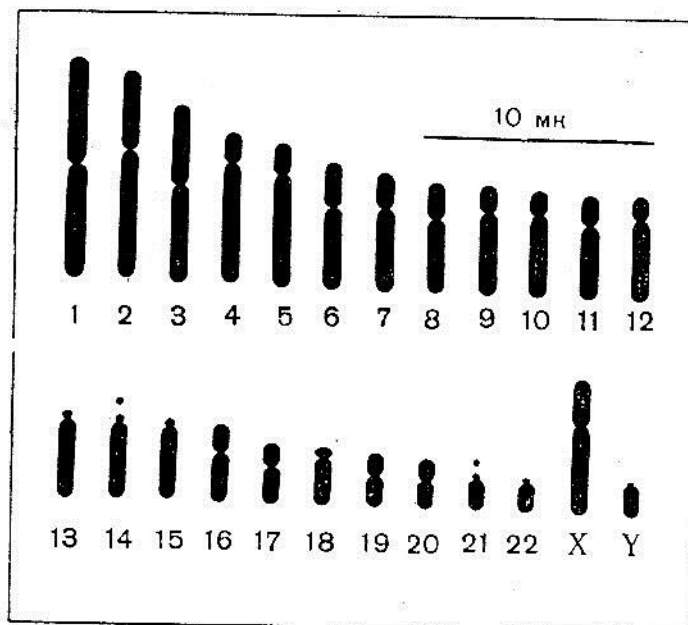


Рис. 22. Строение участка нативной (двойной) цепи ДНК:
 А — аденин; Т — тимин; Г — гуанин; Ц — цитозин; Д — дезоксирибоза;
 Ф — фосфатный остаток.



Идиограмма хромосомного набора человека.

Типы соотношения половых хромосом

Организмы	Гетеро- гаметный пол	Гаметы		Зиготы	
		сперми	яйцеклет- ки	самки	самцы
Человек, дрозофи- ла и др.	Самец	X и Y	X и X	XX	XY
Клоп (Protenor)	Самец	X и O	X и X	XX	XO
Кузнечики	Самец	X и O	X и X	XX	XO
Птицы, бабочки	Самка	X и X	X и Y	XY	XX
Моль	Самка	X и X	X и O	XO	XX

Реакция агглютинации эритроцитов между различными группами крови

Группа крови реци- пиентов	Антигены эритро- цитов	Антитела сыворотки	Реакция агглютинации сыворотки реци- пиента с эритроцитами четырех групп крови доноров			
			O	A	B	AB
O	O	α и β	—	+	+	+
A	A	β	—	—	+	+
B	B	α	—	+	—	+
AB	A и B	—	—	—	—	—

Примечание. Знаком плюс обозначена реакция агглютинации (передивание крови проводить нельзя), знаком минус — отсутствие этой реакции.

Группы крови потомков от браков людей с разными группами крови

Варианты	Группы крови родителей	Возможные группы крови потомков	Невозможные у потомков при данном браке группы крови
1	O × O	O	A, B, AB
2	O × A	O, A	B, AB
3	A × A	O, A	B, AB
4	O × B	O, B	A, AB
5	B × B	O, B	A, AB
6	A × B	O, A, B, AB	—
7	O × AB	A, B	O, AB
8	A × AB	A, B, AB	O
9	B × AB	A, B, AB	O
10	AB × AB	A, B, AB	O

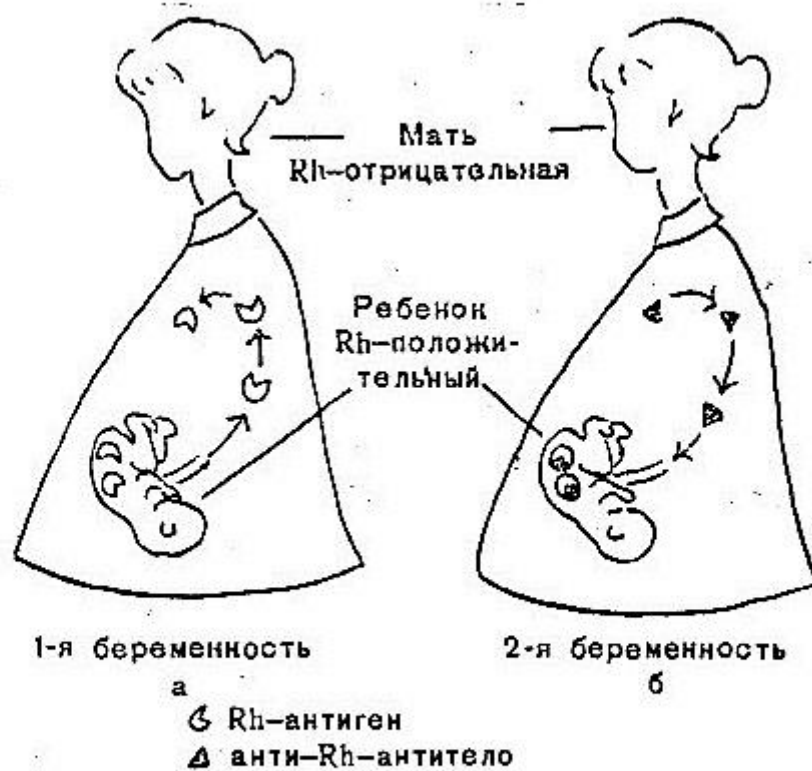
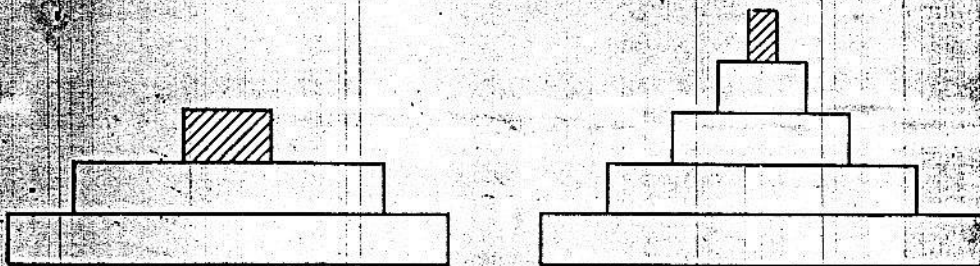


Рис. Схема взаимодействия Rh-отрицатель-
ной матери с Rh-положительным плодом.

Чем длиннее такая кормовая цепь, тем меньше значения имеют плотоядные, расположенные на вершине пирамиды.



При изображении кормовых цепей хищников, если рассматривается только число особей или их биомасса, получаются пирамиды, подобные



Упрощенная пирамида чисел (Bates, 1961), представляющая очень простую кормовую цепь: злаки — кузнечики — лягушки — змеи — орел.

показывают (пирамиды чисел, пирамиды биомасс). На рис. 3 схематически изображена кормовая цепь, в которой каждое звено представлено одним-единственным видом.

Биотехнология.

Генетическая и клеточная инженерия.

Биологические технологии (биотехнология) – это использование живых организмов и биологических процессов в производственной практике получения необходимых человеку продуктов. Это направление основано на возможностях микробиологической науки, генетике микроорганизмов и др. Человечество уже давно освоило ряд биотехнологических приемов: виноделие, хлебопечение, сыроделание и др., которые основываются на жизнедеятельности микроорганизмов (в данном случае – грибы-дрожжи).

Биотехнологические приемы используются при очистке сточных вод, переработке хозяйственных отходов. Широко применяются различные микроорганизмы (бактерии, нитчатые грибы, актиномицеты, дрожжи) во многих биотехнологиях. За счет жизнедеятельности микроорганизмов на специально подобранных питательных средах в биореакторах нарабатываются белки, в том числе ферменты, лекарственные препараты и др.

На отходах нефтяной промышленности растут бактерии и дрожжи. Широко используются микроорганизмы и в биотехнологиях по обеспечению домашних животных полноценными кормовыми белками. Биотехнологиям предстоит решать и энергетическую проблему, как, например, ферментативная переработка целлюлозосодержащих отходов, в результате чего можно получить глюкозу, а из нее спирт – энергетический материал для использования в качестве топлива. Разрабатываются способы получения «биогаза».

Одной из перспективных направлений биотехнологии явилось возникшее на основе выделения генов из ДНК и методики размножения нужных генов (П.Берг, США, 1972) – **генной (генетической или клеточной) инженерии**. Внедрение в живой организм чужеродной генетической информации, генетическое манипулирование с целью изменения существующих и создания новых генотипов может оказаться важнейшей и перспективной деятельностью в области генной инженерии.

Генная инженерия давно применяется в фармакологии, микробиологии, например, с помощью молекулярных проб (фрагментов ДНК) можно определить зараженность донорской крови вирусом СПИДа. Имеются различные технологии улучшения имеющихся вакцин, создания новых.

Клеточная инженерия занимается генетическими манипуляциями с отдельными клетками или группами клеток. В настоящее время уже имеются методики оплодотворения в пробирке яйцеклетки с последующей имплантацией ее в матку (так называемые «дети из пробирки»).

Аналогичные достижения имеются применительно к проблемам животноводства, в частности, можно изменить генотип особи животного.

Отметим и, ставшее уже общеизвестной, проблему клонирования. Если на организменно-тканевом уровне человечество занимается **клонированием (размножением с помощью отдельных тканей – клубни картофеля и др. клубнеплодов, черенками, т.е. частью побегов и т.д.)**, то сейчас растительный организм можно получить из одной его клетки (клональное микроразмножение).

Следует, однако, иметь в виду и то, что возможности генной инженерии таят опасные стороны в том смысле, что технологии эти могут быть направлены на создание и новых патогенных вирусов, и создание новых видов бактериологического оружия, что нельзя считать благоприятной ситуацией для человеческой цивилизации.

В 1997 году в Шотландии Я.Вильмут разработал методику клонирования млекопитающих, была создана овечка Долли, несущая весь генотип своей матери.

Сразу после этого прецедента в мире возникли дискуссии по проблеме клонирования человека. На самом деле это стало в принципе возможным. Однако, по вполне понятным основаниям – юридическим, этическим, религиозным и т.д. могут возникнуть проблемы. Например:

- * подрыв нравственных ценностей человечества;
- * неблагоприятное влияние на социальную и биологическую устойчивость человеческой популяции;
- * возможное зарождение цивилизации с иными нравственными критериями (или их отсутствием);
- * появление криминальных объединений исследователей, использующих достижения генной инженерии в противоправных целях.

Следовательно, нравственные и социальные стороны использования достижений генетики в интересах человека должны находиться под общественным контролем, подвергаться широкому обсуждению, быть в поле внимания властей.

Вопросы для самопроверки.

- 1) Понятие «жизнь, живая материя» в определениях различных ученых и современное общепринятое определение.
- 2) Каковы отличия живой материи от не живой?
- 3) Структурные уровни организации живой материи.
- 4) Каковы основные гипотезы возникновения жизни на Земле?
- 5) Основные этапы формирования живой материи по гипотезе академика А.И.Опарина.
- 6) Почему клетку считают элементарной единицей живой материи?
- 7) Укажите на основные положения эволюционной теории Ч.Дарвина.
- 8) Как вы можете связать понятия: эволюционная картина мира, эволюция живой материи, глобальный эволюционизм?
- 9) Дайте определения наследственности и изменчивости.
- 10) Раскройте понятия: «наследование», «ген», «геном», «генофонд».
- 11) Что такое «генотип» и «фенотип»? почему принято считать, что генотип определяет фенотип?
- 12) Что такое генетический код? Каково его значение?
- 13) В чем суть гибридологического анализа?
- 14) Что значит признак «доминантный» и признак «рецессивный»?
- 15) Какие организмы считаются гомозиготными, а какие – гетерозиготными? Что при этом следует иметь в виду?
- 16) В чем суть методов Менделя?
- 17) В чем суть законов наследования по Менделю?
- 18) В чем особенность изучения генетики человека?
- 19) В чем заключается хромосомная теория наследственности?
- 20) Что можете рассказать о биотехнологиях?
- 21) Что можете сказать о генной инженерии?
- 22) Раскройте суть понятия «клонирование» и его значение.

Тема 15

Биосфера и ее эволюция

15.1. Учение о биосфере.

Земля существует миллиарды лет. Ее поверхность подверглась изменениям. Это стало происходить интенсивно с появлением на Земле живой материи. Преобразования эти происходили по мере развития живой материи, ее усложнения и распространения на планете. Это связано с **геохимической ролью живой материи**: она поддерживает газовый состав атмосферы, состав морских и пресных вод, почвы и климат в равновесном состоянии.

С определенного времени (начиная с Ж.Ламарка) в науке появилось представление о существовании на нашей планете пространства, где есть жизнь. Это пространство следовало как-то именовать. В 1875 г. австрийский ученый Э.Зюсс (1831-1914) предложил термин – «биосфера».

В 1926 г. в СССР вышла книга выдающегося русского ученого В.И.Вернадского «Биосфера». Еще ранее он дал одно из первых своих определений **живого вещества**: «Под именем **живого вещества** я буду подразумевать всю совокупность организмов, растительных и животных, в том числе и человека».

По Вернадскому живое вещество – **это то звено, которое соединяет историю химических элементов с эволюцией организмов и человека (в том числе), а также с эволюцией всей биосферы.**

Состав биосферы можно представить следующим образом (исходя из учения Вернадского):

- * живое вещество, образованное совокупностью организмов;
- * биогенное вещество, которое создается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, известняки и др.);
- * косное вещество, образующееся без участия живых организмов (основные породы, лава вулканов, метеориты);
- * биокосное вещество, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов (почвы).

Эволюция биосферы происходила как сопряженный процесс с непрерывными химическими превращениями (химической эволюцией) на планете, с биологической эволюцией (эволюцией живой материи) и с развитием человеческого общества.

Из изложенного выше можно заключить, что биосфера развивалась и может существовать в тесной взаимосвязи со всеми, нам известными, сферами Земли – атмосферой, литосферой и гидросферой. Верхняя граница, куда добираются представители живого – это высота около 20 км от поверхности земли. Выше – озоновый слой, преграждающий вредное влияние Солнечного излучения (ультрафиолетового). Гидросфера земли заселена живыми организмами до самого океанического дна, примерно до 11 км. Литосфера земли содержит массу живых организмов, в основном в приземном пространстве и в почвенном слое (глубина несколько метров).

Академик В.И.Вернадский убедительно показал, что биосфера, а именно, живой ее компонент – живые организмы – осуществляют обширную **геологическую** деятельность, преобразуя солнечную энергию (фотосинтез), оказывая мощное воздействие на геологические процессы. Особенность заключается в том, что жизнедеятельность организмов является регулятором планетарного круговорота вещества: биосфера получает энергию Солнца, преобразует ее с помощью деятельности автотрофных организмов (зеленых растений), накапливает органическое вещество. Это вещество подвергается в сложной системе преобразования энергии солнца в энергию геохимических процессов: - значит биосфера – **открытая система**. Таким образом, можно считать, что живые организмы, регулируя круговорот веществ на земле, служат мощным геологическим фактором, формирующим, преобразующим внешний облик нашей планеты.

15.2. Живое вещество биосферы осуществляет следующие функции:

- газовую – поглощение и выделение газов;
- окислительно-восстановительную – окисляет, например, углеводы до CO_2 , и восстанавливает CO_2 до углеводов;
- концентрационную – организмы-концентраторы накапливают в своем теле азот, фосфор, кремний, кальций, магний.

В результате своей жизнедеятельности живое вещество биосферы из минеральных веществ создает природные воды и почвы, создало и поддерживает в равновесном состоянии атмосферу. При участии живого вещества происходят процессы выветривания, и горные породы включаются в геохимические процессы.

Газовая и окислительно-восстановительная функции живого вещества выражаются через процессы фотосинтеза и дыхания. Зеленые растения потребляют из атмосферы огромные количества CO_2 , который в процессе фотосинтеза становится основой для формирования углеводов и далее, для биосинтеза белка и других органических веществ. Биомасса зеленых растений, увеличиваясь на планете, наполняла атмосферу кислородом, а углекислый газ в составе атмосферы сокращался.

Многие микроорганизмы – железобактерии, серобактерии и т.д. приводят к образованию осадочных железосодержащих руд, восстанавливают сульфаты, образуют биогенные месторождения серы.

Живое вещество обладает специфическими свойствами:

1. Содержит огромный запас энергии.
2. В живых организмах химические процессы идут со скоростью, превышающей процессы в неживом веществе в тысячи и миллионы раз.
3. Химические соединения, входящие в состав живого вещества (белки, ферменты и др.), проявляют устойчивость только в живых организмах.
4. Живое вещество проявляет две формы движения: пассивную (рост, размножение) и активную (направленное перемещение). Первое свойство присуще всем живым организмам. Второе относится к животным организмам (очень редко у растений).
5. В живой природе гораздо больше химического и морфологического разнообразия, чем в неживой.
6. Живое вещество в биосфере Земли находится в виде дисперсных тел – индивидуальных организмов. Размеры и масса живых организмов колеблются в больших пределах (от микроорганизмов до гигантов (киты, слоны)).
7. Живое вещество возникает только из живого и существует на Земле в форме чередующихся поколений.

Живые организмы распределены в биосфере очень неравномерно. На большой высоте от поверхности Земли и в глубинах гидросферы и литосферы их немного. Жизнь протекает в основном на поверхности земли, в приземном слое, в почве и в поверхностном слое океана.

Растения на Земле составляют 21% от общего числа видов, составляют 99% общей биомассы.

Среди животных 96% видов представлены беспозвоночными и только 4% - позвоночных, из которых только 10% - млекопитающие. Как видим, организмов, относящихся к низкоорганизованным видам значительно больше.

Живое вещество биосферы составляет 0,01-0,02% от косного вещества. Однако, в геохимических процессах живое вещество играет ведущую роль, производя примерно 10% биомассы ежегодно.

Итак, живое вещество в биосфере осуществляет следующие функции:

1. Энергетическая – поглощение солнечной энергии и энергии хемосинтеза, дальнейшая передача энергии по пищевым цепям (трофические связи);
2. Концентрационная – избирательное накопление химических веществ;
3. Средообразующая – преобразование физико-химических параметров среды;
4. Транспортная – перенос веществ в вертикальном и горизонтальном направлениях;
5. Деструктивная – минерализация неабиогенного вещества, разложения неживого органического вещества.

15.3. Биосфера – экосистема всей планеты.

Поверхность нашей планеты представляет различные рельефы (материки, океаны, моря, реки, горы, долины, ледники, пустыни и т.д.). Если мы рассмотрим растительные ландшафты, то обнаружим мозаику разнообразных растительных сообществ со своим колоритом и обликом. Мы знаем, что растительный мир, а точнее **растительные формации – фитоценозы** тем больше обращают к себе внимание, чем они имеют больше **биомассу**, т.е. совокупность биологической массы, созданной фотосинтезом. Это леса, степи, сельхозугодия, пустыни, растительность океанов и пресных вод. Фитоценозы подразделяются в соответствии с тем, какие растения доминируют в них: экваториальные густые, мягколистные, вечнозеленые, зимнезеленые леса, - где присутствуют и вечнозеленые и листопадные растения, листопадные леса умеренного климата, степи и саванны, луга, жаркие пустыни, холодные пустыни.

Если растительный мир в определенном конкретном локусе земли рассматривать вместе с населяющими эту же территорию животными, птицами, насекомыми (почвенными и наземными), то это называется – **биом** или **биоценоз**. Если все живое население данного местообитания биоценоза (биома) рассматривать вместе (со средой обитания в их взаимосвязи), то это называется – **биогеоценоз**. Каждый представитель живых организмов (особь, вид, сообщество) зависят от факторов внешней среды – **абиотических факторов среды**.

Совокупность всех организмов, входящих в биом (биоценоз) с взаимоотношениями их между собой и всех их со средой обитания – называется **экологической системой**, которая включает в себя следующее:

- * биом (биоценоз) – фитоценозы, зооценозы, микробиоценозы, микоценозы и все пищевые и хорологические связи (связи, образующиеся между организмами биома в борьбе за свет, пищу, воду, за защиту от неблагоприятных условий и врагов), которые их объединяют;
 - * факторы среды – экотоп: климатоп, эдафотоп.
- Экосистемы могут быть разного масштаба:
- * микроэкосистема (гниющий пенек срезанного дерева, даже временно образовавшаяся лужа и т.д.);
 - * мезоэкосистема (лесная ассоциация и др.);
 - * макроэкосистема (океан и др.).

Все экосистемы земли в совокупности дают нам представление о гигантской глобальной **экосистеме земного шара**, т.е. о **биосфере земли**.

Любая экосистема, в конечном счете, представляет собой процессы создания, накопления, циркуляции и трансформации веществ (потенциальной энергии) в процессах деятельности живых организмов и их обмена веществ (метаболизма).

Рассматривая жизнедеятельность экосистем любого масштаба (до биосферы включительно), мы должны увязывать эту жизнедеятельность с представлением о круговоротах веществ (о которых отчасти была речь выше). Исследованиями географического распределения веществ, используемых растениями и животными, анализом их круговоротов занимается – **биогеохимия**. К главным циклам экосистем (и биосферы в целом) являются биогеохимические циклы (или круговороты) углерода, азота, фосфора, серы, биогенных катионов и, конечно же, воды. (Следует отметить, что в масштабе биосферы изучать циклы упомянутых веществ – занятие малопродуктивное. Эффективнее изучать процессы меньших масштабов).

15.4. Пищевые связи, трофические цепи и сети.

Биом обычно рассматривается как совокупность различных групп по кормовой зависимости друг от друга.

1. **Продуценты** – организмы, которые используют энергию солнечного света (фотосинтезирующие зеленые растения) и хемосинтезирующие микроорганизмы (использующие для своего развития энергию химических связей), создают органическое вещество и дают начало пищевым цепочкам (трофическим цепям и сетям).

2. **Консументы** – организмы, которые питаются готовыми органическими веществами, созданными продуцентами. Их три группы:

- консументы первого порядка, существующие непосредственно за счет продуцентов. Это растительноядные животные, пожирающие ткани (тело) продуцентов; сюда относятся и растительные и животные **паразиты** зеленых растений (паразитируя, они оставляют ее в живых);
- консументы второго порядка, питающиеся консументами первого порядка; к ним относятся плотоядные, питающиеся растительноядными;
- консументы третьего порядка, питающиеся консументами второго порядка. Это плотоядные, питающиеся плотоядными же.

Консументы второго и третьего порядков представлены огромным количеством видов, ведущих различный образ жизни, различные размеры, относящиеся к различным систематическим (классификационным) группам в т.ч. и паразиты животных.

3. Организмы, осуществляющие разложение органического вещества, или **биоредуценты**, питающиеся трупами или экскрементами. Они различают их, способствуя постепенной минерализации органической материи и ее возврату в неорганическую среду (круговорот веществ, биохимические циклы).

Кормовые цепи разделяют на три группы:

- **цепи хищников**. Начало дают продуценты, создающие из минеральных веществ органическую массу; их поедают растительноядные, которые становятся пищей для хищников, которые в свою очередь могут служить пищей для более крупных хищников;
- **цепи паразитов**. Начало дают организмы более крупные, продолжают паразитами более мелкими;
- **цепи сапрофагов**. Начало – мертвое органическое вещество, продолжение микроорганизмами.

Один и тот же продуцент может служить кормом для различных растительноядных, а они – различным хищникам. Поэтому в биоце (биоценозе) создается сложное множество кормовых цепей, переплетающихся между собой в, так называемые, **трофические (кормые) сети**.

15.5. Учение академика В.И.Вернадского об основных принципах устройства биосферы.

1. Целостность биосферы определяется самосогласованностью всех процессов в биосфере, ограниченных физическими константами, уровнем радиации и др.

2. Земные законы движения атомов, преобразования энергии являются отражением гармонии космоса, обеспечивающей гармонию и организованность биосферы.

3. Живое вещество биосферы с древнейших геологических времен активно трансформирует солнечную энергию в энергию химических связей сложных органических веществ. При этом сущность живого вещества постоянно, изменяется лишь форма существования живого.

4. Чем мельче организмы, тем с большей скоростью они размножаются. Скорость эта зависит от плотности живого вещества. Растекание жизни – результат проявления ее геохимической энергии.

5. Автотрофные организмы получают все необходимое для жизнедеятельности из окружающей косной материи. Для жизни гетеротрофов необходимы готовые органические вещества. Распространение фотосинтезирующих организмов (автотрофов) ограничивается возможностью проникновения солнечной энергии.

6. Активная трансформация живым веществом космической энергии сопровождается стремлением к максимальной экспансии, стремлением к заполнению всего возможного пространства. Этот процесс В.И.Вернадский назвал «давлением жизни».

7. Формами нахождения химических элементов являются горные породы, минералы, магма, рассеянные элементы и живое вещество. В земной коре происходит постоянный процесс превращения веществ, круговороты, движения атомов и молекул.

8. Распространение жизни на нашей планете определяется полем устойчивости зеленых растений. Максимальное поле жизни ограничивается крайними пределами выживания организмов, которое зависит от устойчивости химических соединений, составляющих живое вещество, к определенным условиям среды.

9. Количество живого вещества в биосфере постоянно и соответствует количеству газов в атмосфере, прежде всего кислорода.

10. Всякая система достигает устойчивого равновесия, при котором свободная энергия системы приближается к нулю.

Эволюция биосферы в трудах В.И.Вернадского занимает особое место. Его концепция развития биосферы состоит из **трех положений**. Первое – возникновение первичной биосферы с биотическим круговоротом веществ. **На этом этапе** ведущими факторами являлись **геологические и климатические изменения** на Земле. **Второй этап – усложнение структуры биосферы** в результате появления одноклеточных и многоклеточных эукариотных организмов. Движущим фактором выступала биологическая эволюция. **И третий этап – возникновение человеческого общества** и постепенное превращение биосферы в **ноосферу**. Движущей силой в этом процессе является разумная деятельность человека, обеспечивающая рациональное регулирование взаимоотношений человека и природы. Термин «ноосфера» (от греч. noos – разум) буквально означает – «сфера разума». Французский ученый (палеонтолог, антрополог и математик) Э.Леруа (1870-1954) ввел этот термин в научный обиход в 1927 году. Современник (и единомышленник) Э.Леруа французский антрополог, теолог и философ П.Тейяр де Шарден поддерживал первого в убеждении, что ноосфера образуется, как результат постепенного эволюционирования биосферы в ноосферу. В учении В.И.Вернадского о биосфере «живое вещество» преобразует поверхностную оболочку Земли. Все более интенсивное вмешательство человека в процессы существования биосферы превращает это вмешательство в глобальную геологообразовательную силу. Таким образом, автоматически человечество становится ответственным за созданную им цивилизацию, за эволюцию планеты, а стало быть, человек обязан соизмерять свои потребности и возможности биосферы. Воздействие на нее должно **быть дозировано разумом** в ходе эволюции биосферы и общества. Изменения биосферы должны происходить **в интересах человека, но без ущерба для биосферы**. Такое взаимоотношение человека и биосферы называется **коэволюцией**.

В.И.Вернадский, придавая особое значение роли человека в преобразовании земли в понятие «ноосфера», вкладывает разные смыслы:

- * как состояние планеты с учетом человека с его колоссальной преобразующей геологической силой;
- * как область проявления научной мысли;
- * как главный фактор перестройки и изменения биосферы.

В настоящее время под **ноосферой** необходимо понимать сферу взаимодействия человека и природы, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития.

Новейший исторический период взаимодействия человека и биосферы характеризуется тем, что деятельность человека вышла за пределы земной биосферы – распространяется в космос.

Влияние космоса, космических факторов на происходящие процессы и явления на Земле нам (и древним людям даже) известно. Влияние и роль солнечного излучения на жизнедеятельность биосферы Земли, влияние Луны на физические явления земли (приливы, отливы и т.д.) и многие другие факты воздействия космических факторов на земные процессы человеком оценивалось, однако, недостаточно. Это было связано с недостаточным уровнем научно-технической подготовленностью человека. В XX веке был накоплен большой объем знаний и технических возможностей. В этом большое значение имеют и российские ученые: Н.Ф. Федоров (1829-1903), А.Л. Чижевский (1897-1964), К.Э. Циолковский (1857-1935), В.И. Вернадский (1863-1945) и др.

А.Л.Чижевский одним из первых установил влияние Солнца на физические, биологические и социальные процессы, происходящие на Земле.

Первый представитель русского космизма Н.Ф.Федоров высказал оригинальные идеи по изучению, освоению космоса и даже расселения людей в космосе.

Эти идеи А.Л.Федорова успешно развивал гениальный русский ученый и инженер К.Э.Циолковский, основоположник теории ракетостроения. Он же автор оригинальных идей «космической философии». К.Э.Циолковский был убежден в том, что живая материя на Земле, а также феномен – человеческий разум – не одиноки во Вселенной. В самом деле, трудно утверждать, что во всей безграничной Вселенной лишь только маленькая планета Земля в солнечной системе удостоилась формирования на ней живой материи. По его мнению, в космическом пространстве, скорее всего, имеются тела (и имелись ранее), имеющие, может быть, более совершенную организацию разумной материи. Кстати, К.Э.Циолковский в своих рассуждениях Землю и жизнь земную относит к категории высших, совершенных существ. Вселенной. Нравственной, космической задачей Земли он считал выход землян в космос и внесение своего вклада в совершенствование Космоса. Будучи, по сути, одним из первых создателей средств для путешествия в космос, К.Э.Циолковский видел свою личную задачу (как специалиста) оказать помощь людям в организации переселения людей на другие космические объекты. Все это и его идеи о единстве разнообразных миров Космоса, постоянном совершенствовании Вселенной и, в том числе, человека, выходе человечества в Космос – содержит важный мировоззренческий и гуманистический смысл.

Противоречия в системе: природа-биосфера-человек.

Окружающая человека природа очень сложна, многообразна и, тем не менее, представляет единое целое. Человечество же непрерывно наращивает средства и возможности воздействия на природу. А это все чаще становится вредоносным для окружающей человека среды. Распространение вредного воздействия на природу в результате человеческой деятельности все более и более становится опасным, не поддающимся прогнозированию и просто непредсказуемым. В ответ на все «несогласованные» с природой воздействия человек получает все новые и новые проблемы. Приписываемый, якобы, И.В.Мичурину лозунг – «Мы не должны ждать милости от природы! Взять их у нее – наша задача!», обернулся на деле крупными ошибками в природопользовании, накоплением кризисных ситуаций в этой сфере, большими потерями ресурсов и экономического ущерба (в СССР-России).

15.6. Основы экологии

Экология (от греч. oikos – дом, жилище, logos – знание, учение) – наука о взаимодействии живых организмов между собой и с внешней средой (средой обитания). Введен термин «экология» в обиход в 1866 году немецким биологом Эрнестом Геккелем (1834-1919).

Общая экология изучает общие закономерности взаимоотношений живых организмов земли внутри вида, между собой и их взаимодействия с окружающей средой (средой обитания).

Э.Геккель полагал, что экология должна заниматься, именно, выше названными взаимоотношениями животных и растений между собой и внешней средой. Однако сегодня экология представляет собой огромную разветвленную систему экологических научных направлений (см. структуру современной экологии). Чрезвычайно серьезное направление современной экологии это **социальная экология**, рассматривающая вопросы взаимодействия человеческого общества с природой. Сегодня является общепризнанным, что **экологическая ситуация в мире** достигает критического состояния (впрочем в той или другой степени кризисные ситуации имеют место давно в ряде районов Земли). Первая Конференция ООН по окружающей среде в 1972 году официально констатировала наличие на Земле глобального экологического кризиса. В 21-е столетие мир вступил уже с не локальными кризисными проблемами, а с глобальными:

- * уничтожены и продолжают уничтожаться тысячи видов растений и животных;
- * Мировой океан не только истощается в результате уничтожения его животного и растительного населения, но и, как результат, становится неспособным выполнять регулирующую роль в глобальных процессах;
- * уровни загрязнения гидросферы, атмосферы и литосферы во многих регионах планеты превышают предельно допустимые концентрации (ПДК), дефицитом становится чистый воздух, а чистая питьевая вода является давно, и возникает реальная угроза глобального кризиса питьевой воды;
- * с катастрофической скоростью истощаются запасы полезных ископаемых;
- * стремительно сокращаются запасы биологических ресурсов (леса, растительный и животный мир, биоресурсы океанов и т.д.);
- * на поверхности планеты повсеместно следы человеческой деятельности, в том числе, начиная от химического, физического загрязнения до уничтожения целых ландшафтов;
- * происходит потепление климата планеты, что во многом объясняется «парниковым эффектом» (не контролируемые выбросы газов и аэрозолей в атмосферу).

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Экология – наука о взаимоотношениях организмов между собой и со средой обитания.

Экологические факторы

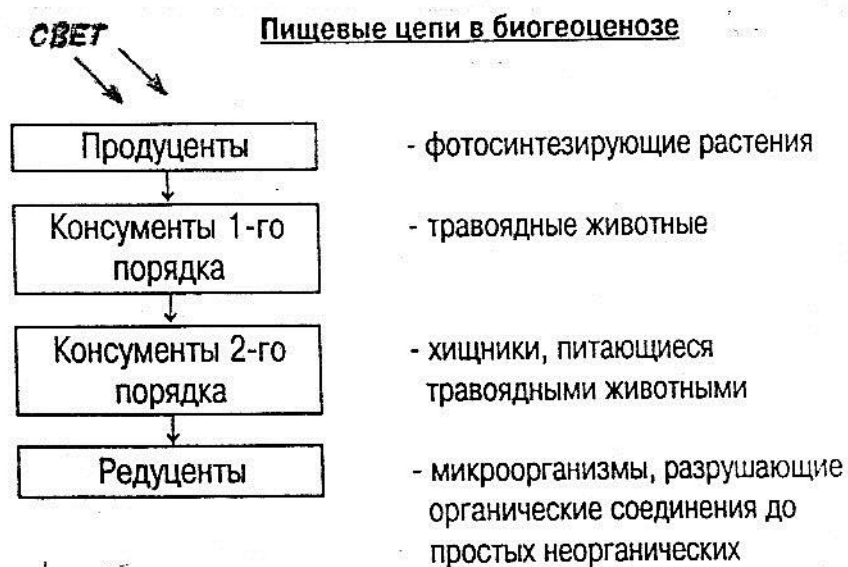
Ограничивающий фактор – фактор, значение которого выходит за пределы выносливости вида. Такой фактор будет ограничивать распространение вида даже в том случае, если все остальные факторы будут благоприятными.

Основные экологические факторы

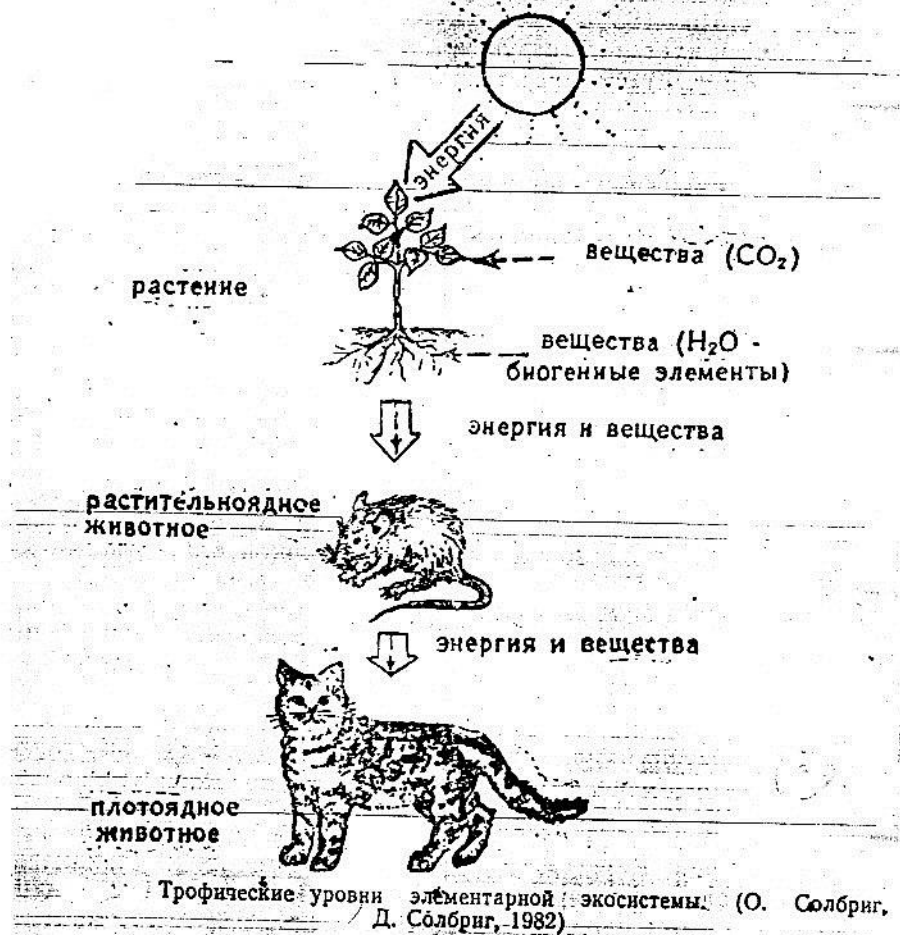


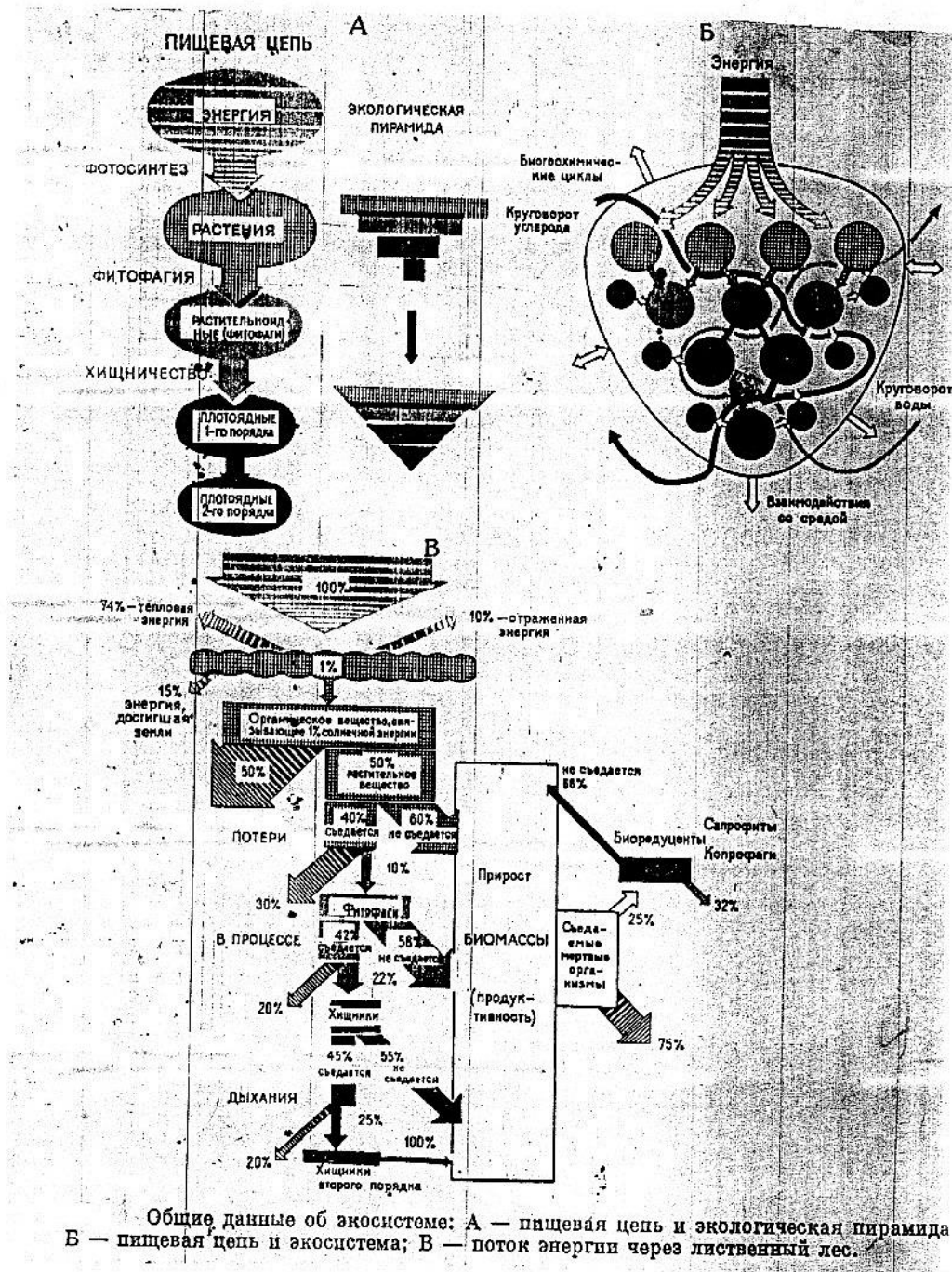
Биологические системы

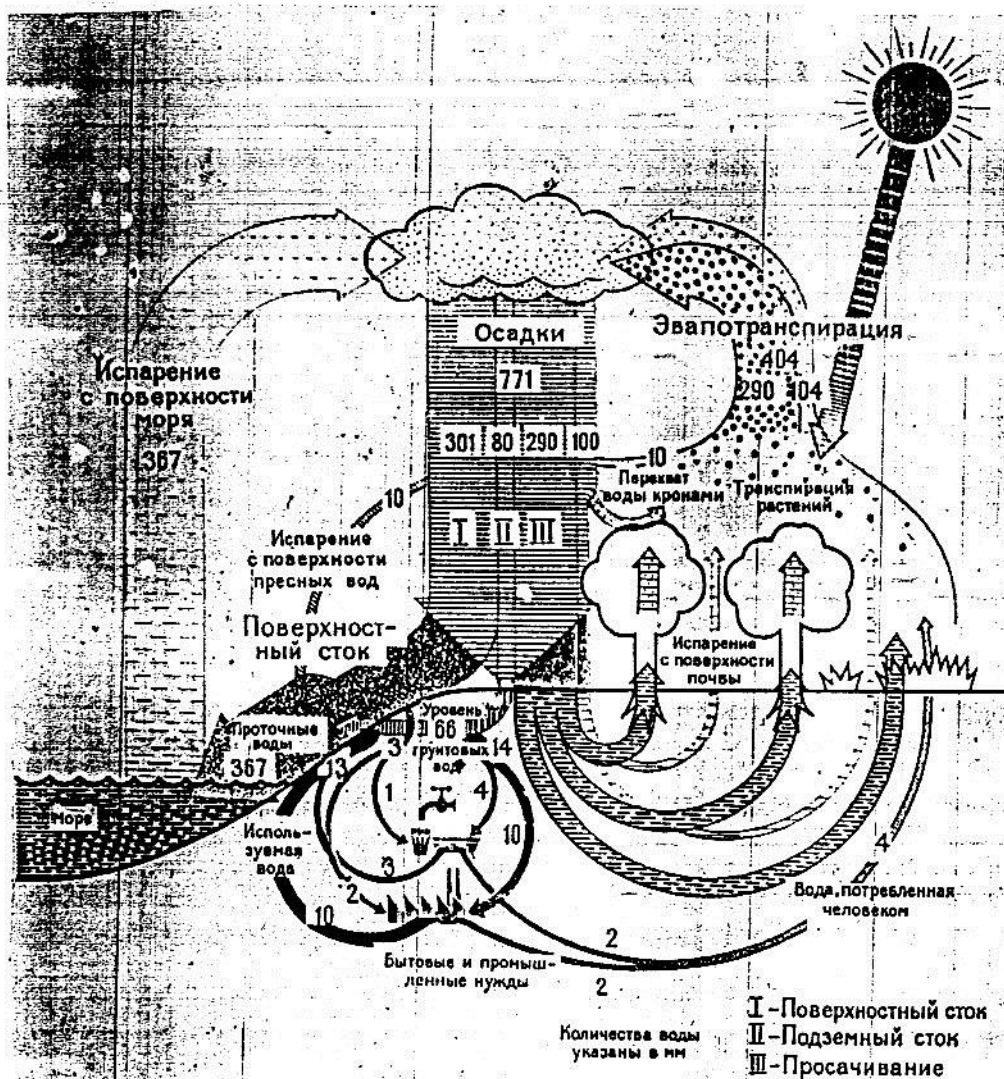
Биогеоценоз – комплекс взаимосвязанных видов (популяций разных видов), обитающих на определенной территории с более или менее однородными условиями существования. Биогеоценоз является саморегулирующейся системой, в которой численность особей каждого вида поддерживается на определенном уровне.



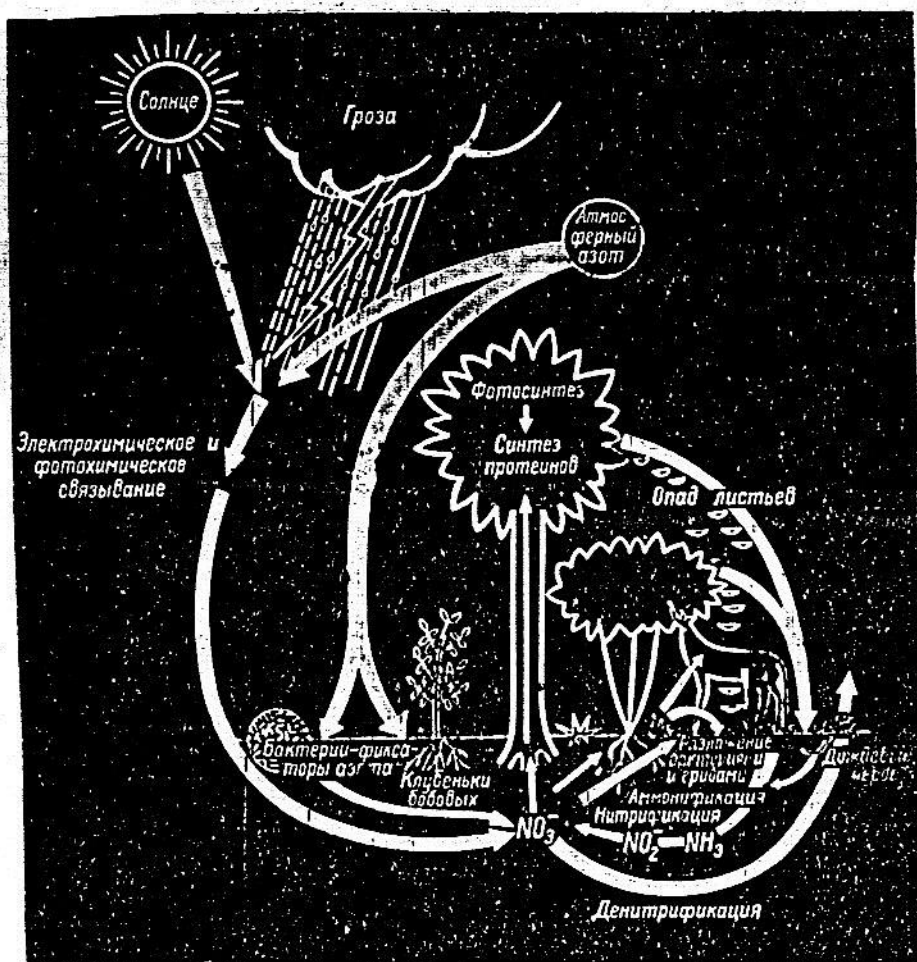
На каждом этапе пищевой цепи теряется ~ 90 % энергии, т. е. ~ 10 % пищи переходит во вновь построенное вещество тела животного. Таким образом, масса организмов на каждой ступени пищевой цепи должна примерно в 10 раз превышать массу организмов на следующей ступени.





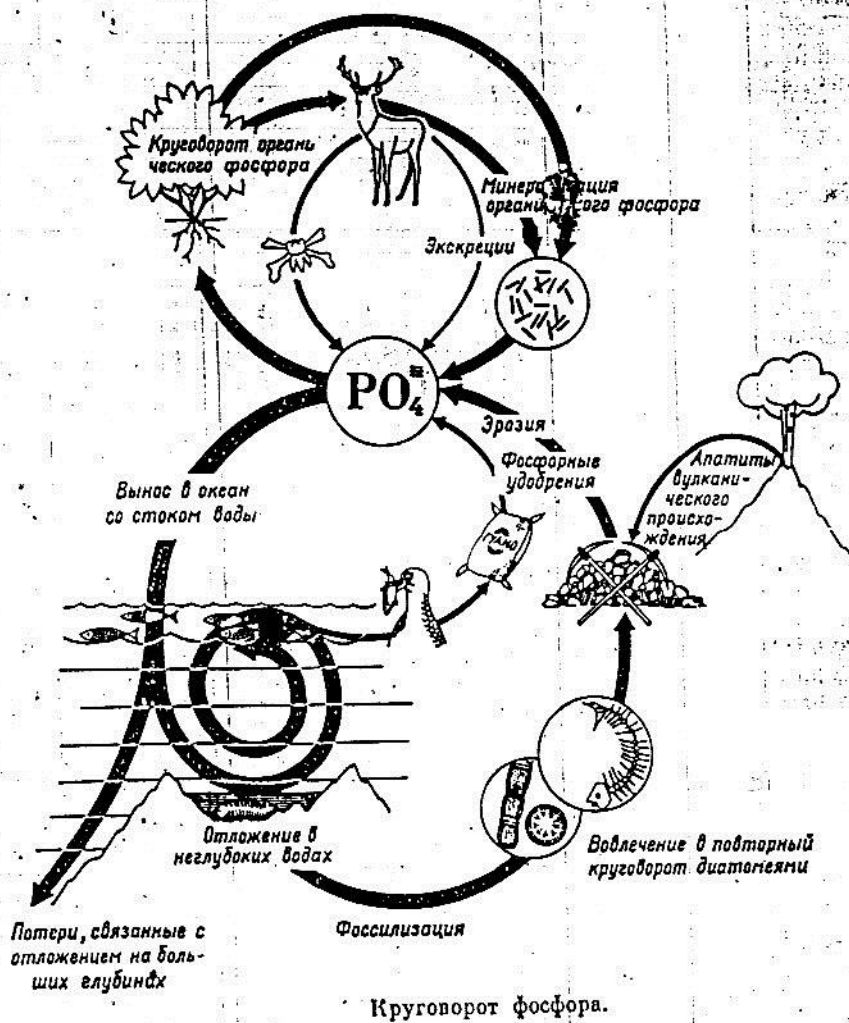


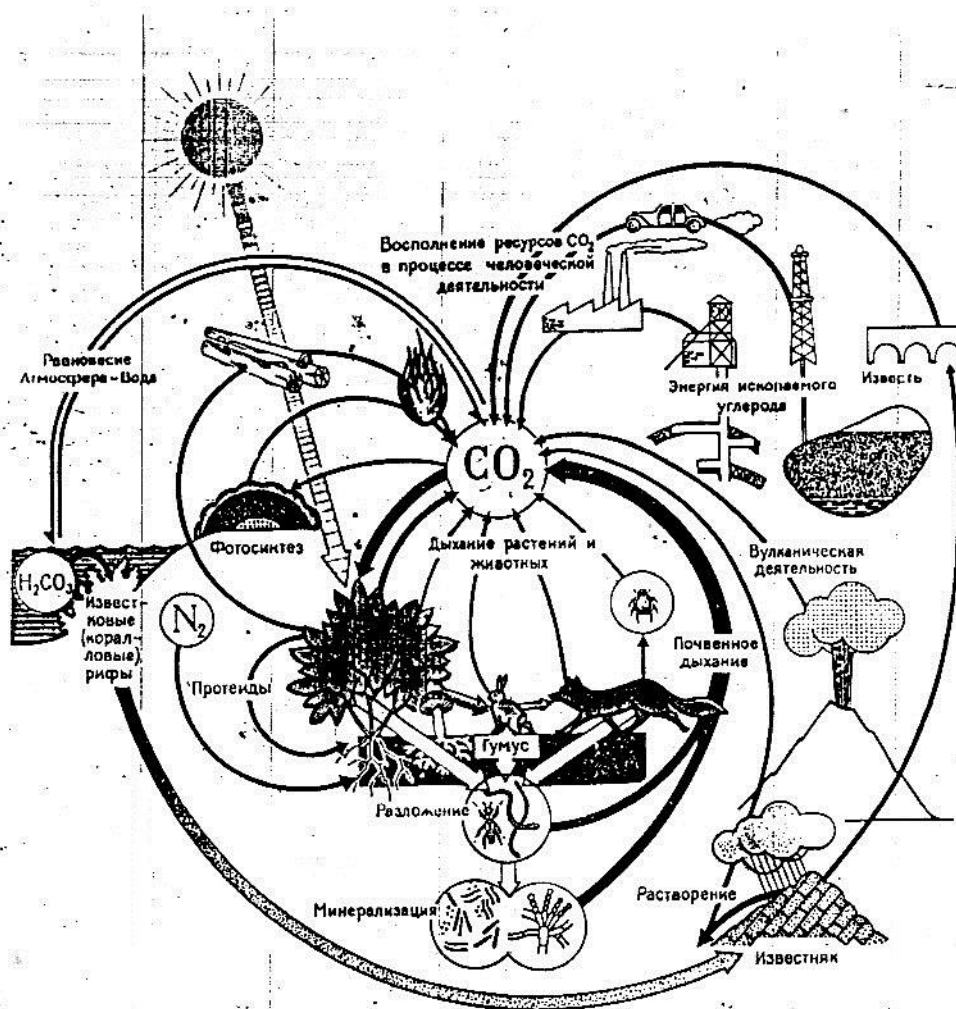
Круговорот воды (Clodins, Keller, 1951). Величины даны по наблюдениям в ФРГ.



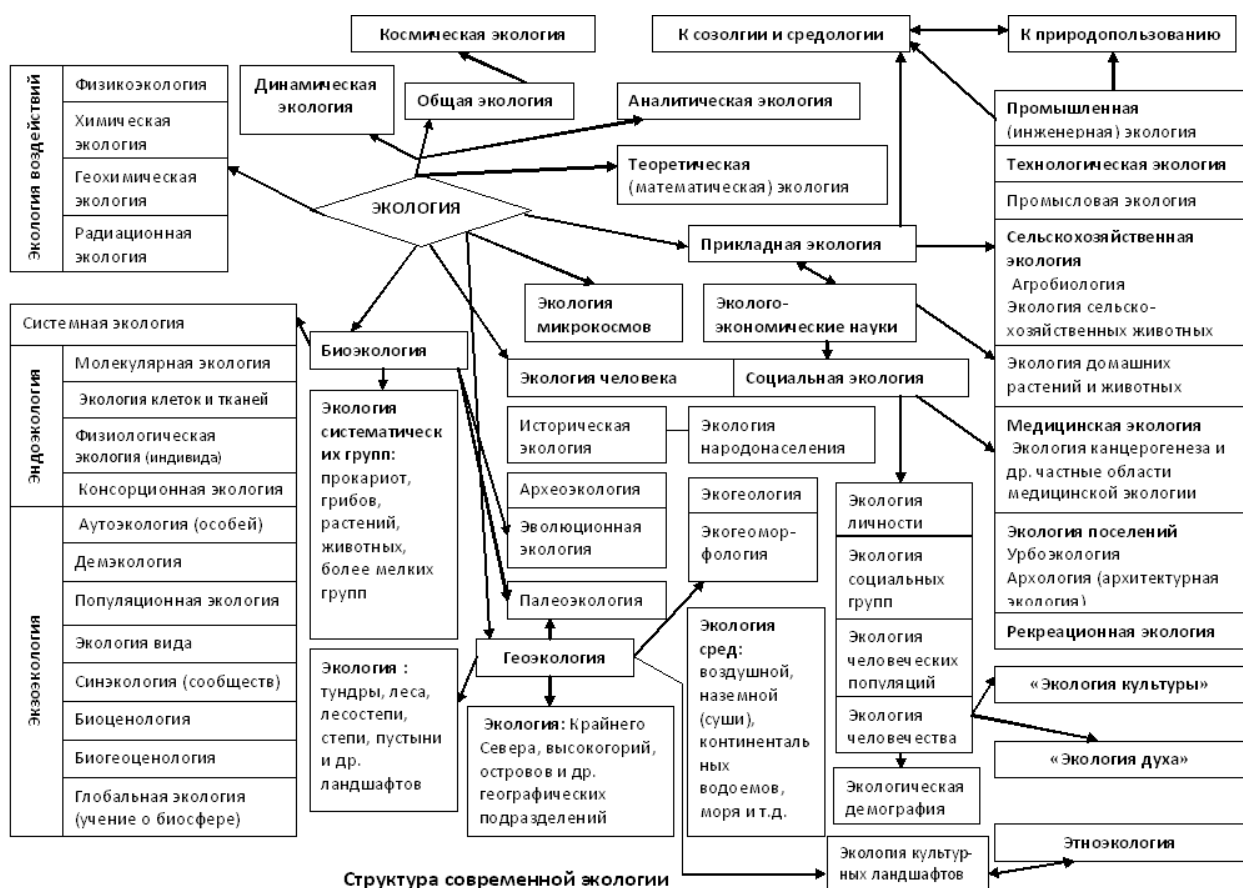
Р и с.

Круговорот азота.





Круговорот углерода.



Последние полвека происходит процесс освоения космического пространства. Это связано с тем, что постепенно в пространство, где перемещаются космические аппараты, поступают отходы от деятельности космических устройств. Космический мусор реально образуется и по мере развития космонавтики может возрастать. Сегодня можно считать, что **космическая экология** становится реальностью. Опасность от озоновых дыр также возрастает по мере роста частоты пронизывания земной атмосферы при полетах в космос.

Чрезвычайно важной проблемой загрязнение окружающей среды, становится в связи с тем, что растут уровни заболеваемости аллергией (разных форм), в результате облучения (из различных источников излучения) и токсического воздействия от несметного количества химических загрязнителей антропогенного происхождения. Внешняя среда крупных городов, крайне засоренная разной природы загрязнителями (вплоть до шумового загрязнения), становится фоном, на котором наблюдается интенсивный рост сердечнососудистых заболеваний, заболеваний органов дыхания, нервно-психических и онкологических заболеваний.

Основной причиной складывающейся ситуации является потребительское отношение к природе. Человечеству надлежит в корне изменить отношение к собственной среде обитания, изменить отношение к самому себе, т.к. все нарушения экологической среды, допускаемые человеком, бьют по его же здоровью.

Какие задачи необходимо решать человечеству в связи с ростом экологических проблем?

- * во-первых, решительный отказ от сугубо потребительского, технократического отношения к природным благам;
- * в связи с этим нужны эффективные меры по **экологизации производства**, а именно: разработка природосберегающих технологий и производств, проведение обязательной и тщательной **экологической экспертизы новых проектов**, а в идеале — **создание безотходных технологий** с замкнутым циклом производства, безвредных и для природы и для здоровья человека. Крайне важен **жесткий и обязательный контроль** производства продуктов питания.

Особое значение имеет непрерывная и непрерывная забота о динамическом **равновесии между природой и человеком**. Для этого следует помнить, что, во-первых, без природной среды невозможно существование человека, во-вторых, ее надо беречь, отбирая у нее надо отдавать и ей, восстанавливать ее.

Разумеется, различные меры рационального и бережного использования природных благ могут быть осуществлены при условии солидарного отношения к этому всех стран, совместные усилия в деле сохранения глобальной природной среды.

Впервые по этому поводу международное совещание состоялось в ноябре 1913 г. в Швейцарии. На этом совещании принимали участие представители 18 крупнейших стран мира.

Сегодня международное сотрудничество в решении глобальных экологических проблем – это международная деятельность на правительственном и неправительственном уровнях, в рамках межгосударственных соглашений, международных программ ООН, ЮНЕСКО и других экологических программ и проектов. Эти проекты и программы осуществляются частными и государственными экологическими фондами и направлены на объединение усилий государств, частных лиц и общественных объединений в преодолении глобальных экологических проблем человечества. Международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды регулируется **международным экологическим правом**, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы.

Объекты международного сотрудничества в области охраны окружающей среды делятся на несколько групп. Это **национальные и международные** объекты. Национальными внутригосударственными являются недра, земля, воды, животный и растительный мир, которые находятся на территории государства. Международными объектами охраны окружающей среды являются атмосферный воздух, Мировой океан, Антарктида и другие, которые не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Они осваиваются и охраняются на основании различных конвенций, договоров, протоколов и других документов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

Российская Федерация является активным участником международного сотрудничества в сфере обеспечения экологической безопасности.

Экологическое образование.

Решение экологических проблем включает в себя очень важную составляющую – это формирование **экологического сознания**, а также организацию **экологического образования**. Интенсивное развитие **экологического образования** стало актуальной задачей всех цивилизованных стран и может стать одним из средств преодоления глобального экологического кризиса. Экологическое обучение и воспитание в обществе должны решаться на государственном уровне и проводиться с раннего детства, необходимо развитие у каждого человека экологического сознания и **экологической культуры**.

15.7. Универсальный эволюционизм.

Идея эволюции возникла в XIX веке. Сильно и убедительно она выразилась в учении Ч.Дарвина. Но это относилось к обсуждению биологической эволюции. Классические фундаментальные науки, на основе которых была построена ньютоновская картина мира, не подверглись влиянию эволюционного учения. Вселенная представлялась не изменяемой и равновесной с бесконечным временем ее существования. Появление неравновесных образований с определенной структурной организацией (галактик, планетных систем и т.д.), считалось результатом случайных событий в некоторых участках Вселенной. Примерно такое отношение было и к факту существования (возникновению) жизни на планете Земля.

В XX веке произошли коренные изменения, прежде всего, в классической физике. Впервые, в 1920-х годах утвердилось представление о расширении Вселенной (модель расширяющейся Вселенной и разбегающихся галактик). На вопрос – за счет какой энергии это происходит – естествознание дает ответ в теории (модели) Большого взрыва, согласно которой воспроизводится вся последовательность от зарождения, эволюционного формирования и развития всей Вселенной до современного ее облика. Общее признание это представление получило в 1970-е годы.

Было принято: **Вселенная нестационарна, имело начало во времени** (исторична), т.е. **эволюционирует во времени** (которое составляет 15 млрд. лет). Таким образом, ее процесс формирования и развития можно **реконструировать**.

Так эволюционные идеи и представления прорвались в физику, космологию, а потом и в химию, и, наконец, выразилась в сущности процесса развития органической (живой) материи.

Одна из современных картин мироздания носит название **универсального эволюционизма**, предложенная Н.Н.Моисеевым (1917-2000). Согласно этим представлениям Вселенная является **суперсистемой**, состоящей из связанных между собой **подсистем**. Одно из проявлений таких связей – силы гравитации. Исходным началом (как уже отмечалось) – Большой взрыв (простое и вполне допустимое представление).

По В.И.Вернадскому (и др. авторам) Вселенная претерпевает постоянные изменения. Эволюционирующая система подвержена одновременно и влиянию различных **законов** (физических, химических, естественному отбору и т.д.) и действию **случайных факторов**, особенно при сверхвысоких нагрузках, которые приводят к **бифуркациям** – быстрым, коренным перестройкам хода и характера развития **системы**. Отсюда неукоснительно следует вывод о том, что эволюция – **а) необратима, б) непредсказуема**.

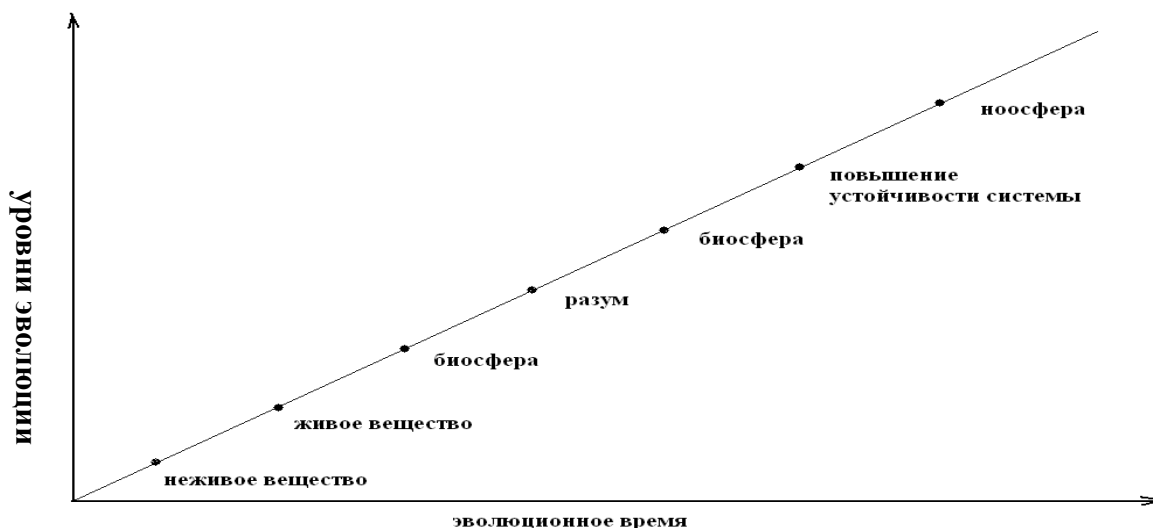
Мировой эволюционный процесс, сопровождающийся разнообразными факторами воздействия, имеет **направленность, усложнение** структурой организованности материи и **рост ее разнообразия**. По мере же возрастания степени сложности систем снижается их степень стабильности. Примером служат существование в природе архаичных живых одноклеточных – **прокариотов** (безъядерных клеток), остановившихся в своем эволюционном развитии на одном из ранних этапах, устойчиво жизнедействовали и жизнедействующие поныне, несмотря на жесткие для них условия среды (высокий уровень радиации, сейсмическая активность, перепады с температурным режиме и др.).

Эукариоты (клетки, которые обрели ядро и половое размножение) послужили исходными для развития многоклеточных организмов, но эволюция их шла ускоренными темпами. Создавалось большое разнообразие форм, что в свою очередь обеспечивало возможности естественного отбора, но при этом стабильность значительно снижалась.

Отсюда можно подойти к выводу, что даже самые незначительные (на первый взгляд) изменения во Вселенной могут качественно изменять свойства ее, характер процессов, происходящих в суперсистеме. И тут становится очевидным, что продуманность и согласованность нагрузок на биосферу, сопряжение их с протекающими в ней процессами – неременное условие, которое должно соблюдать человечество.

Человеческий разум – мощное средство, возможности которого трудно переоценить, но в настоящее время возникли и развиваются еще более мощные возможности – **рост коллективного разума**, чему способствуют грандиозные темпы технического прогресса, а, в частности, тотальная компьютеризация. Создание глобальных сетей с миллионами пользователей путь к возможности создания коллективного, глобального разума.

По всей вероятности **глобальный эволюционный процесс развития суперсистемы и ее составляющих есть процесс самоорганизации**.



Вопросы для самопроверки.

- 1) Расшифруйте понятия: «живое вещество», «биосфера», «биоценоз», «биогеоценоз». В чем различия между ними.
- 2) Какова структура биосферы? Суть учения И.В.Вернадского о биосфере.
- 3) Объясните понятие «живое вещество», перечислите его специфические свойства и роль в биосфере.
- 4) Охарактеризуйте систему «природа-биосфера-человек». Имеются ли противоречия в этой системе? Если да, то в чем они заключаются?
- 5) Техносфера – раскройте сущность этого понятия.
- 6) Объясните, что подразумевается под понятиями «экосистема», «биогеоценоз». Что между ними общего?
- 7) Что такое трофические связи? Что такое пищевые цепи? Что в них общего? Как это выражается в природе?
- 8) Каковы основные функции биосферы?
- 9) Раскройте понятия «биосфера», «техносфера», «ноосфера», «коэволюция». Какая связь между ними?
- 10) Есть ли взаимодействия между космосом и биосферой Земли? Раскройте суть понятия «космос и биосфера».
- 11) В чем заключаются характер противоречий между природой и человеком?
- 12) Что представляет собой наука экология? История и развитие этой науки.
- 13) Современные глобальные экологические проблемы: их содержание и пути их решения.
- 14) Что следует понимать под понятием «универсальный эволюционизм»?

Тема 16

Человек как предмет естествознания.

16.1. О происхождении человека.

Как биологический организм человек относится к:

- царству животных,
- подцарству многоклеточных,
- типу хордовых,
- подтипу позвоночных,
- классу млекопитающих,

- подклассу плацентарных,
- отряду приматов,
- семейству людей,
- роду Хомо (Homo),
- виду «разумный» (sapiens).

Следует отметить, что человек на Земле в настоящее время представлен единственным биологическим видом. Видов – предшественников человека не сохранилось. Максимальное сходство человека обнаруживается с представителями семейства человекообразных обезьян – **антропоидов**: гориллой, шимпанзе, орангутангом, гиббоном. Между человеком и перечисленными видами обезьян наблюдаются сходные особенности как внутреннего, так и внешнего строения.

В особенностях строения ДНК человека и тех же видов обезьян обнаруживается также большое сходство. Ч.Дарвин убедительно доказал тесное родство человека с ныне живущими человекообразными обезьянами, но так же убедительно утверждал, что ни один из современных видов обезьян не является предком человека. Очевидно можно предполагать лишь то, что и человек и человекообразные обезьяны имели где-то очень далеко в прошлом общего предка, но затем их эволюционные пути разошлись (не менее 7 млн. лет назад).

Серьезными морфофизиологическими изменениями явились те, что привели человека к прямохождению, т.е. разделились функции рук и ног (вертикальное положение человека).

Огромную роль имел труд, как ведущий фактор антропогенеза. Но не менее важен и общественный образ жизни древних людей. Кульминацией же всей эволюции биологических видов является формирование у человека способностей мышления и членораздельной речи.

Возникновение речи способствовало более интенсивному общению древних людей, формированию совместных трудовых процессов. Это, в свою очередь, обусловило развитие общественных отношений. Таким образом, эволюция наших предков шла при сопряженном взаимодействии социальных и биологических факторов. В эволюции человека все меньшее значение отводилось естественному отбору. Человек становился все в большей степени не просто биологическим видом (как обычные многочисленные виды животного мира), а **био-социальным видом**, резко выделяющимся из среды животных организмов.

Развитие головного мозга, мышления, сознания способствовало совершенствованию труда и речи. Все полнее и лучше осуществлялась преемственность трудового опыта в поколениях. Мышление человека достигало все более высокого уровня в обстановке общественной трудовой деятельности.

В отличие от морфологических и физиологических (биологических вообще) свойств человека, которые передаются по наследству, способности коллективной (да и индивидуальной) трудовой деятельности по наследству не передаются. Они формируются у каждого человека в процессе индивидуального его развития (опыт, его перенятие и приобретение в процессе жизнедеятельности), обучения, воспитания, образования в обществе, в человеческой среде.

Таким образом, движущими силами **антропогенеза** являлись и биологические факторы (наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор) и социальные факторы (трудовая деятельность, общественный образ жизни, речь и мышление), то есть речь здесь уже идет об **атропосоциогенезе**.

Предшественники человека. Эволюционная теория антропогенеза (антропосоциогенеза) П.Тейяра де Шардена, которую он изложил в работе «Феномен человека», хорошо согласуется с теорией самоорганизации. (заметьте, кстати, что П.Тейяр де Шарден является одним из открывателей находок **синантропа**).

С точки зрения этого ученого краткая цепь ближайших к современному человеку выглядит так: австралопитек – питекантроп – синантроп – Homo sapiens.

Вся же цепочка предшественников человека с точки зрения современного естествознания выглядит следующим образом. Самый древний из известных науке предок человека и

высших обезьян – **рамапитек** – жил на территории от Индии до Африки около 14 млн. лет назад. Примерно 10 млн. лет назад от него отделился предок орангутанга – **сивапитек**, который остался в Азии. Общий же предок гориллы, шимпанзе и человека, по-видимому обосновался в Африке, так как именно там обнаружены древнейшие орудия труда (примерно 2,5 млн. лет назад) и остатки жилищ (1,75 млн. лет). В Африке найдены останки *Homo habilis* (человека умелого) – **зинджантропа**, жившего 2 млн. лет назад. Он обладал уже такими чисто человеческими признаками, как прямохождение и заметная развитость кисти руки. При этом название «умелый» он получил, так как умел изготавливать и применять первобытные каменные орудия труда. От человека умелого прослеживается связь с древнейшим человекообразным существом – **австралопитеком**, жившим от 4 до 2 млн. лет назад. Далее развитие современного человека прослеживается более определенно:

- * питекантроп, обитавший около 1,9-0,65 млн. лет назад;
- * синантроп, существовавший около 400 тыс. лет назад;
- * неандерталец – ранняя форма *Homo sapiens*, появившийся, по разным данным, от 30 до 40 тыс. лет назад.

Следует отметить, что антропогенез нельзя представлять себе как **линейный** процесс. В жизни органической материи (как и в социальной) вообще маловероятны строго линейные процессы развития и монофакторная эволюция. Следует также иметь в виду, что нелинейность процесса антропогенеза, как и вообще эволюционного процесса, характеризуется постоянным возникновением новых ответвлений в «древе эволюции», большая часть которых быстро исчезает (т.е. отбор устойчивых форм!). В каждый период времени существует множество параллельных эволюционных линий, происходящих от общего предка.

Основная проблема, связанная с восстановлением картины эволюции человека, состоит в том, что у него нет ближайших родственников среди современных приматов. С нашими ближайшими (но не очень) родственниками – шимпанзе и гориллой – мы были связаны общим предком не менее 7 млн. лет назад. Процесс антропогенеза очень трудно изучать, по понятным причинам. Однако, научно доказано, что человек – это продукт естественного развития природы, и своими корнями уходит в биосферу Земли.

16.2. Человек – биосоциальный вид.

Человечество подчиняется и законам биологическим, и законам социальным, а поэтому оно является единственным видом на Земле не только биологическим, но **биологосоциальным**.

Очень важной была роль социальности человека на ранних этапах развития ее. «Те общества, которые имели наибольшее число сочувствующих друг другу членов, должны были процветать больше и оставить после себя более многочисленное потомство» (Ч.Дарвин). Именно отбор по «генам альтруизма» вывел «человека в люди» (Дж. Холдейн).

В основе возникновения человека разумного как вида – это альтруистические склонности, определившие преимущество их обладателей в условиях коллективной жизни.

Роль труда в процессе возникновения Человека разумного, производство различных орудий явилось гранью, отделяющей человека от человекообразных обезьян.

Культурная эволюция человека заключалась в том, что все знания передавались следующим поколениям не автоматически, а с помощью обучения, так путем «наследования» приобретенного, осуществляется социальное развитие, закономерности которого оказываются совершенно иными, нежели закономерности биологической эволюции.

Усиление коллективного разума происходило путем накопления, хранения, передачи информации, что способствовало овладению все более широким спектром условий среды.

Социальная эволюция человека сложилась на фундаменте биологической эволюции, в частности, эволюции нервной системы.

Нервная система регулирует работу органов, осуществляет согласованную деятельность разных систем органов, обеспечивает связь организма с внешней средой, а также сознательную деятельность человека.

Нервная регуляция носит рефлекторный характер. **Рефлексом** называется ответная реакция организма на раздражение рецепторов, осуществляемая через центральную нервную систему (ЦНС). Путь, по которому распространяется возбуждение при осуществлении рефлекса, называется **рефлекторной дугой**. Рефлекторные дуги состоят из: рецептора, воспринимающего раздражение; чувствительного (центrostремительного) нервного волокна, по которому возбуждение передается от рецептора в ЦНС; нервного центра группы вставочных (ассоциативных) нейронов, расположенных на различных уровнях ЦНС и передающих нервные импульсы с чувствительных нервных клеток на двигательные; двигательного (центробежного) нервного волокна, передающего возбуждение от ЦНС к исполнительному органу, деятельность которого изменяется в результате рефлекса.

Большое значение для рефлекторной реакции наряду с возбуждением имеет **торможение**. Этот нервный процесс заключается в задержке возбуждения в ответ на раздражение или в ослаблении уже возникшего в ЦНС возбуждения. Взаимосвязь возбуждения и торможения обеспечивает согласованную работу всех органов и организма в целом. На основе идей и положений о рефлекторной деятельности мозга И.М.Сеченова в книге «Рефлексы головного мозга» в 1863 г., академик И.П.Павлов создал учение о деятельности центральной нервной системы. Им было установлено, что рефлексы являются основой высшей нервной деятельности (ВНД).

Под **высшей нервной деятельностью** понимают деятельность высших отделов центральной нервной системы, обеспечивающих наиболее совершенную приспособляемость животных и человека к условиям среды. Основой высшей нервной деятельности у млекопитающих является кора больших полушарий вместе с подкорковыми ядрами переднего мозга.

Рефлексы делят на **безусловные и условные**. Видовые безусловные рефлексы передаются по наследству, имеют постоянные рефлекторные дуги (относительно постоянные), осуществляются в ответ на адекватное раздражение на уровне спинного мозга и ствола мозга, подкорковых ядер (слюноотделение, глотание, дыхание и т.д.). Индивидуальные условные рефлексы приобретаются организмом в течение жизни, не имеют готовых рефлекторных дуг, они формируются при определенных условиях, не постоянны (могут выработаться и исчезнуть), осуществляются на любое воспринимаемое организмом раздражение; формируются на базе безусловных рефлексов за счет деятельности высших отделов головного мозга.

Не вдаваясь в подробности сложного взаимодействия процессов возбуждения и торможения в коре мозга и, вообще, в деятельности нервной системы, укажем, что **высшая нервная деятельность человека сформировалась исторически в ходе трудовой деятельности и необходимости общения**.

На основе особенностей высшей нервной деятельности человека и животных И.П.Павлов разработал **учение о первой и второй сигнальных системах**. Первая сигнальная система является основой высшей нервной деятельности, присущей и человеку и животным. Вторая же сигнальная система – это система отражения действительности с помощью **речи и мышления**, возникающая в процессе трудовой и общественной деятельности. **Вторая сигнальная система возникла и развилась у человека в связи с появлением речи. Она отсутствует у животных. Вторая сигнальная система обусловлена специфической особенностью высшей нервной деятельности человека – восприятием слышимых (произносимых) или видимых (при чтении) слов. Сигнальное значение слова связано не с простым звуко сочетанием, а с его смысловым содержанием.** Развитие словесной сигнализации сделало возможным обобщение и абстракции, находящие свое выражение в понятиях человека.

Первые признаки развития второй сигнальной системы появляются у ребенка во второй половине первого года жизни. Речевые рефлексы второй сигнальной системы формиру-

ются благодаря активности нейронов лобных областей и области речедвигательного центра коры больших полушарий.

Процесс индивидуального развития человека базируется на информации двух видов. **Первый вид** представляет собой биологически целесообразную информацию, которая отбиралась и сохранялась в процессе эволюции предковых форм и зафиксирована в виде генетической информации в ДНК (универсальный для всех живых организмов механизм кодирования, хранения, реализации и передачи информации из поколения в поколение). Благодаря этому в индивидуальном развитии человека складывается уникальный комплекс структурных и функциональных признаков, отличающих его от других организмов. **Второй вид** информации представлен суммой знаний, умений, которые приобретаются, сохраняются и используются поколениями людей в ходе развития человеческого общества. **Освоение этой информации индивидуумом происходит в процессе его воспитания, обучения и жизни в социуме.** Данная особенность человека определяется понятием **социальная наследственность**, присущей исключительно человеческому обществу (отчасти это отмечалось выше). Не трудно представить себе, что оказавшись в полной изоляции и, не получая ничего из накопленной человечеством огромной различной информации, индивидуум остается на уровне первобытного существа – социальная наследственность не проявится. Человек останется немым (не слыша языка), ничему не обучаемым при отсутствии общественного, социального, информационного окружения.

Как существо биосоциального происхождения человек – вполне закономерный результат эволюционного развития одной из ветвей животного мира. Сегодня человечество представлено единственным видом (*Homo sapiens*) в пределах которого различаются так называемые расы: европеоидную (евразийскую), австрало-негроидную (экваториальную) и монголоидную (азиатско-американскую). Эти расы – исторически сложившиеся группы людей, характеризующиеся общностью наследственных физических особенностей (цвет кожи, глаз, волос, разрез глаз, очертания головы и т.д.), являющихся второстепенными. Что касается основных признаков человека (объем и строение головного мозга, строение кисти и стопы, форма позвоночного ствола, строение голосовых связок, способностей к творческой и трудовой деятельности), расы не различаются. Образование рас – сложный и длительный процесс, сопровождавшийся многочисленными мутациями (в геноме), дрейфом генов, факторами изоляции и прочее. С развитием цивилизации падала роль естественного отбора и изоляции, увеличилась степень взаимодействия народов, метисации (смешение рас). В наши дни, особенно благодаря росту масштабов миграции людей и разрушению социально-расовых барьеров, процессы смешения рас будут усиливаться, впрочем, это вопрос длительного будущего периода.

16.3. Человек, индивид, личность.

В свое время известный русский философ Н.А.Бердяев (1874-1948) писал: «Личность следует отличать от индивида. Личность есть категория духовно-религиозная, индивид же есть категория натурально-биологическая». То есть, в социальном отношении человек является **личностью**, а в биологическом (природном) – это **индивид**.

Говоря о человеке, как индивиде, мы можем иметь в виду его видовую принадлежность, рассматривая его как единичного представителя человеческого рода. Здесь объем понятия **индивид** значительно меньше и беднее. Однако, давая характеристики человеческому индивиду, и чем больше конкретизируя и расширяя их, мы неуклонно переходим в плоскость персонификации индивида, рассматривая его, как единственную, **уникальную социальную индивидуальность или личность**.

Социальная индивидуальность, конечно же, формируется не только и не столько на основе биологических предрасположений, а в процессе практической жизнедеятельности в конкретном историческом времени и конкретном социальном пространстве. Таким образом,

личность как **социальная индивидуальность** является результатом взаимодействия множества разнообразных факторов и воздействия их на нее. Совершенно справедливо считать, что чем в большей мере личность накопит социокультурный человеческий опыт и сама внесет свой вклад в его развитие, тем более значительной она может оказаться, в большей степени будет проявляться как личность.

При рассмотрении (исследовании) личности важно не столько изучение ее индивидуальных особенностей, сколько ее социальные функции (или роли), которые она выполняет, которые определяются социальной структурой общества, той социальной группой, в которую включен индивид. Деятельность человека составляет ту основу, на которой и благодаря которой происходит развитие личности и выполнение ею различных социальных ролей в обществе. Только в деятельности человек выступает и самоутверждается как личность. Сам человек о себе может думать что угодно, но кем он в действительности является, выясняется лишь в деле. Не случайно великие философы и Конфуций и Аристотель указывали именно на это обстоятельство. Социально-деятельностная характеристика человека обусловлена его **социализацией**, в процессе которого происходит формирование личности. **Социализация** – процесс усвоения индивидом определенной системы знаний, норм и ценностей, позволяющих ему осуществлять свою жизнедеятельность адекватным для данного общества способом.

Нужно отметить, что социализация осуществляется и в историческом процессе (филогенезе) формирования родовых свойств и качеств человечества, и в процессе становления конкретной личности (онтогенезе).

Итак, в основе формирования личности лежит социально-деятельностная сущность человека, а значит лишение его общения и возможности выбора, свободы действий отрицательно сказывается на развитии личности. Не случайно изоляция человека от общества, лишение его общения всегда считалось одним из суровых наказаний (камера-одиночка). В самом деле – одиночество противоречит сущности личности. Еще более отрицательным влиянием на личность является навязывание ей чужой воли и мыслей. Человек, полностью подчиненный чужой воле и лишенный собственного мировоззрения, мыслей и взглядов, перестает быть личностью (в истории человечества масса примеров того, как это достигалось путем внушения, идеологического оболванивания, пропаганды и т.д.).

Важнейшей характеристикой личности является ее **нравственно-духовная сущность**. Направленность сознания, личностные ориентации, обусловленные уровнем сознания, мировоззрением, нравственностью и ответственностью создают содержание личности. Разумеется, социальная среда оказывает существенное влияние на формирование и поведение личности. Однако личностные ориентации и поведение обусловлены внутренним духовным миром человека. Чем ярче у человека выражены волевые и интеллектуально-нравственные качества, чем в большей мере его жизненные ориентации совпадают с общечеловеческими ценностями и чем сильнее он влияет на развитие и утверждение этих ценностей, тем значительнее и колоритнее его личность. В таком случае личность характеризуется силой духа, свободы, творчества и добра. Она как бы возвышается над природной основой и в определенном смысле преодолевает ее, оставляя свой след даже после биологической смерти.

16.4. Здоровье человека. Демографические и общеэкологические проблемы.

Человек – дитя Земли (результат развития биосферы, продукт природы). Однако, преобразуя биосферу, человек улучшая условия своего существования, одновременно очень часто и ухудшает их. Происходит неуклонный процесс деградации окружающей среды ввиду антропогенного влияния на нее. Окружающая среда теряет присущие ей способности саморегулирования экологической сбалансированности своего состояния. Человек же пока ничего не создал для поддержания процессов самоорганизации и саморегуляции в экосистемах и в биосфере в целом.

Еще в XVIII веке человечество находилось в гармонии с природой. Однако, уже в конце XIX века эта ситуация стала значительно нарушаться. Ныне воздействие на биосферу превышает в 8-10 раз допустимые значения. Человечество выбрасывает в окружающую среду тысячи тонн веществ, которые в ней никогда не содержались и являются чуждыми для биосферы. Практически происходит процесс уничтожения глобальной экологической системы, называемой биосферой. Одновременно здоровье человека подвергается воздействию факторов, загрязняющих окружающую среду, и эта ситуация все более усугубляется. Следует отметить, что экологическая проблема имеет глобальный масштаб, но в разных регионах мира, в разных конкретных странах она выглядит по-разному. Нам удобнее и целесообразнее рассматривать ситуацию в России, где сегодня экологическое состояние признается крайне неудовлетворительным. По самым скромным подсчетам 60 млн. россиян живут в зонах экологического неблагополучия. Только 15% городов России считаются экологически безопасными для здоровья человека. В стране насчитывается 13 зон с опасной экологической обстановкой (зона аварии Чернобыльской АЭС, Южный Урал (Челябинск) и др.). Этим объясняется, что здоровье населения страны ухудшается с каждым годом. Растут показатели нездоровья в разных категориях населения. Беременные женщины до 70% имеют отклонения в состоянии здоровья, доля новорожденных с физическими и неврологическими патологиями выросла за последние пять лет в 2,5 раза (2002-2007). Уровень младенческой смертности (2002-2007) возрос на 15%. Снизилось общее состояние здоровья молодежи: лишь каждый пятый юноша-призывник здоров и может служить в армии, две трети девушек к 18 годам имеют отклонения в состоянии здоровья. В результате на повестку дня выдвигается проблема угрозы здоровью всей нации.

Экологические проблемы связаны с различными факторами: политикой, экономикой, новыми технологиями и, безусловно, с общей культурой общества (и отдельного человека), с уровнем экологического сознания, что обусловлено уровнем экологического мышления. А последнее возможно формировать с раннего детства у каждого гражданина на всех уровнях: в семье, в детских учреждениях, в школах, в высших школах, среди населения путем пропаганды и внедрения в сознание людей **ответственности** за судьбы природы и планеты в целом.

По имеющимся данным, до 80% питьевой воды в стране представляет опасность для здоровья. А, примерно, 85% заболеваний вызываются и переносятся **водой**. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) учитывает более 100 показателей, по которым следует судить о качестве воды. Наш ГОСТ учитывает лишь 28 (а на самом деле еще меньше).

Большую озабоченность представляет, таким образом, состояние источников питьевой воды (да и вообще гидросфера).

Не менее важным является состояние атмосферы, особенно в больших городах, с большим количеством населения, где рост автомобильного транспорта представляет огромную угрозу здоровью людей, главным образом, за счет загрязнения атмосферы выхлопными газами. Различные промышленные предприятия, технологические режимы которых предусматривают выбросы вредных веществ, в неукоснительном порядке должны применять системы очистки и максимально избегать загрязнения окружающей среды (воды, воздуха, почвы и т.д.).

Кроме повседневного формирования экологического мышления, экологического сознания населения, следует не менее активно формировать и **экологическое правосознание**, т.е. осознание всеми гражданами юридической ответственности за нанесение вреда природе и юридическую защиту последней, при постоянном подкреплении этого действенными юридическими мерами.

Основные этапы эволюции человека

Предки человека (ископаемые формы)	Где и когда жили	Прогрессивные черты во внешнем облике	Прогрессивные черты в образе жизни	Орудия труда
Исходные формы — австралопитеки (от лат. <i>australis</i> — южный, греч. <i>pithecus</i> — обезьяна) <i>H. habilis</i>	Южная и Восточная Африка, Южная Азия, 5–3 млн. лет назад	Рост 120–140 см, объем черепа 500–600 см ³	Ходили на двух ногах, жили среди скал в открытых местах, употребляли мясную пищу	В качестве орудий пользовались камнями, палками, костями животных
Древнейшие люди — питекантропы (обезьяночеловек)	Африка, Средиземное море, о. Ява, около 1 млн. лет назад	Рост 150 см, объем мозга 900–1000 см ³ , лоб низкий, с надбровным валиком; челюсти без подбородочного выступа	Жили первобытными стадами в пещерах, пользовались огнем	Изготавливали примитивные каменные орудия, пользовались палками
Древнейшие люди — синантропы (китайский человек) <i>H. erectus</i>	Китай и др., 400 тыс. лет назад	Рост 150–160 см, объем мозга 850–1220 см ³ , лоб низкий, с надбровным валиком. Нижняя челюсть без подбородочного выступа	Жили стадами, строили примитивные укрытия, пользовались огнем, одевались в шкуры	Изготавливали орудия из камня и костей

Вопросы для самопроверки.

- 1) Каковы концепции антропогенеза?
- 2) Каковы концепции антропосоциогенеза?
- 3) В чем суть понятия «человек как биосоциальный вид»? Соотношение биологического и социального в индивидуальном развитии человека.
- 4) В чем суть понятий «индивид» и «личность»?
- 5) Объясните, в чем заключаются морфологические и функциональные отличия человека от животных?
- 6) В чем суть эволюционного учения Ч. Дарвина и синтетической теории эволюции?
- 7) В чем заключаются демографические проблемы в современной России?
- 8) Факторы, определяющие уровень здоровья населения. Определите положительное и отрицательное научно-технического прогресса в современных условиях.
- 9) Каковы на сегодняшний день общеэкологические проблемы России и мира в целом? Каковы пути их преодоления?

Термины и понятия

Абсолютное – безусловное по сущности своей и безотносительное к чему-либо внешнему (например, абсолютное пространство и время в классической механике И.Ньютона).

Адаптация – приспособление организма к среде.

Адсорбция – поглощение веществ из газовой или жидкой среды поверхностью твердых тел (адсорбента) или жидкостей.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – органическая аденозинтрифосфорная кислота, содержащая аденин, рибозу (сахар) и три фосфатных группы, осуществляет перенос энергии в органоидах клетки.

Антропогенез (греч. antropos – человек и греч. genesis – происхождение) – учение о происхождении человека.

Бактерии (греч. bakterion – палочка) микроскопические одноклеточные организмы.

Бактериофаг (греч. фageйн – пожирать) – вирус, поражающий бактерии.

Близкодействие – передача взаимодействия от тела к телу, от точки к точке с конечной скоростью.

Биологическое окисление – отщепление электронов от атома или молекулы и перенос их по системе специальных переносчиков, находящихся в клеточных структурах – митохондриях.

Брожение – ферментативное расщепление органического вещества в анаэробных условиях с выделением энергии (процесс в живых клетках).

Вакуум (от лат. vacuum – пустота) – особое состояние электромагнитного поля при отсутствии возбуждения.

Валентность – число электронов, которое атом присоединяет, отдает или делит с другим атомом при образовании химических связей.

Верификация (от лат. verus – истинный и лат. facio – делаю) – проверка, эмпирическое подтверждение теоретических положений науки путем сопоставления их с наблюдаемыми объектами чувственными данными, экспериментом.

Виртуальные частицы – теоретические вычисленные, непрерывно возникающие и исчезающие после очень короткого времени существования.

Вид – единица классификации растений и животных.

Волны материи – понятие, обозначающее волновые свойства материальных частиц (введено французским физиком Луи де Бройлем).

Водородная связь – слабая связь между двумя молекулами (или) частями одной молекулы) через атом водорода, который соединяется с двумя атомами, один из которых обычно атом кислорода.

Гелиоцентризм – теория, согласно которой Солнце является центром системы вокруг которого вращаются планеты.

Генезис (от греч. genesis – происхождение, возникновение) – процесс образования и становления какого-либо природного или социального явления.

Геоцентризм – теория, указывающая на центральное положение Земли во Вселенной (теория Аристотеля-Птолемея).

Глобальный эволюционизм – представление о всеобщем характере эволюции во Вселенной, подтверждаемое теорией Большого взрыва и неравновесной термодинамикой в физике, концепциями предбиологической эволюции в химии, учением о дрейфе континентов в геологии, эволюционной генетикой и биологией, а также другими теоретическими построениями.

Дальнодействие – представление, согласно которому действие тел друг на друга передается мгновенно через пустоту на неограниченные расстояния.

Дедукция – способ рассуждения или метод движения знания от общего к частному (индукция – напротив, - от частного к общему).

Дискретность (от лат. discretus – разделенный, прерывистый) – прерывность (в отличие от непрерывности).

Дифракция (от лат. diffractus – разломанный) – отклонения волн, возникающие при их распространении в неоднородных средах.

Евгеника (от греч. eugenus – хорошего рода) – учение о наследственном здоровье человека и путях его улучшения, а также о возможных методах влияния на эволюцию человечества для совершенствования его биологической природы.

Естественная среда – среда обитания человека, включающая неживую и живую природу.

Естествознание – система наук о природе.

Закон – необходимая, существенная, повторяющаяся, устойчивая связь между явлениями, предметами или их свойствами. Вскрываемые наукой законы природы представляют собой объективные характеристики изучаемой реальности. В то же время формулировки законов выражают достигнутый на настоящий момент уровень знаний.

Изотропность (от изо... и греч. tropos – поворот, направление) – независимость свойств физических объектов от направления; например, изотропность пространства.

Инвариантность (от лат. invariants – неизменяющийся) – неизменность какой-либо величины при изменении физических условий или преобразовании координат.

Интерференция – чередование темных и светлых полос спектра при наложении волн в противоположных фазах.

Кварк – теоретически вычисленная элементарная частица с дробным электрическим зарядом.

Клетка – элементарная живая система, основа строения жизнедеятельности всех живых организмов.

Континуальность (от греч. continuum – непрерывное) – непрерывность.

Континуум – непрерывное, связанное, целостное единство точек, чисел и физических величин.

Концепция (от лат. conceptio – понимание, система) – определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений; система взглядов, объясняющих их.

Корпускула (от лат. corpusculum – частица) – частица в классической (неквантовой) физике.

Космос (от греч. kosmos) – синоним астрономического определения Вселенной. Выделяют ближний космос, исследуемый с помощью космических аппаратов и межпланетных станций, и дальний космос – мир звезд и галактик.

Креационизм (от лат. creatio – сотворение) – религиозное учение о сотворении мира Богом из ничего.

Метанококки – группа живых организмов, занимающая промежуточное положение между прокариотами и эукариотами (в том числе по генотипу).

Метод – совокупность правил, приемов, исследований, познавательской и практической деятельности.

Наука – система знаний о явлениях и процессах объективного мира и человеческого сознания, их сущности и законах развития; является областью человеческой культуры; как социальный институт – есть сфера деятельности людей, в которой вырабатываются и систематизируются научные знания о явлениях природы и общества.

Неевклидова геометрия – геометрия, отличная от евклидовой (по имени древнегреческого математика Евклида), описывающая поверхности, обладающие кривизной (например, геометрия Лобачевского, геометрия Римана).

Ноосфера – сфера разума, область активного проявления научной мысли как главного фактора воздействия человека на окружающий мир.

Обмен веществ (метаболизм) – совокупность всех химических изменений и всех видов превращения веществ и энергии в организмах, обеспечивающих их развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение, а также связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий.

Онтогенез (от греч. ontos – сущее и генез) – индивидуальное развитие растения или животного, охватывающее изменения, происходящие с ним от момента зарождения до окончания жизни. Онтогенез следует рассматривать в единстве с историческим развитием рода или вида (филогенезом).

Парадигма – понятие современной науки, введенное американским ученым Т.Куном и означающее особый способ организации научного знания, задающий то или иное видение мира и соответственно образцы или модели постановки и решения исследовательских задач. Парадигмами в истории науки можно считать аристотелевскую динамику, ньютоновскую механику, дарвиновскую эволюцию и т.д.

Пространственно-временной континуум – целостное, непрерывное единство пространственных и временных координат.

Синергетика – теория самоорганизации. Возникла в 1970-е годы. Междисциплинарное научное направление (И.Р.Пригожин, Г.Хакен и др.), которое занимается поиском общих принципов самоорганизации систем самой различной природы (физических, биологических, социальных и т.д.). Самоорганизация – это процессы перехода менее упорядоченных систем к более упорядоченным формам организации (переход от хаоса к порядку). Считается, что развитие осуществляется через неустойчивость (хаотичность), что развитие большинства известных науке систем носит нелинейный характер, а, следовательно, имеет место многовариантность возможных путей эволюции любой системы, а также ее необратимый характер.

Фальсификации принцип – принцип отграничения научного знания от ненаучного, предложенный английским мыслителем К.Поппером. Суть принципа в том, что критерием научности теории является ее фальсифицируемость или опровержимость. Если какое-либо учение (астрология, идеология, теология) устроено так, что в состоянии истолковать любые факты в свою пользу, т.е. неопровержимо в принципе, то оно не может претендовать на статус научного.

Фенотип (от греч. phaino – являю и тип) – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития. Фенотип формируется в результате взаимодействия наследственных свойств организма (генотипа) и условий среды обитания.

Ферменты (от лат. fermentum – закваска) – биологические катализаторы, белковой природы, осуществляющие превращение веществ в организме, направляют и регулируют его обмен веществ.

Фотон – квант электромагнитного поля (света).

Черная дыра – звезда потерявшая равновесие, (масса ее в два раза больше массы солнца) претерпевающая неограниченное сжатие, обладающая свойством не выпускать за свои пределы никакое излучение (она имеет мощное тяготение).

Химическая кинетика – раздел химии, объясняющий качественные и количественные изменения химических процессов; учение о скоростях и механизмах химических реакций.

Эволюция (от лат. evolution – развертывание) одно из форм движения в природе и обществе; непрерывное, постепенное изменение и развитие. Представление об эволюции всех форм неживой и живой материи выражается в понятии «**универсальный (или глобальный) эволюционизм**».

Элементарная частица – далее неразложимые частицы, качественно отличающиеся от сложных частиц и составляющие глубинный уровень структуры материального мира.

Электродинамика – классическая теория электромагнитных процессов в различных средах в вакууме.

Энтропия (от греч. entropia – поворот, превращение) – термодинамическая функция, характеризующая часть внутренней энергии замкнутой системы, которая не может быть преобразована в механическую работу. Понятие энтропии введено в термодинамику немецким физиком **Р.Клаузиусом**. Второй закон термодинамики, в формулировке которого используется понятие энтропии, гласит: «При самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, **энтропия** всегда возрастает». Физический смысл возрастания энтропии сводится к тому, что система стремится перейти в состояние с наименьшей упорядоченностью движения частиц. Таким образом, **энтропия** является **мерой беспорядка системы**.

Этика науки – система знаний о нравственных основах научной деятельности.

Этика биологическая (биоэтика) – одно из направлений современной этики, рассматривающее феномен жизни в качестве высшей этической ценности, а сохранение жизни – в качестве важнейшего критерия различения добра и зла. С биологической тесно связаны **медицинская и экологическая этика**.

Экология (греч. ойкос – дом, логос – слово, рассуждение) – наука о взаимоотношениях между живыми организмами и окружающей их средой, как физической, так и биологической.

Экосистема – устойчивая природная система с замкнутым круговоротом веществ между живыми и неживыми компонентами.

Экотон – довольно широкая переходная зона между соседними биотопами.

Электрон – отрицательно заряженная элементарная частица.

Элемент (химический) – один из ста с лишним различных видов материи.

Ядерная реакция цепная – массовое деление атомных ядер.

Ядерная, термоядерная реакция – ядерная реакция синтеза.

Литература

1. Агаджанян А.Н. Человек и биосфера. М., 1987.
2. Арутюнов В.С. и др. Ступени эволюции. – М.: Наука, 2006.
3. Бернал Дж. Происхождение жизни. М., 1976.
4. Беляев Д.К. и соавторы. Биология. М.: Просвещение, 1991.
5. Большой энциклопедический словарь. Биология. Б.Р.Э., 1998.
6. Вайнберг С. Открытие субатомных частиц. М., 1986.
7. Вернадский В.И. Биосфера. М., 1987.
8. Волькенштейн М.В. Физика и биология. М., 1980.
9. Воронцов-Бельяминов Б.А. Очерки о Вселенной. М.: Наука, 1980.
10. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. М., 2003.
11. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. К.С.Е. 1997.
12. Дубинин Н.П. Вечное движение. М., И.П.Л., 1975.
13. Дубинин Н.П. Очерки о генетике. М., 1985.
14. Дьюрел К. Азбука теории относительности. М., 1970.
15. Дювинье П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. М.: Прогресс, 1968.
16. Ильин В.В., Калинин А.Т. Природа науки. М., 1985.
17. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. М., 2004.
18. Концепции современного естествознания. Под ред. Л.А. Михайлова. Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2008.
19. Концепции современного естествознания. Под ред. В.Н.Лавриненко, В.П.Ратникова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007.
20. Кошаров В.Н. Занимательная астрофизика. М., 1984.
21. Левитан Е.П. Астрономия. М.: Просвещение, 1994.
22. Левитан Е.П. Физика Вселенной. М.: Наука, 1976.
23. Левитан Е.П. Эволюционная Вселенная. М.: Просвещение, 1993.
24. Моисеев Н.Н. Судьба цивилизации. Путь разума. – М., 1998.
25. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. М., 1990.
26. Опарин А.И. Проблемы происхождения жизни. М.: «Знание», 1976.
27. Садохин А.П. Концепции современного естествознания. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006.
28. Структура и развитие науки. – М., 1978.
29. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. – М.: Наука, 2002.
30. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1980.
31. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.
32. Энгельгард В.А. Проблемы жизни в современном естествознании (В кн. Ленин и современное естествознание). М., 1969.
33. Юсуфов А.Г., Гамидов А.А. Организация и развитие живой природы. М. - Кала, Дагучнедгиз, 1985.
34. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М.: «Высшая школа», 1981.
35. Попов В.П., Крайнюченко И. В. Глобальный эволюционизм и синергетика ноосферы. - Ростов – на - Дону. СКНЦВШ. 2003. (Holism.narod. ru)
36. Попов В.П. Инварианты нелинейного мира. – Пятигорск. Издательство технологический университет. 2005. (Holism.narod. ru).
37. Попов В.П. Организация. Тектология XX1. – Пятигорск: Издательство технологический университет. 2006. (Holism.narod. ru).
38. Попов В.П., Крайнюченко И.В. Психосфера. – Пятигорск.: РИА-КМВ. 2008.
39. Попов В.П., Крайнюченко И.В. Альтернативное мировоззрение. Пятигорск. ИНЭУ. 2005. (Holism.narod. ru).
40. Шустров В.Г. Эпистеме Мира. - Н. Новгород, Деколь. 1993.
41. Медников Б.М. Дарвинизм в XX веке. - М.: Советская Россия, 1975.
42. Реймерс Н.Ф. Экология. - М.: Россия молодая, 1994.
43. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. Молекулярная биология клетки. - М.: Мир. Т.1 1986.
44. Клягин Н.В. Происхождение цивилизации (социально-философский аспект). - М.: Знание, 1996.
45. П. Тейяр де Шарден. Феномен человека. - М.: Наука, 1987.
46. Стивен М., Стенли. Массовые вымирания в океане // В мире науки. 1984, №8, с. 26.
47. Капица С.П. Рост населения Земли и его математическая модель. // Наука и жизнь, 1998, №3.
48. Гумилёв Л.Н. Этносфера. История людей и история природы. - М.: Знание. 1993.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. ЭНТРОПИЯ

Впервые понятие «энтропия» эмпирически было выведено Клаузиусом в 1865 г. Эта функция вида $S=Q/T$ (Q - теплота, T - температура) трактуется как часть внутренней энергии системы, которая не может быть переведена в работу. Л. Больцман (1872 г.) для идеального газа теоретически вывел выражение энтропии $S = K \ln W$, где K – константа; W – термодинамическая вероятность (количество перестановок молекул газа, не влияющее на макро состояние системы). Для многих гуманитариев приведенные формулы ни о чем не говорят. Они обращают внимание только на выводы, в которых энтропия Больцмана трактуется как мера беспорядка, мера хаоса системы. А. А. Петрушенко справедливо отмечает, что энтропия – это функция, «привязанная» к поведению простых атомарно-молекулярных систем. «Энтропия проявляется в разных формах, а термодинамическая форма энтропии является лишь частным случаем».

Если нет критериев хаоса для сложных систем, то невозможно говорить о росте или уменьшении беспорядка. Энтропия может выражать беспорядок только простых систем. Для сложных систем еще предстоит найти способ, характеризующий порядок – беспорядок.

Сложные системы многоплановые. Беспорядок в одних функциях может компенсироваться порядком в других. Ученый может быть очень упорядочен в своих умозаключениях, но быть совершенно беспомощным в бытовых вопросах. Философ способен гносеологически организовать мир, но не умеет починить водопроводный кран.

Прежде чем продолжить анализ следует обратить внимание на то, что Больцман упростил Мир до предела, представив его идеальным газом, не учитывая того, что все молекулы обладают своей внутренней структурой, взаимодействуют друг с другом, находятся в поле тяжести, совершают колебательные движения и т. д. Но систем, где отсутствует взаимодействие, в природе не существует и с точки зрения синергетики они развиваться не могут. Несмотря на это энтропию не критично стали привлекать для описания сложных развивающихся объектов. Еще Больцман считал биологическую жизнь явлением, способным уменьшать свою энтропию. Согласно Больцману и его последователям вся Вселенная идет к тепловой смерти.

Антитезой Больцману выступали эволюционисты. В частности Ч. Дарвин показал, что процессы, происходящие в Мире, в ходе эволюции (возникновение жизни) не только не деградируют, но все время усложняются. Первая половина XX века вопреки прогнозу Л. Больцмана принесла человечеству модель рождения и эволюции Вселенной, где над деструктивными процессами преобладали процессы самоорганизации. Из однородного гелий - водородного облака путем гравитационного сжатия стали образовываться плотные сгустки материи – звезды, планеты. Вселенная становилась неоднородной, как по плотности, так и по температуре. Химический состав ее усложнялся. Кроме простых атомов водорода и гелия в недрах звезд возникли все элементы таблицы Менделеева. Появилась жизнь. Разве это деградация? Но консерватизм мышления стоек. Биологи, например, стремятся доказать, что жизнь постоянно уменьшает свою энтропию и это есть главный признак жизни.

Понятием энтропия продолжают пользоваться не только биологи. В 1948 К. Шеннон ввел понятие «энтропия» в теорию информации. Если сигнал на выходе канала связи является точной копией сигнала на входе то, с точки зрения теории информации, это означает отсутствие энтропии. Формулы Больцмана ($S = K \ln W$) и Шеннона ($H = -\sum P_i \log_2 P_i$) имеют лишь внешнее сходство. Сам Шеннон предостерегал от чрезмерного расширения его энтропии и сопоставления её с термодинамической энтропией. Но произошло то, от чего предостерегал Шеннон.

Приведём пример, когда развитие изолированной системы, которое согласно второму закону термодинамики должно сопровождаться ростом энтропии, вопреки выводам Больцмана и суевериям современной синергетики не сопровождается ростом беспорядка. Принято считать, что состояние жидкой воды более хаотично, чем состояние кристаллической воды (льда). Поместим смесь льда и воды в изолированную камеру при условии, что температура льда существенно ниже температуры воды и доля льда превышает долю воды. Через некоторое время вода замерзнет. В термостате не окажется «хаотической» воды, а будет только «упорядоченный» лед. Получается, что в изолированной системе самопроизвольно свершил-

ся процесс роста упорядоченности, а это противоречит общепринятым представлениям. Если взять избыток жидкой воды и мало льда, то процесс пойдет в обратном направлении. Лед превратится в жидкую воду. Итак, при некоторых условиях процесс самоорганизации в изолированной системе может быть направлен не к хаосу, а к порядку. Для того, чтобы окончательно избавиться от догмы, накладывающей запрет на развитие изолированных систем, рассмотрим ещё ряд примеров.

Изолированная система представляет собой некоторую совокупность элементов и связей, помещённых в оболочку, непроницаемую для вещества и потоков энергии. В такой изолированной системе должны соблюдаться законы сохранения энергии и вещества. Если бы из системы «утекало» вещество, то внутри системы законы сохранения не соблюдались бы. Принято считать, что развитие некоторой системы может протекать только с использованием ресурсов, которые находятся во внешней среде. Покажем, что это не всегда так.

Построим изолированную систему, в которую включим источники ресурсов и подсистему утилизации «отходов». В такой изолированной системе будут протекать любые процессы, в том числе и развитие с усложнением, пока не истощатся запасы ресурсов. В зависимости от ёмкости запасов и размеров системы развитие может протекать миллиарды лет. Промышленные предприятия могут работать месяцами на запасённых ресурсах. Морской лайнер без дозаправки может пересечь океан. Примером может служить также наше Солнце и солнечная система, которая очень слабо связана с другими звездными системами в нашей галактике. Энергия Солнца черпается из внутренних процессов синтеза «тяжелых» элементов. Сырьё для синтеза попало туда на начальной стадии сгущения газопылевой туманности. И эти процессы обеспечивают развитие Солнца от плазменного состояния к состоянию «белого карлика» уже 5 млрд. лет. С точки зрения человека – целая вечность.

Наша Вселенная развивается за счет энергии, выделившейся при Большом взрыве в начальной стадии эволюции. Если наша Вселенная изолированная, то она развивается на внутреннем источнике ресурсов. Сложившееся заблуждение о косности изолированных систем основывается на опытах, проведенных на системах очень малой энергоёмкости, где затухание процессов протекало быстро, и переходные состояния из наблюдения исключались. Незаметно лабораторные представления перенесли на макро и мега системы.

В свете изложенного материала, целесообразно обсудить утверждение, что свойствами диссипативных систем являются открытость, неравновесность и нелинейность. Это утверждение не вызывает возражения, но такие же свойства могут присутствовать и в изолированных системах. Следует добавить, что «изолированность» понятие не абсолютное. Полностью изолированных систем не бывает. Существуют системы с очень ограниченным обменом с окружением. С момента изоляции система может длительно дрейфовать к равновесному состоянию, поэтому и в изолированной системе присутствует состояние неравновесности. Наша планета до сих пор не пришла к равновесному состоянию и продолжает миллиарды лет остывать. На глубинах 40 - 80 километров температура превышает 10000 С.

Нелинейность представляет собой атрибут не только открытых систем. Линеиность всегда идеализация. Весь мир нелинейный, но степень нелинейности может быть разной и переменной, иногда ею можно пренебречь.

Возвращаясь к энтропии, можно добавить, что все законы термодинамики носят статистический характер и «работают» только в системах, где элементами являются атомы или молекулы, причём при высокой плотности вещества. Если рассматривать очень разреженные газы, когда в 1 см³ имеются единицы молекул, то в этих случаях законы термодинамики и понятие «энтропия» не приемлемы. Если молекула всего одна, то, о её хаотичности говорить не приходится. Следовательно, даже не во всех молекулярных системах можно применять энтропию. На более низком уровне сложности, в мире элементарных частиц, нуклонов, энтропия как функция состояния вообще не используется.

В мегамире имеются системы, содержащие сотни миллиардов кинетических единиц. Например, галактики, содержат сотни миллиардов звезд. Каждая звезда обладает кинетической энергией (движение). Звёзды связаны силами гравитации в скопления – галактики, которые довольно стабильно сохраняют свою форму. Однако звездные агрегаты и звезды не принято характеризовать энтропией. После своего образования звезда может не обмениваться веществом с другими звёздами. И при этом в жизненном цикле звезды можно увидеть переход от плазмы (хаос) к нейтронной звезде (порядок). Хаос переходит в порядок, а не наоборот.

Обратимся в мир живых и социальных систем и посмотрим, есть ли там место для энтропии. Проследим, как изменяется количество элементов в единице объема при восхождении по лестнице эволюции.

В нормальных условиях в 1 см³ газа содержится около 10¹⁹ атомов. В живой клетке плотность вещества выше, но элементами являются не атомы, а гигантские белковые молекулы. Оценим приблизительно 10¹⁴-10¹⁵ молекул в 1 см³. Живые ткани содержат в 1 см³ ~ 10⁹ клеток. Организм имеет несколько сотен органов. Чем выше иерархический уровень объекта, тем меньше кинетических единиц содержится в единице объема. Но при малом количестве элементов энтропия «теряет свои полномочия», так как функция $S = K \ln W$ статистическая.

В научном мышлении существует мнение, что живое создает вокруг себя беспорядок (хаос), но повышает свою упорядоченность (Винер, Шредингер). В свете изложенного выше это следует понимать так. Живое потребляет высокоупорядоченные ресурсы, а сбрасывает в окружающую среду нечто мало организованное. Докажем, что это стойкое заблуждение, как и использование понятия «энтропия» для биологических объектов.

Растения потребляют из атмосферы газы (CO₂), из почвы воду и некоторые микро-элементы. В окружающую среду они отдают газы (O₂, CO₂, H₂O), некоторые метаболиты и рассеивают тепло. В первом приближении энтропия входных и выходных материальных потоков отличается мало (на входе газ и на выходе газ). Животные, потребляющие кроме газов и воды высокоорганизованную материю в виде белков, жиров, углеводов, трансформируют их в свое тело аналогичной сложности. В биосфере отходы одних организмов являются высококачественным сырьем для питания других, поэтому ценные метаболиты организмов нельзя считать веществом с высокой энтропией. Более того, живое вещество по Вернадскому не упрощает косную материю, а даже усложняет, множит разнообразие. Нефть, уголь, месторождения железа, бокситов, мела, известняка и многих других минералов созданы живым веществом. Поддержание состава кислородной атмосферы Земли, этого явно неравновесного состояния, также является деятельностью живого. Тогда о какой же деградации окружающей среды идет речь?

Однако имеет место деградация энергии. «Высококачественная» световая энергия Солнца превращается в энергию химических связей тканей растений, которая затем после гибели растения деградирует в тепло. Однако переход света в тепло не является спецификой только живого. Этот процесс еще с большей интенсивностью осуществляется неживой материей. «Неживая» поверхность Земли поглощает весь приходящий от Солнца свет и затем в виде тепла излучает энергию обратно в космос, а живое вещество утилизирует всего несколько процентов солнечной энергии.

Но человек уменьшает разнообразие биосферы, могут возразить оппоненты, и этим увеличивает её энтропию. Действительно человек уменьшает разнообразие «дикой» биосферы, но при этом увеличивает разнообразие «культурной» биосферы (домашние животные и растения). Невероятно быстро растет разнообразие техносферы, естественно входящей в понятие внешней среды для человека. Кроме того, внутреннее разнообразие системы прямо никак не связано с величиной её энтропии. Принято считать, что кристалл является образцом порядка с минимумом энтропии, но трудно придумать что - либо более однообразное, чем кристалл. Наиболее развитые предприятия и организации общества стремятся упростить систему управления, но это никак нельзя связывать с деградацией.

Каждый уровень организации Мира должен описываться (и описывается) своим языком. Можно ли только по срезу на пеньке дерева судить об организации кроны, форме листьев, запахе цветков и т. п.? Нельзя понять сложное явление, опираясь на очень простые модели. Попытайтесь описать архитектуру здания, зная только структуру кирпича. Законы термодинамики способны описать газ, но для характеристики дома их явно не достаточно.

Используя системное видение мира, можно объяснить, что в сложных системах законы термодинамики просто не работают. Законы термодинамики действуют в идеализированных системах, где во внимание принимаются только тепловые процессы и потоки, а другие стороны объектов (структура, саморазвитие, управление, форма, цвет, запах, эмоции, сознание и пр.) не включаются в модель термодинамической системы.

Термодинамика «слепа» ко многим сторонам мира. В сложных объектах, которые являются синтезом, совокупностью множества различных систем, энтропия «работает» только на нижних этажах. Для аналогии можно привести образ дома. Допустим, нижний этаж состоит из атомов, молекул. Рост «энтропии» фундамента (выравнивание температуры, гомогенизация состава бетона, рассасывание внутренних напряжений) никак не повлияет на состо-

яние крыши и настраивание жильцов верхних этажей. Разрушение фундамента (это рост сложности, появление множества отдельных, связанных между собой фрагментов, возникновение трещин и внутренних напряжений) может повлиять на прочность дома. Дезорганизация сложных систем не всегда приводит к хаосу. Если каменную глыбу распилить на блоки правильной формы, то дезорганизация глыбы не выглядит как хаос.

Несмотря на сказанное, понятием «энтропия» оперируют в разных науках, следовательно, в этом есть потребность. Попробуем понять это. В молекулярных системах в ряду: газ - жидкость – кристалл энтропия уменьшается. Визуально в этом ряду возрастает и способность сохранять структуру (форму). Газ стремится неограниченно расшириться и не имеет формы. Капля жидкости уже оформлена (сфера), но ещё не прочно. Кристалл представляет образец устойчивости. Живое вещество существует и сохраняет устойчивость, упорядоченность, но не вследствие понижения энтропии, а благодаря процессам управления. По своей сути и энтропия Шеннона, характеризующая устойчивость сигнала к помехам, является мерой неустойчивости, мерой «зашумленности» канала связи. Итак, в случае с энтропией произошла подмена понятий, под энтропией стали понимать меру устойчивости системы.

2. Инварианты развития Вселенной.

Систематизация знаний выявила устойчивые закономерности (инварианты) эволюции, благодаря которым обозначилась цель развития и сущность человечества, удалось «заглянуть за горизонт» и построить модели будущего.

Традиционно центром внимания исследователей являлась эволюция вещества. Но наша концепция триединства **Вещества, Энергии и Информации (ВЭИ)** рассматривает также эволюцию энергии и атрибутивной информации. Энергия есть движение материи. Информация заключена в неоднородностях материальных носителей.

Расширение Вселенной сопровождается расслоением материи. **Главным трендом развития является образование агрегатов вещества.** Из однородной плазмы возникают атомы, молекулы, минералы, планеты, звезды, галактики. Между сгустками вещества находятся структуры физического вакуума. Вселенная становится гетерогенной по плотности вещества и энергии.

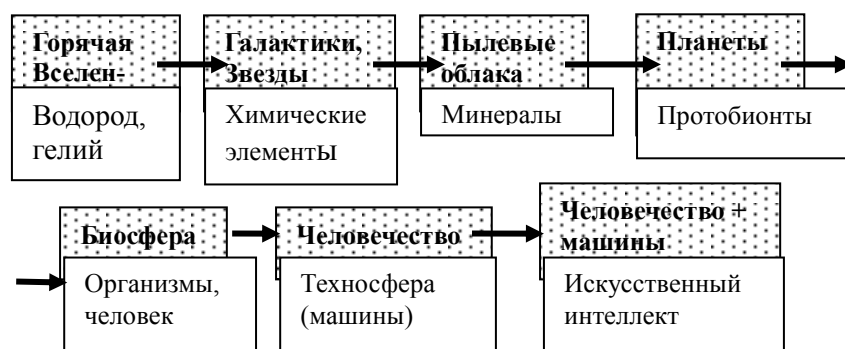


Рис. 1. Бинарная эволюция ВЭИ

Существенной новизной является системный подход к эволюции (рис.1). Два параллельных процесса развернуты во времени и протекают как единое, целое. Макросистемы (звёзды, пылевые облака, планеты, биосфера, человечество) в своих недрах синтезируют элементы. Это водород, молекулы, минералы, организмы, человек, механизмы и др. Из этих элементов образуются макросистемы.

Эволюция вещества сопровождается эволюцией энергии (движение материи). Вселенная становится неоднородной по концентрации кинетической энергии. Каждый очередной шаг эволюции протекает при более низкой температуре. Сосуществуют холодные объекты (планеты, астероиды, космическая пыль) и зоны с температурой в сотни миллионов градусов (звёзды, светила). В «горячих» зонах образуются ядра, атомы, химические элементы. В «холодных» зонах из атомов синтезируются разнообразные молекулы, возникают их агрегаты (минералы), белки и клетки живого вещества. Последовательность образования представлена на рис.1.

Агрегаты удерживаются от распада электрическими и гравитационными силами. Одновременно с укрупнением агрегатов (атомы, молекулы, клетки), внутренние связи становятся длиннее, энергия связей уменьшается, минимизируется диссипация энергии, возрастает роль информационной составляющей.

В борьбе за энергию живое вещество приобрело способность «отнимать» её у соседей. Добыча энергии и вещества потребовала повышения поисковой активности и рационализации этого процесса посредством управления, имеющего информационную природу. Управление присутствует во всех процессах, протекающих во Вселенной, но его влияние возрастает в биологических системах, т.к. позволяет активно искать ресурсы.

Эволюция атрибутивной информации выглядит как уменьшение количества микро-неоднородностей и возрастание доли макро-неоднородностей. Информация в организациях проявляется в виде структуры вещества, гетерогенности элементов, асимметрии связей, системной памяти и др. Поскольку новые организации являются агрегатами элементов – предшественников, то структурная память прошлого включается в структурную память будущего.

Объём системной памяти Вселенной постоянно возрастает и определяет вектор развития. Такова модель ВЭИ – эволюции.

Приведенная схема развития Вселенной позволяет увидеть инвариантные законы развития микромира, макромира, биосферы, человеческого общества и техносферы.

Очевидно, локомотивом эволюции является описанный выше процесс расширения Вселенной. Образование агрегатов вещества с температурой и плотностью превышающими средние величины для Вселенной, является попыткой сохранить память о прошлом, сохранить высокую плотность и температуру хотя бы в ограниченном объёме вновь возникающего вещества. Стремление организаций «сопротивляться» внешним воздействиям для сохранения гомеостаза известно в физике как принцип Ле – Шателье, закон Ленца, закон инерции и др. А в живом веществе адаптивность стала основой выживания. Итак, **консерватизм, стремление сохранить неизменное состояние является инвариантом.** Переходы в новое состояние (эволюция, прогресс) является вынужденной адаптацией к новым условиям.

Дополняя сказанное, можно отметить, что **организованности, возникшие на самых ранних этапах эволюции, более консервативны.** Пока что самым долгожителем во Вселенной считается протон. Теоретическое время его «жизни» 10^{32} лет и никто еще не сумел зарегистрировать его самораспад. Атом «прочнее» и долговечнее молекулы. Полимерная молекула чаще подвергается деструкции, чем мономерная молекула. Очень крупные образования (планеты, звезды) хотя и существуют миллиарды лет, но их существование явно неравновесное. Звезда это не состояние, а процесс (изменяются яркость, размеры, светимость, спектральные характеристики). Эта особенность имеет место и в биосфере Земли. Как видно, восхождение по эволюционной лестнице никак не сопровождается ростом стабильности.

На каждом этапе расширения материального субстрата возникают агрегаты вещества, способные функционировать в новых условиях. Высокая устойчивость «древних» организованностей объясняется тем, что нуклоны и атомы возникли при высокой температуре, следовательно, энергия внутренних связей высокая. Поэтому в зонах с пониженной температурой разрушить их целостность невозможно. Природа радиоактивного распада ещё не выяснена, но отбор атомов на устойчивость оставил нам 98 элементов, а остальные уже распались или продолжают распадаться (радиоактивность).

Молекулы образуются в зонах с пониженной температурой, энергия их внутренних связей существенно ниже, чем у атомов, поэтому при повышении температуры молекулы могут распадаться.

Процессы деструкции более типичны для верхних, сложных уровней организации Мира. Камень распадается до уровня песчинок и групп молекул (которые не разрушаются). Лед деградирует до жидкости, но молекулы H_2O остаются целыми. Живые клетки разлагаются до молекул и их блоков. Обычно уровень атомов и некоторых молекул в условиях Земли остается вне разрушения.

Живое вещество настолько непрочное, что для существования требуется постоянная регенерация элементов и связей. Живое работает против сил разрушения, и это позволяет эффективно выживать. Клетка - это объект огромной сложности, состоящий из очень нестабильных элементов, но процессы ее регенерации очень эффективны. Именно такой, непрочный, изменчивый материал оказался наиболее пригодным для эволюции. **Непрочность, мобильность, плюс управление (регенерация) обеспечивают гомеостаз и эволюцию живой материи.**

Необратимость эволюции определяется монотонным расширением и понижением температуры Вселенной. **Агрегаты вещества более устойчивы при низкой плотности энергии, поэтому эволюция осуществляется как интеграция вещества.** Процессы де-струкции, распада являются лишь средством отбраковки неудачных конструкций и средством создания нового строительного материала для следующих попыток интеграции. Сформулированные Дарвиным условия протекания эволюции живых систем: **изменчивость, наследственность, естественный отбор справедливы на всех этапах эволюции Вселенной.** Природа творит все в избытке, но длительно сохраняются только устойчивые образования.

Этот инвариант имеет место и в социальных организациях. Человечество из Африки распространилось по всей планете, создав множество рас и народов, разнообразие которых уменьшается в результате вымирания, истребления, интеграции. Множество древних человеческих племен слились в крупные государства. Исчезают древние языки. Исчезнувших языков больше, чем появившихся. Наблюдается четкая тенденция к интеграции человечества в единый, организованный социум. Развитие техносферы также следует этой закономерности. Итак, **волны эволюции вначале множат разнообразие, затем естественный отбор выбраковывает неудачные «конструкции».**

Новые организмовности возникают как комбинации предшествующих. Согласно современным представлениям при расширении Вселенной из вакуума “родились” элементарные частицы материи (кварки, лептоны). Кварки, группируясь по три, образовали протоны и нейтроны. Протоны и нейтроны, объединяясь сформировали ядра атомов. Сочетание ядер и электронов породило атомы. Комбинации атомов создали миллионы типов молекул. Миллиарды молекул объединились в минералы, горные породы и в живые клетки. Клетки объединились в колонии, колонии «срослись» в организмы. Организмы интегрировались в биоценозы, а биоценозы – в биосферу. Человечество является частью биосферы.

Атомы – древнейшие структуры существуют в каждом из нас. Кровообращение, нервная система, мозг, появившись, не исчезли, а продолжали победоносно восходить по лестнице эволюции. Хвост приматов исчез из фенотипа человека, но храниться в генотипе. Эти примеры **иллюстрируют расширение системной памяти Вселенной.**

Эволюция и все процессы являются цепью событий. Например, чтобы объединиться, молекулы А и В должны найти друг друга, сблизиться, развернуться в «удобные» положения, обменяться электронами (объединиться). Последовательные стадии роста приводят к образованию кристаллов, формированию живых организмов, к образованию звезд, планет, галактик. Биоценозы также образуются путем последовательной смены ряда состояний. Этот процесс в растительном мире называется сукцессией. Например, на песке вначале вырастает трава. Траву заменяют кустарники, за кустарником следуют деревья определенных пород и все заканчивается дубравой или кедровником. Здесь сменяющиеся лидеры (доминант) осуществляют цепь событий, подготавливают условия для развития новой формы жизни.

Нечто аналогичное можно увидеть и в онтогенезе организма. Развитие эмбриона - это своеобразная «сукцессия» клеток. В начале закладываются нервные клетки (мозг), которые ведут за собой процесс развития организма.

Цефализация биосферы – это перманентная смена животных, каждый раз все более «разумных». Человеческая история - это цепь сменяющих друг друга цивилизаций. Развитие техносферы, следуя этой закономерности, является рядом технологий, конструкций.

В ходе эволюции разнообразие вещества и организаций нелинейно возрастает, поскольку эволюция осуществляется комбинированием множества структурных блоков. Например, для синтеза 114 типов атомных ядер достаточно комбинаций из двух типов нуклонов (протонов и нейтронов). Для образования ядер 300 тыс. видов неорганических молекул и более 10 млн. видов органических молекул достаточно всего около 100 видов различных атомов. Двухсот типов клеток достаточно для возникновения миллиардов видов живых существ.

Нелинейность этого процесса заключается в следующем. В начале жизненного цикла новое явление незаметно зарождается в недрах старого. Его замечают, когда оно бурно растет и его становится много. На стадии зрелости наступает период стабилизации и спустя какое-то время - распад (умирание). Именно так Л. Гумилев описывал **жизненный цикл** этносов.

Эволюционные переходы, как правило, нелинейные. Любой процесс начинается медленно, незаметно, затем наступает период резкого ускорения темпов изменения, завершающийся замедлением и остановкой. Каждая организация совершает свой жизненный цикл (ЖЦ). За примерами обратимся к начальному периоду эволюции нашей Вселенной, когда всего за 300 секунд сформировался микромир, возникли атомы водорода и гелия и их количество почти не изменяется уже десятки миллиардов лет.

Пылевые «туманности» вначале медленно сжимались гравитационными силами в шары. Далее процесс лавинообразно развивался до тех пор, пока не возникли плотные, газовые сферы (солнца). В итоге сжатие было остановлено силами внутреннего давления. Равновесие гравитации и давления сохраняет звезду от разрушения несколько миллиардов лет.

Вначале эволюция живого на Земле шла медленно. Биосфера, состоящая из простейших и одноклеточных, существовала около 1,5 млрд. лет. Жизнь как бы «протаптывала» себе дорогу, изменяя окружающую среду, делая ее более благоприятной. Создавался озоновый экран в атмосфере, защищающий жизнь от убийственного солнечного излучения. Темп образования новых более совершенных организмов ускорился в следующей последовательности:

архитархи (700 млн.) – рыбы (500 млн.) – сухопутные позвоночные (350 млн.) – рептилии (320 млн.) – млекопитающие (220 млн.) – птицы (140 млн.) – приматы (10-20 млн.) – человек (6-1 млн.).

Как видно для образования нового вида требовались уже не миллиарды лет, а сотни и даже десятки миллионов. Это ускорение эволюции произвело огромное разнообразие видов живых существ, соизмеримое с числом видов молекул. Еще быстрее смена видов происходила в семействе гоминид. Можно предположить, что биосфера заканчивает стадию роста и переходит в стадию снижения разнообразия и замедления развития, а человек способствует этому процессу.

Рост численности людей также происходит по аналогичной зависимости. Человечество, появившись на Земле в небольших количествах (100-300 тыс. особей 200 тыс. лет тому назад), в двадцатом веке резко увеличило численность до 6 млрд. человек, которая стабилизируется к середине двадцать первого века, что означает завершение развития популяции. Развитие техносферы находится в стадии бурного роста, и пока стагнация не наблюдается.

Всякая организованность вначале существует за счёт самоорганизации. По мере «взросления» она дифференцируется и в ней проявляется управляющая (доминантная) надсистема. Например, в ходе эволюции некоторые симбиотические колонии клеток «срослись» в организмы (в каждом организме есть органы-доминанты). По мнению Реймерса, в биоценозах доминируют животные, которые разнообразнее всех и сложнее. В биосфере доминантом стал человек, который ставит перед собой задачу управления биосферой, пытаясь осуществлять с ней коэволюцию.

Все системы можно разделить на две группы: самоорганизующиеся и управляемые. И самоорганизующиеся и управляемые системы преследуют одинаковую цель – сохранить устойчивость. Управляемые системы, в отличие от самоорганизующихся, имеют подсистемы, организующие движение к некой цели.

Каждый более сложный уровень организации все в большей степени подчиняет своему влиянию окружающую среду. **Верхние уровни приспособливают низшие к своим потребностям (коэволюция).** В.И. Вернадский обратил внимание на активное преобразование поверхности Земли живым веществом. Простейшие организмы сконцентрировали залежи минерального сырья. Морские организмы создали горы известняка, мрамора. Взаимодействие живого и неживого образовало почву. Без живого косное вещество осталось бы косным навсегда.

Структуры, которые объединяются в более сложные организации, ускоряют свой темп развития. Управление, заменяя случайность предпочтительным выбором, формирует коридор развития. Человечество, ограничивая разнообразие природы, само организует ход истории.

Сложившаяся картина эволюции приводит к мысли, что **новый порядок возникает не из хаоса, а из предшествующего порядка, который считается хаосом только по причине сложности понимания.** Каждый предшествующий этап эволюции детерминирован законами природы, правилами, запретами. В квантовом микромире «работают» законы сохранения, запрещающие те или иные взаимодействия. Эта «невидимая рука» в качестве системной памяти создаёт вектор эволюции. Никакими случайными движениями слепой человека не смог бы открыть замок, если бы не существовала комплиментарность ключа и замка. **Эволюция детерминирована информационной матрицей, которая является атрибутом первовещества, мирового субстрата.**

В дополнение сказанному следует добавить следующее. Принято считать, что расширение Вселенной происходит в результате разбегания галактик. Сведений о расширении атомов, молекул минералов, планет не имеется. Если расширяется вакуум (материальный субстрат), то должны изменяться его физические свойства. Поэтому представление о существовании мировых констант вызывает сомнения, так как константы в той или иной степени зависят от скорости света. Скорость распространения всех известных волн зависит от физических свойств среды (например, плотности и упругости). Если отстаивать константность скорости света, то следует допустить, что расширяющийся физический вакуум не изменяет своих физических свойств. Эти рассуждения приводятся для инициирования сомнений в незыблемости «стандартной модели» мироздания. Выявленные инварианты позволяют предсказывать следующие перемены.

- Биосфера и человеческая популяция завершили своё развитие. Неизменное состояние биосферы долго сохранять невозможно. Численность человеческой популяции будет снижаться.

- Политическая и социальная сферы человечества находятся в стагнации, ожидается **объединение всего человечества в управляемую организацию.** Человечество должно быть разнообразным, специализированным и интегрированным в единую экономическую систему, где наиболее эффективно сочетаются рыночные отношения и государственное регулирование.

- В человеческом социуме передовые страны должны ускорять эволюцию отстающих стран, иначе возникнет системная несовместимость.

- Техносфера не проявляет признаков старения и постепенно узурпирует функции человеческого тела, претендуя на роль заменителя интеллекта. Техногенный разум, порождённый человечеством, продолжит эволюцию.

3. Что такое жизнь.

Еще Дидро писал: “Я могу понять, что такое агрегат, ткань..., но живой организм? Не понимаю, не могу понять, что это такое?!”. Понятия живое, неживое человечеству известны давно. Живым считалось все то, что растёт, дышит, передвигается, питается, рождается и умирает. С накоплением знаний в определении живого возникли проблемы. В ХУІІ веке Левенгук в капле воды открыл мир микроорганизмов. Появились науки биология, ботаника, зоология и др. Различные исследователи давали определения жизни, находя у живого характерные признаки. Написаны учебники, где перечисляются специфические признаки живого, но при глубоком профессиональном рассмотрении эти признаки можно обнаружить и у неживых объектов. Четкая граница живое–неживое исчезла, что подтверждает гипотезу об эволюционном перерастании неживого в живое. Но необходимость осмыслить понятие жизнь осталась.

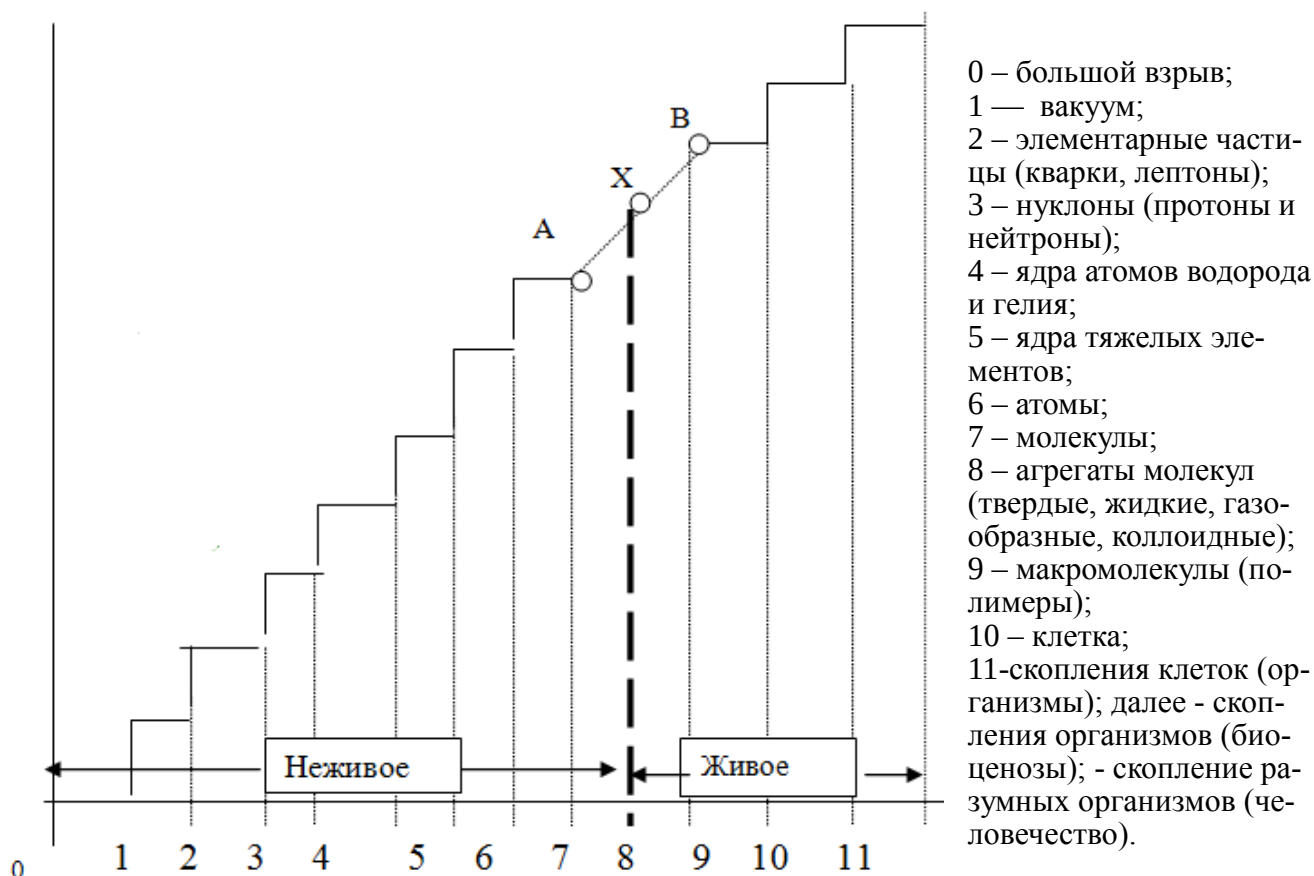
Ниже приводятся признаки живого, опубликованные в учебной литературе по естествознанию. Вначале цитируется учебник, затем приводятся комментарии.

1. “Живые организмы характеризуются сложной упорядоченной структурой. Уровни их организации значительно выше, чем в неживой природе”.

Весь мир бесконечно сложный, до конца не познанный объект. В ходе эволюции периодически возникали новые организмовности, более сложные, чем их предшественники. Молекула сложнее атома. Белковая молекула значительно сложнее атома. Как видно отличие в уровнях сложности упорядоченных объектов характерно для любых иерархических структур мира и не только для перехода неживое–живое.

Обычно сравнивают уровни сложности больших молекул или коллоидных систем с клеткой, отмечая большой скачок сложности. Однако нет таких оптимистов, которые считают, что клетка образовалась самопроизвольно из “осколков” неживой природы. Логично предположить, что клетка – это продукт достаточно длительной биологической эволюции. Более простые, живые предшественники клетки не оставили никаких следов, канули в вечность. Их можно только вообразить, смоделировать сознанием.

На рисунке 1 приведена эволюционная “лестница” усложнения мира. Точка А – это неживые предшественники клетки. Точка В – появление живых клеток. Между А и В большой разрыв в знаниях. Точка Х – условный переход от неживого к живому. Если бы мы могли сравнить организованности С и D вблизи точки перехода Х, то, вероятнее всего они не слишком сильно отличались бы между собой по уровню организованности. Лишь сравнение организованностей А и В дает значительный скачок сложности, на что и указывают многие исследователи. На существование доклеточных живых предков указывает следующая отмеченная эволюционистами закономерность. Новые, более сложные организованности образуются путем кооперации простых предшественников. Так, протон возник при объединении трех кварков. Ядро атома – это объединение протонов и нейтронов. Молекула – объединение атомов. Организм – объединение живых клеток. Усвоив этот принцип, можно предположить, что живая клетка – это объединение неизвестных живых форм, место которых на эволюционной лестнице между А и В. По мнению ряда биологов, органеллы клетки могли быть доклеточными живыми существами, объединившимися под защитой клеточной оболочки. Естественно, что они претерпели существенную специализацию и уже отличаются от своих “одиноких” предшественников морфологически и функционально. Рассмотрим другие признаки живого.



2. “Живые организмы получают энергию окружающей среды, используя ее для поддержания своей высокой упорядоченности”.

Это определение указывает на то, что живое можно причислить к открытым системам. Но в природе все эволюционирующие системы, (и неживые тоже) являются открытыми системами и черпают энергию из надсистемы. Существует множество физических, химиче-

ских, физико-химических процессов, происходящих только тогда, когда энергия поступает из окружающей среды. Многие реакции протекают при нагреве. Все технические устройства функционируют на “внешней” энергии. Смерчи, тайфуны, ветер черпают энергию солнца.

Таким образом, открытость живых систем – не специфический признак.

3. “Способность реагировать на внешнее воздействие (раздражитель) универсальное свойство всех живых систем”.

Да, все живое отвечает реакциями на внешнее воздействие. Но это не специфический признак живого. Внешнее воздействие всегда вызывает ответную реакцию в любых объектах природы. При изменении температуры объекты изменяют свои размеры. На влияние электромагнитных полей объекты отвечают намагничиванием, электризацией, деформацией, свечением, поляризацией. А на механические воздействия – деформацией, инерцией, перемещением, разрушением, нагревом, свечением, электризацией и др.

Ответная реакция сложных объектов всегда направлена на “нейтрализацию” внешнего воздействия. Объект своей реакцией стремится сохранить свое исходное состояние (принципы Ле-Шателье - Брауна, Ленца, инерция Ньютона). Причем реакции неживых объектов могут быть и не повторяющимися, наблюдается адаптация. Например, пружины теряют упругость при повторных воздействиях. Магнитный гистерезис – это тоже запоминание прежнего воздействия.

Сложные живые существа реагируют ситуационно, могут менять свое поведение. При опасности могут убежать, напасть, замереть. Однако, чем проще форма жизни, тем менее разнообразны реакций.

4. “Живые организмы изменяются и усложняются”. Модель эволюционирующей Вселенной демонстрирует изменения и усложнения не только живого, но и неживого (рис. 1).

5. “Все живое размножается”.

Да, этой яркий отличительный признак живого от большинства неживых объектов, но малоизвестно, что некоторые неживые объекты также могут размножаться. Капля воды в насыщенных парах растет до определенного размера, а затем делится на две меньшие капли. Последние снова начинают расти и делиться. Этот процесс размножения капель будет протекать до тех пор, пока сохраняются соответствующие условия. Этот процесс внешне напоминает размножение бактерий. Коацерватные капли органических веществ также могут расти и делиться. Из растворов солей растут кристаллы. Кусочек, отломившийся от растущего кристалла, становится зародышем для роста подобного кристалла.

Очевидно, что различия живого и неживого следует искать не в факте размножения, а в способах как это происходит. Живое растет изнутри, а неживое с поверхности.

6. “Жизнь есть форма существования белковых тел” (Ф.Энгельс).

На наш взгляд это определение не поясняет сущность живого, т.к. главными в клетках являются не белки (они лишь исполнители), а сложнотелесные полимеры (ДНК, РНК). Кроме того, вареное яйцо это тоже белки, но уже не живые.

7. “Живое способно к саморегуляции”.

Очень многие системы, которые нельзя назвать живыми, способны к саморегуляции. Многие неживые творения человека саморегуляторы (холодильник, робот, автомат). Устойчивые вихри, торнадо, вращающийся волчок (гироскоп) есть саморегулирующиеся системы. Температура кипения и замерзания постоянные величины. Таким образом, не факт саморегуляции, а способ, как это достигается, могут служить отличием живого от неживого.

8. “Жизнь – некая закодированная информация, которая сохраняется естественным отбором” (Типлер).

Закодированная информация имеется и на поверхности кристаллов и на поверхности гетерогенных катализаторов. Любой материальный объект содержит в себе атрибутивную информацию. Поэтому, если рассматривать информационный аспект живого, то необходимо разобраться, какая информация имеется в виду.

9. “Живая система работает против возрастания энтропии”.

С появлением науки синергетики было открыто много неживых систем, повышающих свою организованность (снижающих энтропию). Лазер создан человеком, преобразует “хаотическую” энергию в высокоупорядоченный световой луч. Позже лазеры (газовые лазеры) были обнаружены в межзвездном пространстве. Бензобак самолета покрывали слоем сырой резины. Пробойна от пули при этом самозалечивалась, затягивалась разбухшей от бензина резиной. Но процессы самозалечивания, регенерации, “ремонта” изношенных белковых молекул в живом, несомненно, ярко выражены.

10. “Живые объекты осуществляют обмен веществ с окружающей средой”.

Это значит, что на вход живой системы поступает одно вещество, а на выходе появляется вещество другого состава. В простейшей клетке совершается огромное количество биохимических превращений. Вернадский писал, что за год живое вещество планеты Земля пропускает через себя массу, соизмеримую с массой земной коры. Организм человека почти полностью обновляется за несколько месяцев.

Но и в неживых объектах можно наблюдать обмен веществ. Например, горение. На входе – горючие вещества, а на выходе – продукты сгорания. Химические реакторы, созданные человеком, интенсивно превращают вещество, но живыми их не считают.

Гетерогенные катализаторы (в том числе и природные) осуществляют на своей поверхности множество превращений.

Но несомненно, что обменные процессы выглядят в живом более грандиозно даже на уровне клетки. Различия в обменных процессах живого и неживого в том, что в первом они управляемы.

Как видно, пройдясь по эволюционной лестнице и проанализировав различные определения живого, мы не приблизились к ответу, но утвердились во мнении, что в живом всегда можно найти признаки, которые в упрощенных формах можно обнаружить и в неживом. Поэтому попытка найти какой-либо один абсолютный, характерный признак живого – занятие малоперспективное (но может быть не безнадежное).

Нужно изменить подход и искать те признаки (функции) неживого, которые в живом прогрессивно усиливаются.

Объединение этих функций в систему дает жизнь. Таким образом, исходя из системных понятий, жизнь – это эмерджентное свойство некоторой системы функций материальных объектов.

Попытаемся выделить ряд наиболее заметных, ярких характеристических признаков живого.

1) Стремление к независимости от изменяющейся внешней среды.

Это признак исходит из поведения неживых систем, описанных принципом Лешателье - Брауна, законом инерции в механике, принципом Ленца в электромагнетизме. Живое реализует это стремление разными способами. Создание искусственной среды обитания мембранами (клетка), кожей, шкурой, стенами и т.п. Поддержание в этой искусственной среде заданных параметров по температуре (теплокровные животные), химическому составу. Обновление внутренней структуры. Стремление к свободе человека – это проявления того же явления. Борьба народов за самоопределение – это социальные отголоски принципа Лешателье.

2) Размножение и экспансия.

“Самоизоляция единицы живого внутри некоторого замкнутого объема компенсируется экспансией, стремлением занять всю окружающую среду”. Этот процесс реализуется через размножение этих единиц. Неограниченное размножение подобно биологическому взрыву. Одноклеточные водоросли за 8 дней неограниченного размножения способны увеличить численность особей, которые по объему могут стать соизмеримыми с объемом Земли.

Экспансия корнями уходит в растущие кристаллы, сталактиты, но в живом это свойство возросло до невероятных размеров, ограниченных только ресурсами.

3) Обмен веществ. Стремление преобразовать и окружающую среду.

Обмен веществ – это могучая геологическая сила (Вернадский). Живое вещество Земли за год пропускает через себя и преобразует количество химических элементов, соизмеримое с массой земной коры. Это свойство в неживой материи (косной) очень слабо выражено и может быть обнаружено в каталитических процессах, протекающих на поверхности глин. Окружающая среда – это ресурс, потребляемый живым веществом. Интенсивность обмена веществ усиливается способностью живого активно искать ресурсы (питания). Клетка перемещается в сторону увеличения концентрации пищи. Растения тянутся к свету, воздуху, к воде.

Следы таких явлений можно обнаружить в коллоидных системах: движение частиц в градиентном поле, поглощение мелких капель крупными.

4) Способность к регенерации. Возрастание негэнтропии (упорядоченности).

Живые системы постоянно заменяют “морально устаревшее или изношенное оборудование”. Процессом распада, дезинтеграции противопоставляются процессы восстановления испорченного и разрушенного. Клетка периодически заменяет белки (ферменты). Орга-

низмы восстанавливают хвосты, ногти, кожу, волосы, стенки желудка. Человек полностью обновляется за несколько месяцев. Эта способность просматривается и в неживом. Ледяная сосулька после скола восстанавливается снова.

5) Специализация элементов живых систем.

Живое – это взаимодействие разнородных элементов, объединенных единством цели. Количество специализированных белков в клетке на несколько порядков превышает число атомов в сложной молекуле.

Специализированы и органы управления. Элементарная специализация может быть усмотрена и в функции атомных слоев поверхностей кристаллов, групп атомов, выполняющих каталитические функции на поверхности глины и т.п.

6) Лабильность (подвижность) функциональных связей.

В клетке нет постоянных мест расположения органелл. Они могут передвигаться в протоплазме, но функции свои они при этом выполняют. В животных все органы связаны эластичными тяжами, гибкими сосудами и нервами. Чем сложнее организация жизни, тем в большей степени “жесткие” связи заменяются информационными (муравейник, улей, термиты, толпа людей).

Истоки этого свойства (лабильность) обнаруживаются и в жидкостях и в твердых телах. Например, свойства жидкости не зависят от распределения молекул в капле. Броуновское движение постоянно перетасовывает молекулы, но при этом макроскопические свойства остаются неизменными.

7) Интенсивное производство и циркуляция информации.

Молекула ДНК дает “инструкции”, какие белки надо синтезировать и в каком порядке. Цитоплазма включает в работу те или иные гены. В клетке есть банк памяти (ядро, хромосомы). В организмах память также хранится в нервных узлах (ганглиях), в мозге. Посредством РНК – переносчиков информации “инструкции поступают” в “цех” синтеза белка (рибосомы). Комплектующие (аминокислоты) подаются в нужное место и вовремя. Это очень напоминает конвейерную сборку изделий на заводах, созданных человеком.

Информация из ДНК одной клетки передается к другим клеткам. Бактерии очень изобретательны в передаче и приеме ДНК – информации от одной клетки к другой. Известны, как минимум, четыре способа (трандукция, трансформация, конъюгация, сексдукция). Вирусы также участвуют в переносе блоков информации между разными клетками. Возможно, в этом и состоит полезная функция этих паразитов.

8) В структурном плане в живом много асимметричных элементов – волокон, пленок, нитей. В неживой природе такие формы, где очень развита поверхность (пленки, волокна), не наблюдаются, т.к. это невыгодно с позиций термодинамики. Наиболее устойчивы тела сферической формы. Иногда можно обнаруживать асимметричные, игольчатые кристаллические минералы (гипс, глины, асбест), но это скорее исключение, чем правило.

В живом за правило можно считать стремление к развитию поверхности. Примерами являются внутриклеточная эндоплазматическая сеть, пленки-мембраны, шерсть, волосы, кости, сухожилия, мышечные волокна, хлопок, лен, целлюлозные волокна, паутина и т.п. Длина капилляров одного человека соизмеримы с длиной экватора Земли. Площадь листьев растений увеличивает поверхность земли приблизительно в 10 раз. Ветвление корней и деревьев также демонстрирует эту тенденцию.

Химики знают, что увеличение скорости реакции достигается увеличением площади контакта взаимодействующих веществ. Видимо, высокая активность жизни нуждается в таких ускорителях.

Найти четкую границу между двумя нечеткими понятиями живое и неживое невозможно. Попробуйте найти границу между добром и злом. Между несколькими песчинками и кучей песка. Кто может определить, сколько нужно объединить песчинок, чтобы получилась куча. Поэтому нет смысла искать точку перехода от неживого к живому. Различия становятся более отчетливыми, когда мы отдаляемся от этой воображаемой точки. От неживого дальше всего прочего отошел человек. В этой организованности ярко заметно стремление к снижению зависимости от внешней среды, стремление подчинить себе окружающий мир, опережающее отражение, создание новой информации, обработка и передача больших объемов информации. Тейяр де Шарден в своем труде “Феномен человека” показал, что эволюция – это постоянное усложнение информационных структур живого (процесс цефализации).

Следует отметить, что эволюция человечества наиболее быстро осуществляется не в генотипе (фенотипе), а в сфере знаний, техносфере, Поэтому человечество можно рассматривать как информационный сверхорганизм, развивающий новый разум.

4. СИНЕРГЕТИКА

На волне идей глобального эволюционизма возникла наука о самоорганизации материи и механизмах глобальной эволюции. В 70 гг. XX века в науке сложилось понимание возможности самоорганизации материи под влиянием внутренних причин. Появились понятия: детерминированный хаос, фрактал, автопоэзис, диссипативные структуры, синергетика, бифуркация (вилка, расщепление путей развития, изменение состояний). Все теории представляют собой учения о взаимодействии, о развитии, о самоорганизации объектов разной сложности.

Классическая наука мало интересовалась переходными состояниями и процессами. Из экспериментов их старались исключать. Но вся природа фактически является единым непрерывным, «переходным» процессом. Мы живем в эволюционирующем, переходном мире. Стационарные состояния кратковременны, поэтому динамика переходных процессов важнее, чем статика. Синергетика делает акцент на изучении неустойчивых процессов, т. е. процессов развития.

Синергетика родилась не на пустом месте. Из теории организации, теории систем были позаимствованы понятия «иерархичность», «системность», «обратные связи». Эти понятия до появления синергетики активно разрабатывались в кибернетике и общей теории систем. Кибернетика изучает процессы самоорганизации устойчивых систем. Термин самоорганизация впервые использовал кибернетик Эшби (1947 г.).

В диалектике широко использовались понятия «развитие», «скачки», переходы от одного качества к другому. Но эти понятия принимались как факт, без объяснения механизмов их осуществления. Дарвин очень успешно для своего времени объяснил механизм развития, который сводился к известной триаде: изменчивость, наследственность, естественный отбор. Дарвин считал, что случайные изменения организмов при благоприятных условиях могут наследоваться, что приводит к изменению вида. Дарвинская случайность противоречила лапласовскому детерминизму. Лаплас предполагал, что знание положения вещей во Вселенной в данный момент, автоматически делает известным положение вещей в любой другой момент времени. Но уточнял, что знание законов является не точным, а вероятностным. **В синергетике случайные процессы уже не игнорируются, а считаются важной составляющей развития.**

Каждая наука описывает объекты «своим» языком. Синергетику интересует развитие любой природы, она описывает эволюцию на языке, понятном всем. Мировоззренческие следствия синергетического знания могут быть сформулированы без употребления математического инструментария и языка программирования, что делает их удобными для гуманитариев. Появилась надежда, что и сверхсложная социоприродная среда может описываться небольшим числом фундаментальных идей и образов, а затем, возможно, и математических уравнений.

Первые шаги в нелинейный Мир сделали математики, которые установили, что одна причина может порождать «букет» следствий. Согласно синергетическим представлениям некоторая система в ходе своего развития (движения) рано или поздно приходит в состояние неустойчивости. В зоне неустойчивости в результате флуктуаций траектория развития системы может резко измениться, происходят бифуркации. Количество возможных вариантов последующего существования не бесконечно и выбор их часто является делом случая. Под влиянием одинаковых воздействий механические системы могут резко, непредсказуемо менять свое состояние (совершать бифуркации).

Математика открыла особый вид детерминированной случайности. Исследуя достаточно простые системы (для сложных не хватает «мощности» математического аппарата), были открыты механические объекты, поведение которых на основе изначально заданных параметров предсказать трудно.

В 1744 г. Л. Эйлер, используя вариационное исчисление для определения равновесных состояний сжатой колонны, обнаружил бифуркации её состояний. Смысл его эксперимента сводился к следующему.

Если жесткий вертикальный стержень сжимать вдоль вертикальной оси, то при некотором критическом напряжении стержень резко изогнётся. Направление изгиба (новое со-

стояние) предсказать невозможно. Оно определяется случайными флуктуациями (малыми воздействиями) в момент бифуркации. Так была открыта динамическая случайность в простых механических системах.

Следует обратить внимание, что работы Эйлера и Пуанкаре обнаружили явление бифуркаций в механических системах, которые скачком могут менять своё состояние, при этом, не нарушая своей целостности. Колонна Эйлера после снятия напряжения возвращается в исходное состояние. Неделимый объект одновременно может находиться только в одном из возможных состояний, поэтому бифуркации обратимо происходят по схеме «ИЛИ - ИЛИ».

Попытка решения задачи о движении трех массивных тел в поле собственного тяготения привело к странному результату. Находясь в окрестностях некоторого центра тяготения, массы совершают непредсказуемые, неповторяющиеся траектории движения. Зона притяжения траекторий движения объектов получила название «странный аттрактор». Таким образом, равновесие системы сводится не к статике, а динамике непредсказуемого движения в некоторой зоне притяжения. В данном примере случайность является свойством самой системы.

Развивая теорию бифуркаций, Пуанкаре А. (1912 г.) создал общую качественную теорию динамических систем. Следуя по пути Пуанкаре и Ляпунова (1857 – 1918 г.г.), Андронов и Понтягин в 1937 г. ввели важное топологическое понятие структурной устойчивости. Француз Р. Том создал основы теории катастроф. Продолжили его работы Арнольд и Зиман. Теория катастроф успешно используется при расчетах механических конструкций и оболочек. Однако, на социобиологические объекты распространить эту теорию затруднительно.

Итак, в научное мышление вошли понятия бифуркация, зона притяжения (аттрактор), динамический хаос, катастрофы. Впечатление от этой новизны было так велико, что наложило отпечаток на образ мысли ряда ученых. Часто эти понятия без изменений транслировались на свойства сложных систем. Современная синергетика пытается распространить механизмы самоорганизации, полученные на очень простых объектах, на социальные системы.

Изображение мира, ранее четкое, и простое, размылось, стало похожим на отражение в шероховатом, волнистом, кривом зеркале. Стало ясно, что прошлая четкость была следствием сильного абстрагирования, упрощения, нежелания видеть за прямыми линиями «извилистость» (фрактальность). Такой прямолинейный мир описывается декартовой системой координат, в которой оси бесконечные, равномерные и прямые. Прямолинейное видение Мира нашло отражение в стиле живописи, называемом кубизм, где контуры объектов вырисовываются прямыми или ломаными линиями. Всем ясно, что, если в наличии имеются только крупные фрагменты мозаики, то мозаичное панно получится очень грубым, приближенным, иногда неузнаваемым. Если же элементы мозаики мелкие, то изображение получается более подробное, четкое, и информационное содержание его велико.

Постнеклассическая наука «рисует картину» мелкими штрихами. Чем меньше размеры мозаики, тем точнее можно изобразить действительность. Модели стали содержать больше информации. От степени детализации картина Мира изменилась, стали прорисовываться причины саморазвития. Приведем примеры.

При измерении длины береговой линии острова наблюдатель обнаружит, что длина растет по мере повышения точности измерения. Если повышать точность измерительного инструмента в ряду: метр, сантиметр, миллиметр, микрон, ангстрем и т.д., то длина береговой линии будет стремиться к бесконечности. Уход от научного «кубизма» привел к открытию нелинейности мира, развитию нелинейного мышления.

Избыток информации обработать очень трудно, поэтому информацию приходится «ужимать». Например, в статистике, статистической физике используют средние величины. Но при усреднении может быть потеряна ценная информация. Известна шутка, что согласно статистике в больницах у пациентов средняя температура нормальная.

В синергетике также прибегают к сжатию информации (свертыванию сложности). Было обнаружено, что функционирование системы не в равной значимости зависит от начальных заданных параметров. Некоторыми параметрами можно пренебречь, но есть главные параметры, значимые для развития системы, которые назвали параметрами порядка. Задача синергетики и системного анализа сводится к обнаружению параметров порядка.

В 30 годах XX века Л. И. Мандельштам, развивая теорию колебаний, сформулировал проблему **нелинейной культуры**. Сложилась точка зрения, что весь Мир нелинейный. Нелинейность является сильным огрублением действительности, сильным упрощением. Линейные уравнения просты и имеют однозначные решения, поэтому желание объяснить мир простым способом толкало исследователей на путь линейного мышления.

Нелинейность поведения системы можно рассматривать как отклик не пропорциональный силе воздействия. Например, можно простудиться на легком сквозняке, но при этом

спокойно пережить ледяной душ. Прочность волокна очень велика при растяжении вдоль оси волокна и очень мала в поперечном направлении. Сопротивление движению тела в жидкости возрастает не пропорционально скорости движения. Нелинейность - это различная чувствительность к разным параметрам воздействия, например, явление резонанса, удар в чувствительную точку, аллергия.

В восточном мировидении давно присутствует понимание нелинейной связи между причиной и следствием, между действием и результатом. Малым, но правильным усилием можно, фигурально выражаясь, «сдвинуть гору», построить сложную организацию. От Востока синергетика восприняла и развивает идеи целостности (все во всем), цикличности, общего закона, единого пути, которому следует Мир в целом. От Запада она взяла позитивные стороны традиционного анализа: опору на эксперимент, общую значимость научных выводов, их транслируемость от одной научной школы к другой, от науки - к обществу.

Совершенно однородная среда при перестройке структуры может увеличивать свою нелинейность. Можно представить себе плац, по которому свободно перемещаются группы солдат. При такой ситуации проехать на автомобиле через толпу нельзя. Но если солдат сгруппировать по ротам, то образуется свободное пространство, по которому можно проехать. Структуризация среды создала нелинейность и возможности, которых ранее не было.

Нелинейность проявляется в функциях полупроводниковых материалов, пропускающих электрический ток в одном направлении и не проводящих в другом.

Среды и системы могут быть разной степени нелинейности. Начиная с некоторой нелинейности, проявляются эффекты самоорганизации. Простейшие образования Мира, простейшие структуры возникают спонтанно, как неустойчивости, в результате разрастания и усиления флуктуаций. Разным нелинейностям соответствуют разные типы структур. В таком случае Мир предстает как иерархия сред, которые обладают разными свойствами (разными значениями констант, разными типами диссипативных процессов, разными нелинейностями).

Для поддержания процессов самоорганизации необходимы обратные связи. Такие процессы были описаны еще в «Тектологии» А. Богданова, и далее развиты в «Общей теории систем» (ОТС) Л. фон Бергаланфи. На механизмах обратных связей основывается и кибернетика. Все кибернетические и электронные устройства, генерирующие колебания, имеют положительные обратные связи.

Синергетика и нелинейное мышление возникли в естественных науках, но её приложения полезны и для социальных процессов, например, экономических. Нелинейное мышление становится отличительной чертой человеческой истории. История переходит от описательной фазы к сослагательному наклонению. Ход истории оценивается в плане альтернативных сценариев. Синергетика сглаживает грани между естествознанием и обществоведением.

Но как всякая наука синергетика является лишь моделью, следовательно, в ней есть фрагменты ясно очерченные, но есть и нечеткие, размытые представления. «Размытость» часто носит субъективный характер. Поскольку здание синергетики строится специалистами (профессионалами) разных областей знаний, избежать взаимного непонимания трудно.

Фундамент синергетики заложили математики. У гуманитариев доверие к математике таково, что они все выводы принимают за абсолют, т. к. проверить их не могут. Математики могут не знать многих вариантов неупрощенной реальности и распространять свои выводы на класс явлений, который не поддается математической формализации.

Синергетика создала мощный эвристический потенциал, но её выводы для сложных (биологических, социальных, космических) систем следует применять с осторожностью. Для примера покажем, в чем состоит различие бифуркаций, протекающих в простых системах, от бифуркаций сложных объектов.

Бифуркации часто приводятся как пример случайного развития. «Неделимый» шар с вершины горы может скатиться или в одну или в другую сторону (бифуркация типа «ИЛИ – ИЛИ»). Но такая случайность все же предполагает существование детерминированного поля возможностей. Шар, находящийся на вершине пирамиды, имеет возможность скатиться в любую из четырех сторон, но не взлететь вверх. Предсказать точно направление падения нельзя. Возможностей всего четыре, но не больше. Однако лужа воды может стекать одновременно и в одну и в другую сторону (бифуркация по схеме «И – И»).

В качестве примера бифуркаций часто приводится образ витязя на распутье (по картине Васнецова). Человек стоит перед дилеммой, какой избрать дальнейший путь. Это пример развилки (бифуркации) для неделимого объекта по схеме «ИЛИ - ИЛИ». Но на развилке может находиться группа витязей, которая пойдет в разведку по всем возможным путям. В данном случае первоначальная система распадется на части и каждая часть может выбрать дальнейший, самостоятельный путь. Путь может быть не два (бифуркация), а сколько угодно («полифуркация»).

Выбор пути может детерминироваться историей, генетической памятью. Витязи могут иметь предпочтение, иметь желания, быть усталыми, голодными, сильными или больными и т. п. Выбор определяется памятью системы, а не только случайными флуктуациями. Кроме того, в данном примере пути дальнейшего развития (дороги) уже существовали до момента их выбора. Однако можно представить ситуацию, когда витязи, заблудившись в лесу, вынуждены прорубать себе просеки, т. е. самостоятельно создавать варианты дорог.

В сплошных средах изменение одних структур изменяет окружающую среду (элементы сами являются частью среды), поэтому бифуркации представляют собой совместный процесс трансформации объекта вместе с окружением. Природное равновесие активно нарушается обществом, и общество вынуждено взаимно приспосабливаться к новой среде. Новые возможности порождают новые технологии выживания.

Например, взрыв некоторой звезды можно отнести к бифуркации типа «ИЛИ – ИЛИ» т. к. путь звезды прекратился и возник путь пылевой туманности. Из пылевой туманности в определённой последовательности появляются и звезды, и планеты, и астероиды. Пылевая туманность породила букет следствий («И – И»). Как видно, вариантов поведения сложных, делимых систем намного больше, чем неделимых, механических. Полифуркации могут происходить не в один момент, как разлет дроби из ружья, но быть развернутыми во времени, как стрельба пулями из автомата.

Можно привести еще один аргумент, опровергающий исключительность бифуркационного механизма эволюции по схеме «ИЛИ - ИЛИ». Бифуркации по схеме «ИЛИ - ИЛИ», имеют возможность выбрать путь, ведущий в эволюционный тупик, лишаящий возможности дальнейшего развития. Если выбор оказался не тупиковым, то в следующую бифуркацию система опять подвергается отбору (тупик - не тупик). На длинном разветвленном пути вероятность замкнуться в тупике возрастает в геометрической прогрессии. Такой механизм должен привести к вырождению эволюции. Аналогом может послужить система отбора футбольных команд в чемпионате мира. Команды, проигравшие в полуфинале, выбывают навсегда. В итоге остаётся одна команда победитель. Но при этом игры прекращаются.

Итак, полифуркации по схеме «И – И» более распространены в природе, чем бифуркации «ИЛИ – ИЛИ».

«Центральной проблемой синергетики являются механизмы самоорганизации. Принято считать, что в изолированных системах развитие направлено к хаосу, к росту энтропии, а в открытых системах идет усложнение». Отправной точкой для такого мнения явилась работа И. Пригожина «Порядок из хаоса». Приведенная цитата является некоторым штампом, многократно повторяющимся в литературе. В ряде работ убедительно доказана некорректность **энтропии как меры беспорядка в сложных системах**.

По мере развития методик и углубления исследования в хаосе можно увидеть ранее не замечаемую структуру, т.е. хаос представляет собой очень сложную, не сразу постигаемую умом структуру. Например, Э. Лоренц в 1963 г. дал в виде дифференциальных уравнений структуру глобальных метеорологических явлений, которые ранее считались хаотическими. Известная функция распределения молекул по скоростям, выведенная Максвеллом, свидетельствует, что движения молекул газа не являются полностью хаотичными, а имеют определенный порядок в распределении молекул по скоростям движения. При определённой температуре можно рассчитать, сколько будет молекул «холодных», сколько «горячих» и сколько «тёплых». Несмотря на свободу «воли» передвижения, молекулы в газе строго ранжированы по кинетическим энергиям. Это ли не пример структуры хаоса, но увидеть её можно только с помощью специальных экспериментов.

Очень сложная структура не воспринимается сознанием (не моделируется силами мозга). Противоречие разрешается следующим образом. **Очень сложный порядок в сознании ощущается как хаос. Слишком большая сложность – это темнота для сознания.**