

Автономное учреждение дополнительного профессионального образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Институт развития образования»

С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова

Естествознание

*учебное пособие для самостоятельной работы
слушателей курсов повышения квалификации
(учителей естественнонаучного профиля:
физика, астрономия, химия, биологии, география, экология)*

Ханты-Мансийск

2017

УДК 37.03+5(075.9)
ББК 74.262+74.56
С 47

Рекомендовано к изданию Учёным советом автономного учреждения дополнительного профессионального образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Институт развития образования». Протокол № 5 от 13 сентября 2017 года

Сергей Викторович Слинкин,
профессор кафедры общего и дополнительного образования
АУ «Институт развития образования»
Эльза Фаилевна Садыкова,
доцент кафедры естественнонаучного образования Тобольского педагогического
института им. Д.И. Менделеева

Слинкин, С. В.

Естествознание: учебное пособие для самостоятельной работы слушателей курсов повышения квалификации (учителей естественнонаучного профиля: физика, астрономия, химия, биологии, география, экология) / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова ; автономное учреждение дополнительного профессионального образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Институт развития образования». – Ханты-Мансийск : Институт развития образования. – 2017. – 299 с.

В учебном пособии для слушателей курсов повышения квалификации содержатся теоретические сведения по основам современного естествознания, приведены учебно-методические материалы по курсу, рассматриваются основные теории, концепции и проблемы современного естествознания.

Материалы пособия можно использовать для самостоятельного изучения, а также при подготовке к устному, письменному и компьютерному тестированию слушателей. Учебное пособие будет полезно учителям при планировании и организации учебной деятельности по дисциплинам естественнонаучного профиля.

Рекомендуется для слушателей курсов повышения квалификации, обучающихся по направлениям естественнонаучного профиля (физика, астрономия, химия, биологии, география, экология).

ISBN 978-5-94611-172-0

© АУ «Институт развития образования», 2017
© Слинкин С. В., Садыкова Э. Ф., 2017

Содержание	
ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ КУЛЬТУРЫ.....	9
1.1. Специфика естественнонаучного и гуманитарного знания	9
1.2. Иерархия наук о природе	12
2. НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ И КРИТЕРИИ НАУЧНОСТИ	15
2.1. Общее понятие о методе	15
2.2. Уровни и формы научного познания.....	16
2.3. Общенаучные методы эмпирического уровня познания.....	17
2.4. Общенаучные методы теоретического уровня познания	19
2.5. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания.....	20
2.6. Критерии научности	21
3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ	23
3.1. Естествознание в эпоху античности	23
3.2. Естествознание в Средние века.....	27
3.3. Естествознание в эпоху Возрождения.....	29
3.4. Естествознание в XVII-XVIII веках.....	31
3.5. Естествознание в XIX веке	34
4. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА	36
4.1. Общее понятие о естественнонаучной картине мира (ЕНКМ).....	36
4.2. Механическая картина мира и ее основные понятия и положения.....	37
4.3. Теория электромагнитного поля и кризис механической картины мира	41
4.4. Квантово-полевая картина мира. Ее основные понятия, положения	43
4.5. Релятивистская картина мира.....	46
5. СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДЫ.....	55
5.1. Микромир и фундаментальные взаимодействия.....	56
5.2. Кварковая природа материи	60
5.3. Основные характеристики элементарных частиц	61
5.4. Типы физического взаимодействия в природе	63
6. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ И ПРИНЦИП СИММЕТРИИ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ	68
6.1. Принцип симметрии и законы сохранения в природе.....	68
6.2. Основные законы природы в термодинамике	70
6.2.1. <i>Первое начало термодинамики (закон сохранения энергии в термодинамике)</i>	71
6.2.2. <i>Понятие энтропии</i>	73
6.2.3. <i>Второе начало термодинамики</i>	74
7. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ, СТРУКТУРЕ И ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ	76
7.1. Космологические модели Вселенной	76
7.1.1. <i>Космологические постулаты. Стационарная модель Вселенной Эйнштейна</i>	76

7.1.2. Модель расширяющейся Вселенной А.А.Фридмана. Обнаружение явления разбегания галактик Э.Хабблом. Формула Хаббла.....	77
7.1.3. Теоретическое моделирование будущего Вселенной. Зависимость типов эволюции от критической плотности материи.....	79
7.1.4. Зависимость пространственной бесконечности Вселенной от величины средней плотности материи.....	80
7.2. Концепция Большого Взрыва. Первичный синтез ядер. Происхождение химических элементов	81
7.2.1. Большой взрыв: модель горячей Вселенной. Основания для концепции Большого взрыва	81
7.2.2. Вселенная в первые мгновения после Большого взрыва. Первичный синтез ядер.....	81
7.2.3. Образование галактик	83
7.2.4. Происхождение химических элементов и образование звезд	83
7.2.5. Дополнение концепции Большого взрыва теорией инфляции.....	87
7.2.6. Антропный принцип в космологии	88
7.3. Общая картина Вселенной.....	89
7.3.1. Структура Вселенной	89
7.3.2. Наша галактика. Другие галактики.....	90
7.3.3. Современные представления о рождении и эволюции звезд	91
7.4. Солнечная система	94
7.4.1. Солнце	94
7.4.2. Строение Солнечной системы.....	95
7.4.3. Гипотеза происхождения Солнечной системы	99
7.4.4. Астрономические условия, необходимые для существования жизни на планете (в пределах Солнечной системы)	99
8. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ.....	102
8. 1. Геологическая шкала времени	102
8.2. Строение Земли.....	103
8.3. Химическая эволюция Земли	109
8.4. История развития геологических концепций	111
8.5. Концепция глобальной эволюции Земли	115
9. ХИМИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ	119
9.1. Исторические аспекты становления химии	119
9.2. Специфика химического знания	119
9.3. Учение о составе вещества и уровень структурной химии.....	121
9.4. Химические процессы, самоорганизация химических систем	122
10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ	126
10.1. Исторические аспекты развития биологии	126
10.1.1. Античные воззрения на органический мир.....	126
10.1.2. Развитие биологии в эпоху Средневековья и Возрождения.....	127
10.1.3. Биология XVIII века.....	128
10.1.4. Эволюционное учение	129

10.1.5. Синтетическая теория эволюции	131
10.2. Современные концепции происхождения, развития и сущности жизни	132
10.2.1. Проблема сущности и определения жизни	132
10.2.2. Химический состав живой материи	134
10.3. Концепции возникновения жизни на Земле.....	138
10.3.1. Гипотезы биогенеза	138
10.3.2. Гипотеза абиогенеза. Эволюционная теория.....	139
10.3.3. Основные этапы биохимической эволюции	139
10.4. Развитие органического мира.....	145
10.4.1. Основные этапы истории жизни на Земле	145
10.4.2. Эволюция и многообразие форм жизни на Земле	150
10.5. Основные структурные уровни организации живого	154
11. КОНЦЕПЦИИ ГЕНЕТИКИ	157
11.1. Возникновение и развитие генетики	157
11.2. Структура молекулы ДНК. Химия наследственности	157
11.3. Концепция генетического кода Г.Гамова.....	159
11.4. Генные механизмы	159
11.5. Клеточные механизмы	162
11.6. Мутации и их виды.....	165
11.7. Проблемы генетической инженерии	166
12. АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ	172
12.1. Исторический аспект теории о происхождении человека.....	172
12.2. Место человека в системе живой природы.....	174
12.3. Отличительные признаки человека	174
12.4. Абиотические и биологические предпосылки антропогенеза	176
12.5. Особенности антропогенеза	177
12.6. Развитие сознания и языка.....	182
12.7. Биологическое и социальное в филогенезе человека.....	185
12.8. Биологическое и социальное в онтогенезе человека	187
13. БИОСФЕРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ.....	191
13.1. Понятие биосферы. Границы биосферы	191
13.2. Состав и элементы биосферы	192
13.3. Живое вещество. Функции живого вещества	193
13.4. Биосфера как саморегулирующаяся система.....	195
13.5. Проблемы перехода биосферы в ноосферу.....	197
13.6. Антропосоциогенез и формирование глобальных экологических программ.....	198
13.7. Основные понятия и законы экологии	202
13.8. Глобальные проблемы человечества	204
13.9. Новые модели и перспективы человека	215
14. ЧЕЛОВЕК. КУЛЬТУРА. ЦИВИЛИЗАЦИЯ.....	217
14.1. Человек. Культура. Цивилизация.....	217
14.2. Проблема внеземных цивилизаций. Гипотеза Дрейка и ее анализ	218

15. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ	223
15.1. Синергетика как наука о самоорганизации систем. Условия и механизмы самоорганизации.....	223
15.2. Самоорганизация в живой природе. Идея открытой системы Э.Шредингера	226
15.3. Самоорганизация в неживой природе	227
15.4. Неравновесная термодинамика И.Пригожина. Синергетика Г.Хакена. Концепция самоорганизации М.Эйгена	2292
15.5. Синергетическая картина мира	230
16. ЖИЗНЬ, ОБЩЕСТВО И ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ	233
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО КУРСУ.....	238
ЛИТЕРАТУРА	288
ПРИЛОЖЕНИЯ	292

Введение

Значимость и ценность естественнонаучного образования в современном мире связана с процессом гуманизации общества. И в XXI веке остаются извечные вопросы смысла жизни, сущности природы, роли космоса в жизни людей, места человека в природе. Очевидно, что человечество не должно разрушать ту систему, от которой зависит его существование. А это невозможно сделать без знания окружающего мира, логики его развития и современных естественнонаучных знаний.

В связи с этим естественнонаучные дисциплины приобретают особое значение в системе общего образования. Одной из фундаментальных задач в области общего образования становится формирование взгляда обучающихся на мир как на единое взаимосвязанное целое, умение видеть и понимать глобальные проблемы современного мира и способы их решения. Рост научного знания быстро стирает грани между отдельными науками. Развитие научного знания все более специализируется не на отдельных узких дисциплинах, а на решении общих глобальных задач и проблем, стоящих перед человечеством.

Кроме того, необходимость качественного естественнонаучного образования усиливается в связи с тем, что сегодня естественные науки активно вытесняются из общественного сознания иррациональными видами знания (белой и черной магией, шаманизмом, мистикой, астрологией и т. п.).

Повышение общего кругозора, культуры мышления и формирование целостной картины мира с обучающегося во многом определяется его знакомством с наиболее важными теориями, концепциями естествознания и их усвоением. На наш взгляд, наиболее фундаментальными и востребованными с точки зрения естественнонаучной подготовки учителя являются концепции системного подхода, эволюции и самоорганизации, биосферы и ноосферы.

Системный подход предполагает целостное осмысление любого объекта или явления в их взаимосвязи и взаимодействии с другими объектами и явлениями, не допускает односторонности, неполноты и ограниченности в анализе объекта или явления. Концепция эволюционизма помогает понять роль отдельных фактов, событий и явлений в общем процессе развития человека, человечества и окружающего мира. Синергетический подход в описании процессов самоорганизации и регуляции в природе раскрывает механизмы эволюции Вселенной, неживой и живой природы; концепции биосферы и ноосферы дают конструктивную модель развития человечества, являются методологической основой для многих современных подходов и теорий, направленных на решение экологических проблем, проблемы устойчивого развития и выживания человечества.

Данное учебное пособие разработано в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов общего образования и предназначено для слушателей курсов повышения квалификации – учителей

естественнонаучного профиля: физики, астрономии, химии, биологии, географии, экологии.

При написании учебного пособия авторы исходили из того, что целью курса «Естествознание» является совершенствование (формирование) у слушателей целостной научной картины мира. Особое внимание уделяется ознакомлению с последними достижениями естественных наук, рассматриваются тенденции и перспективы развития физики, химии, космологии, геологии, биологии, экологии и географии в XXI веке.

В основу содержания учебного пособия положены следующие принципы: единства целостности и системной организации природы; взаимосвязи и взаимозависимости человека и природы; гармонизации отношений человека и природы.

1. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ КУЛЬТУРЫ

1.1. Специфика естественнонаучного и гуманитарного знания

Понятие «естествознание» происходит от соединения слов «естество» - природа и «знание», то есть – это знание о природе. В настоящее время под термином «естествознание» понимается «точное естествознание», такое знание о природе, которое базируется на научном эксперименте, характеризуется развитой теоретической формой и математическим оформлением. С другой стороны, естествознание можно рассматривать и как систему (комплекс) различных наук о природе, объединяющих физику, астрономию, химию, биологию, космологию и т.д.

Термин «концепция» в переводе с латинского означает «понимание», «система». Это определенный способ понимания, истолкования, трактовки каких-либо процессов, явлений, это кратко выраженный основной смысл той или иной теории, ее суть. Когда теория еще не выработана, а имеется только главная идея для объяснения событий, то такую идею в естествознании также называют концепцией.

В нашу задачу входит освещение основных концепций современного естествознания. Если учесть, что в современном естествознании насчитывается множество специализированных дисциплин, то станет ясно, что одним учебным курсом их охватить нельзя. Поэтому мы будем рассматривать не все концепции, а только те, которые имеют общенаучное и мировоззренческое значение. В дальнейшем ключевыми для нас терминами, понятиями будут «наука», «процесс познания», «знания». Что вкладывается в содержание таких терминов?

Наука – это способ получения объективных знаний о мире и человеке. Она занимается вопросами, на которые можно ответить с помощью воспроизводимых наблюдений, контролируемых экспериментов, становится понятно, что и сегодня есть вопросы, на которые наука пока ответов не имеет.

Процесс познания – это творческая деятельность индивида, ориентированная на получение достоверных знаний о мире.

Знания – это проверенные практикой результаты познания, научные сведения.

Наука - это форма познания, отличием которой является не только получение, но и теоретическая систематизация объективных знаний о мире с целью выявления общих законов. Она является частью культуры, представляющая, с одной стороны, совокупность знаний о природе, обществе, с другой – целенаправленную деятельность человека на производство новых знаний.

Наука делится на множество отдельных дисциплин, которые, по большому счету, можно объединить в два основных направления:

- гуманитарные науки, т. е. науки, изучающие человека и человеческое общество;

- естественные науки – науки, изучающие природу, процессы и явления, в ней происходящие. Они отвечают на два главных вопроса: из чего все произошло, как и почему так происходит?

К гуманитарным наукам обычно относят философию, филологию, культурологию, историю, педагогику и другие.

К естественным наукам традиционно относят физику, химию, биологию, астрономию, геологию и другие.

Областью изучения естественных наук является весь материальный мир. В естествознании изучаются природные явления и процессы. Часть из них существует изначально и никак не связана с человеческой деятельностью. Область естественных наук охватывает также вещества и процессы, которые появились благодаря деятельности человека.

Можно отметить так называемые пограничные науки, например, географию, психологию, антропологию и др. География изучает процессы и явления, протекающие в геосфере, одним из элементов которой является социум. Физическая география, изучающая природные процессы, относится к естественным наукам; а экономическая, изучающая размещение территориально-производственных комплексов и их взаимодействие, – к гуманитарным. Аналогичная ситуация и с психологией. Психология изучает личность, ее познавательные способности, эмоционально-чувственную сферу, поведение. И в этом плане она выступает как наука гуманитарная. Но характер поведения человека, особенности его мышления, эмоции во многом зависят от физиологического состояния, биохимических и биофизических процессов в мозге человека и во всем организме.

В противоположность естествознанию предметом изучения гуманитарных наук является человеческое общество и законы его развития, а также явления, так или иначе связанные с человеческой деятельностью (поступки людей, их целевые ориентиры, ценностные убеждения). Рассмотрим пример. Допустим, некто закрыл дверь. С точки зрения физика, имел место процесс приложения силы к двери, который переместил ее из одного положения в другое. Гуманитарий оценивает факт закрытия двери с учетом того, хорошо или плохо это для присутствующих в помещении. Тот, кто закрыл дверь, очевидно, сделал это, исходя из каких-то устремлений, каковы они – вот в чем вопрос для гуманитария.

В этой связи можно говорить о двух путях, двух способах познания человечеством окружающего мира: гуманитарном, в основе которого гуманитарные знания и культура, включающие также религиозные учения и теософские концепции, и вненаучные знания (сказки, легенды, предания, былины); естественнонаучном, который базируется на достижениях естественных наук. Оба эти способа взаимно обогащают друг друга, существуют параллельно и, в целом, не противоречат один другому. Нельзя сказать, что один из них лучше другого, что гуманитарный или естественнонаучный способ являются абсолютно правильными и единственными в своей правоте.

Напротив, необходимо отметить взаимосвязь естествознания и гуманитаристики, так как в реальной жизни они тесно переплетены. Этому обстоятельству немало примеров в истории развития науки и человечества. Вот лишь несколько из них: Древняя Греция и эпоха Возрождения. Нетрудно заметить, что в эти исторические периоды успехи в области естественных наук происходили параллельно с развитием культуры, искусства, наоборот, в эпохи застоев в стагнации были и культура, и естественные науки.

Довольно часто гуманитарное знание по мере возможности пользуется достижениями естествознания. Рассуждая, допустим, о месте человека в мире, разве можно не принимать во внимание естественнонаучные представления о том, что этот мир собой представляет. Также гуманитарное знание имеет дело в основном с идеальными объектами, но идеальное само по себе не существует, оно возможно только на какой-либо материальной основе, а это сфера компетенции естествознания. Речь идет о том, что именно объекты естествознания выступают материальной основой тех явлений, которые изучают гуманитарные науки, эту связь приходится учитывать.

Естествознание также нуждается в гуманитаристике. Гуманитарные науки – это науки о человеке как социальной личности и его духовном внутреннем мире, о человеческих взаимоотношениях. Естественные науки интенсивно развиваются, и создаваемые на их базе технологии способны породить объекты, ставящие под угрозу существование всего человечества (оружие, геноинженерия). Поэтому необходима проверка их на совместимость с главной человеческой ценностью – жизнью, а также этические, юридические и другие ограничители такой научной экспансии.

Имеется масса пограничных проблем, предметная область которых едина для того и другого. Это, например, проблемы экологии, антропосоциогенеза. Человек как биологический организм является объектом изучения естественных наук. Его можно рассматривать как химическую фабрику, термодинамическую систему, нейрофизиологический аппарат и др. Определить пределы допустимости экспериментов на человеке лучше также поручить гуманитарным наукам. Все, что делает человек, в том числе и в сфере естественнонаучного знания и культуры, должно быть наполнено смыслом, целесообразностью, а постановка целей развития естественнонаучной культуры не может быть осуществлена внутри нее самой, такая задача неизбежно требует большой широты обзора, позволяющей учитывать и основные гуманитарные ценности.

В большинстве своем открытия в области естествознания становятся причиной изменения мировоззрения, общей направленности мышления, реализуются в социальной жизни и, в конечном итоге, оказывают глубочайшее воздействие на гуманитарное знание. Гуманитарное знание же дает возможность человеку лучше понять самого себя, свое творчество, свою культуру, свою роль в этом мире, помогает активизировать и реализовать свои способности и творческий потенциал.

Научное знание по своей природе является целостным, интегративным и системным. Например, исследование процессов мышления, да и самого человека как биопсихосоциального существа, требует объединения усилий гуманитарных, естественных и технических наук. Осознание необходимости консолидации наук в поисках единства мира сопряжено с идеей интеграции разнопредметных знаний и разных способов познания и освоения окружающей действительности. Особую роль в объединении разнопредметных знаний играет математика, которая помогла разгадать механизмы наследственности, установить структуру молекул ДНК, РНК, создать генную инженерию и добиться других важных результатов.

Но все-таки следует отметить, что успехи естественных наук, особенно в последние три века, настолько велики, открытия как в мировоззренческом, так и в практическом смыслах, столь впечатляющи, что методы и результаты естественных наук оказали существенное влияние на жизнь общества в целом. Представления об успехах естественных наук обычно основаны на следующем:

- произошло значительное улучшение уровня жизни людей и их возможностей (автомобили, бытовые технические и электронные устройства, кино, телевидение, ядерное оружие, компьютерная техника, лазеры и т. п.);
- естественными науками были разработаны всеобщие методы познания (своеобразные «отмычки» дверей в незнание, непознанное), влияние которых на общественное сознание столь велико, что они стали использоваться в разработке гуманитарного знания и в исследованиях духовных начал человека;
- естественными науками создается основа (фундамент), научная картина мира и через нее формируется мировоззрение человека.

1.2. Иерархия наук о природе

Современная наука представляет собой сложное системное образование. С точки зрения предметного единства все ее многочисленные дисциплины объединяются как комплексы наук. Естествознание – это и комплекс наук, описывающих природные явления и интерпретирующие их, и единая интегративная наука о природе.

Объединенные специфическими методами исследования, естественные науки образуют иерархическую систему. Когда мы говорим о естествознании, первое, о чем вспоминаем, – это физика, она всегда оказывала и продолжает оказывать огромное влияние на развитие всей науки. Все процессы и явления, протекающие в социоприродной среде, развиваются сообразно фундаментальным законам и принципам природы.

Неразрывно связана с физикой астрономия – наука о происхождении, строении и законах движения космических тел.

С физикой также тесно связана химия. Такие объекты микромира, как атомы и молекулы изучаются и той, и другой науками. Но, как справедливо отметил лауреат Нобелевской премии по химии Н.Н.Семёнов, «...химический процесс есть то основное явление, которое отличает химию от физики и делает первую более

сложной наукой». Процессы превращения веществ сопровождаются изменением их состава или строения и предопределяются фундаментальными законами природы. Однако химические превращения нельзя редуцировать к чисто физическим взаимодействиям, так как у химического процесса имеются свои, присущие только ему специфические особенности, несводимые к другим формам движения материи. В свои младенческие годы химия почти целиком сводилась к тому, что мы сейчас называем неорганической химией. Со временем возникла еще одна область химии – органическая химия.

Неорганическая химия тесней всего связана с геологией, т. е. наукой о Земле. Если быть более точным, то говорить нужно не об одной, а о нескольких науках о Земле. К ним относятся минералогия – наука о минералах Земли, метеорология – наука о погоде, сейсмология – наука о процессах, протекающих в толще земной коры (горообразование, землетрясения), и другие науки.

Органическая химия неразрывно связана с биологией, которая находится на более высокой ступени иерархической лестницы. Биология - это также комплекс наук, исследующих живую природу от доклеточного уровня до биосферы. Она изучает еще более сложные объекты и явления. Питание, дыхание, самовоспроизведение, раздражимость, способность к адаптации, опережающее отражение – свойства, принципиально отличающие эти объекты от физических и химических. Имея физико-химическую основу, биологические процессы все же не могут быть описаны только с точки зрения законов физики и химии. Для этого используются характерные только для этой области знаний законы (законы наследования видовых признаков, естественного отбора и т. д.).

Все естественные науки оказывают огромное влияние друг на друга, а на стыке наук возникают новые науки. Физическая химия, биофизика, геофизика, геохимия, биогеохимия, астрофизика - это только некоторые из смежных наук.

На интегральном этапе развития естествознания возникли такие науки, как экология, синергетика и др. Синергетика – это наука, изучающая закономерности поведения сложных систем. Она дает новый образ мира природы, человека и общества как открытых динамических систем, развивающихся по нелинейным законам, раскрывает двойственную природу случайного, его созидающее и деструктивное начала. Возможность описать поведение разнообразных систем с точки зрения единого механизма их развития ставит синергетику на уровень общенаучного подхода, позволяющего объяснить образование упорядоченных устойчивых структур на основе самоорганизации их элементов.

Обсуждая проблемы систематизации естественных наук, нельзя не сказать о лидирующей роли отдельных направлений. Практические потребности общества в тот или иной период жизни человечества определяют приоритетность развития какой-либо отрасли знания. Так XVI век по праву называют веком астрономии. Физика как основа научно-технического прогресса на протяжении последних трех с половиной веков была непревзойденным лидером среди других наук. В XIX веке наряду с физикой в число лидирующих входит синтетическая химия. XX век считают веком расцвета медицины, биологии и генетики. Стремительный прогресс

молекулярной биологии, широкое использование высокоточного физического оборудования в экспериментальных исследованиях позволили собрать уникальные факты и построить хромосомную и генную теории наследственности. Современная биология стоит на пороге открытия фундаментальных теоретических идей. Значительные открытия и продвижения были сделаны также в космологии. Тайна происхождения и эволюции Вселенной приобрела вид достаточно убедительной теории и концепции.

Таким образом, если говорить об иерархии естественных наук, то мы можем выделить четыре фундаментальные науки, которые составляют основу современного естествознания: физику, космологию, химию и биологию; во-вторых, базисом современного естествознания является физика, следующей «ступенью» в иерархической лестнице является космология, затем - химия и биология. Подобный иерархический принцип заключен в нашем учебнике, и авторы будут стараться его достаточно последовательно соблюдать. Но, надо заметить, предложенная вашему вниманию иерархия в области естествознания не носит абсолютного характера. В естествознании гораздо более значим принцип интеграции отдельных научных дисциплин.

2. НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ И КРИТЕРИИ НАУЧНОСТИ

2.1. Общее понятие о методе

Главное назначение научной деятельности – получение знаний о реальности. Наука – это деятельность человека по выработке наиболее совершенного знания. **Метод** – это совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Владение методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике. В одной старой китайской притче некий щедрый рыболов делится своим уловом с голодным крестьянином. Но когда тот приходит за рыбой во второй и в третий раз, становится ясно, что намного проще решить проблему, научив крестьянина самого ловить рыбу, чем каждый раз делиться с ним. Научить, как ловить рыбу, – значит дать метод, т. е. систему правил, приемов практической деятельности, то же относится и к деятельности познавательной. Знать, как добывается знание, – значит, дать всем желающим возможность, во-первых, воспроизводить и проверять достоверность уже имеющегося знания, а во-вторых, получать новое, ранее неизвестное.

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Ее представители считали правильный метод ориентиром в движении к надежному, истинному знанию. Так, видный философ XVII века Френсис Бэкон сравнивал метод познания с фонарем, освещающим дорогу путнику, идущему в темноте. Объясняя значение научного метода, он любил приводить еще один афоризм: даже хромой, идущий по дороге, опережает того, кто бежит без дороги. Только верный метод может привести к получению истинного знания, подлинной картины познаваемого объекта. Другой известный ученый и философ того же периода, Рене Декарт, писал: «...под методом я разумею точные и простые правила, строгое соблюдение которых... без лишней траты умственных сил, но постепенно и непрерывно увеличивая знания, способствует тому, что ум достигает истинного познания всего, что ему доступно».

Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать **методологией**. Это наука о закономерностях, которым подчиняется метод деятельности, о происхождении, сущности методов, их эффективности. Она призвана выработать принципы создания наиболее совершенных методов в каждой форме деятельности.

Методы познания принято подразделять по степени их общности:

1. Всеобщие – диалектический и метафизический. Это общеполитические методы. Метафизический метод с середины XIX века начал все больше и больше вытесняться из естествознания диалектическим методом.
2. Общенаучные методы – они используются в самых различных областях науки.
3. Частнонаучные методы – используются в рамках исследований какой-то конкретной науки.

2.2. Уровни и формы научного познания

Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания. Различают два уровня научного познания: эмпирический и теоретический. Одни методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение); другие - только на теоретическом (идеализация, формализация), а третьи применяются на обоих уровнях, например, моделирование.

Эмпирический уровень характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах, явлениях путем проведения наблюдений, выполнения разнообразных измерений, постановки экспериментов. Здесь производится также первичная систематизация получаемых физических данных. К эмпирическому уровню относятся такие методы, как наблюдение, различные формы экспериментирования, предметное моделирование, описание полученных результатов, измерение и др. На эмпирическом уровне познания складываются основные формы знания – научный факт и закон.

Закон – высшая цель эмпирического уровня познания – является результатом напряженной мыслительной деятельности, в которой применяются различные приемы мышления по обобщению, группировке, систематизации фактов. Закон отражает устойчивое, повторяющееся в явлении.

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной ступени познания. На данном уровне происходит раскрытие связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Если на эмпирическом уровне познания законы объекта выделяются и констатируются, то на теоретическом уровне они объясняются. Мало сформулировать законы объекта, надо показать, что именно эти, а не какие-либо другие законы должны характеризовать данный объект. В теории происходит переорганизация, или реструктуризация, добытого эмпирического материала на основе некоторых исходных принципов, это вроде игры в детские кубики с фрагментами разных картинок. Для того чтобы беспорядочно разбросанные кубики сложились в единую картинку, нужен некий общий замысел, принцип их сложения. В детской игре этот принцип задан в виде готовой картинка-трафаретки.

К теоретическому уровню относятся все те формы и методы познавательной деятельности и способы организации знания, которые характеризуются той или иной степенью опосредованности и обеспечивают создание, построение и разработку *научной теории* (логически организованного знания о законах, необходимых связях и отношениях предметной области данной науки). Сюда относится теория и такие ее составные части, как: научные абстракции, идеализации и мысленные модели; научная идея и гипотеза; различные методы оперирования с научными абстракциями и построения теорий, логические средства организации знания.

Научная теория – это высшая форма познания. Она нацелена на описание некоторой целостной предметной области, объяснение эмпирически выявленных закономерностей и предсказание новых закономерностей. Теория обладает особым достоинством – возможностью получать знание об объекте, не вступая с ним в непосредственный чувственный контакт.

В структуру научной теории входят идеальные объекты, исходные понятия, принципы и законы, правила логического вывода. В становлении теории большую роль играет выдвижение *научной идеи*, в которой высказывается предварительное абстрактное представление о возможном содержании сущности предметной области теории. Затем формулируется ряд *гипотез*, в которых это абстрактное представление конкретизируется в ряде четких принципов. Научная гипотеза – это такое предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана. Следующий этап – *эмпирическая проверка* гипотез и обоснование той из них, которая больше всего соответствует эмпирическим данным. Только после этого можно говорить о перерастании удачной гипотезы в научную теорию.

Эмпирический уровень выступает в качестве основы, фундамента теоретического. Гипотезы и теории формируются в результате теоретического осмысления научных фактов, статистических данных, получаемых на эмпирическом уровне. В свою очередь, эмпирическое познание опирается на теоретическую конструкцию, которая определяет направление этого исследования. Приведем краткую характеристику основных методов научного исследования.

2.3. Общенаучные методы эмпирического уровня познания

1. Наблюдение - это целенаправленное, организованное восприятие предметов и явлений. Научное наблюдение характеризуется параметрами:

- целенаправленностью – наблюдение должно вестись для решения поставленной задачи исследования, а внимание наблюдателя должно фиксироваться только на явлениях, связанных с этой задачей;

- планомерностью – наблюдение должно проводиться, строго по плану, составленному исходя из задачи исследования;

- активностью – исследователь должен активно искать, выделять нужные ему моменты в наблюдаемом явлении, привлекая для этого свои знания и опыт, используя различные технические средства наблюдения.

Научные наблюдения всегда сопровождаются описанием объекта познания. Оно необходимо для фиксирования тех свойств изучаемого объекта, которые составляют предмет исследования. Описания результатов наблюдений образуют эмпирический базис науки, опираясь на который, исследователи создают эмпирические обобщения, сравнивают изучаемые объекты по тем или иным параметрам, проводят их классификацию и др.

Описания должны давать достоверную и адекватную картину самого объекта, точно отображать изучаемые явления. Понятия, используемые для описания, должны иметь четкий и однозначный смысл.

В наблюдениях отсутствует деятельность, направленная на преобразование, изменение объектов познания. Это обуславливается рядом обстоятельств: недоступностью данных объектов для практического воздействия, например, наблюдение удаленных космических объектов; нежелательностью вмешательства в наблюдаемый процесс (фенологические, психологические наблюдения).

По способу проведения наблюдения могут быть непосредственными и опосредованными. При непосредственных наблюдениях свойства, стороны объекта отражаются, воспринимаются органами чувств человека. В настоящее время визуальное наблюдение используется в космических исследованиях. Возможности визуального метода наблюдений существенно увеличиваются, если использовать инструменты, расширяющие границы человеческого зрения. Это могут быть бинокли, зрительные трубы, приборы ночного видения. Наблюдение может быть и опосредованным – т. е. проводится с использованием тех или иных технических средств. До начала XVII века астрономы наблюдали за небесными телами невооруженным глазом, изобретение Г.Галилеем в 1608 году оптического телескопа подняло астрономические наблюдения на более высокую ступень. Создание рентгеновских телескопов и вывод их в космическое пространство на борт орбитальной станции позволяет наблюдать за пульсарами, квазарами и другими объектами Вселенной. Создание в XX веке электронного микроскопа позволяет наблюдать удивительный мир микрообъектов и микроявлений.

2. Эксперимент предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект для выявления и изучения тех или иных его сторон, свойств, связей. Он позволяет изучать объект в «очищенном виде» т. е. устранять всякого рода побочные факторы (проведение некоторых экспериментов требует специально оборудованных помещений, защищенных от внешних электромагнитных воздействий на изучаемый объект). Также в ходе эксперимента объект может быть поставлен в искусственные, экстремальные условия, т. е. изучаться при сверхнизких температурах, при чрезвычайно высоких температурах и т. д. В таких условиях удастся обнаружить неожиданные свойства объектов. Основными достоинствами эксперимента являются: возможность экспериментатора вмешиваться в него, активно влиять на его протекание; воспроизводимость, необходимая для получения достоверных результатов.

Подготовка и проведение эксперимента требуют соблюдения ряда условий: научный эксперимент предполагает наличие четко сформулированной цели исследования; базируется на каких-то исходных теоретических положениях; должен проводиться людьми, имеющими высокую квалификацию.

Исследовательские эксперименты дают возможность обнаружить у объекта новые, неизвестные свойства, например - опыты Резерфорда по строению атома. Проверочные эксперименты служат для проверки, подтверждения тех или иных теоретических построений. Так, существование ряда элементарных частиц было вначале предсказано теоретически, и затем они были обнаружены экспериментальным путем.

3. Измерение – процесс, заключающийся в определении количественных значений тех или иных сторон изучаемого объекта, то есть процесс сравнения какой-либо величины с эталоном, единицей измерения.

2.4. Общенаучные методы теоретического уровня познания

1. Абстрагирование. Процесс познания всегда начинается с рассмотрения конкретных признаков свойств объекта. Только в результате изучения чувственно-конкретного человек приходит к каким-то обобщенным представлениям, к тем или иным теоретическим положениям. В процессе абстрагирования происходит отход от чувственно воспринимаемых конкретных объектов к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них. Примером может служить группировка всего множества растений и животных, обитающих на нашей планете, в особые роды, виды, отряды. Процесс абстрагирования также можно показать на примере развития учения об электричестве. Понадобился огромный теоретический талант Максвелла, который оттолкнулся от фарадеевских чувственно-наглядных, эмпирических представлений об электромагнитных явлениях и создал теорию электромагнитного поля. Максвелл придал идеям Фарадея теоретическую завершенность, ввел точное понятие электромагнитного поля, сформулировал математические законы электромагнитного поля. В результате этих новых данных произошла смена механической картины мира на электродинамическую.

2. Идеализация. Мысленный эксперимент. Мысленная деятельность исследователя в процессе научного познания включает в себя особый вид абстрагирования, который называют идеализацией. Это процесс мысленного создания понятий об идеальных объектах, которые в реальном мире не существуют, но имеют прообраз – «точка», «абстрактное черное тело» и др. Идеализация используется как воображаемая модель реальных объектов. Идеализация представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследования.

Мысленный эксперимент предполагает оперирование идеализированным объектом, которое заключается в мысленном подборе тех или иных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить какие-то важные особенности исследуемого объекта. Также любой реальный эксперимент, прежде чем быть осуществленным на практике, сначала проигрывается исследователем мысленно в процессе обдумывания, планирования. Результаты мысленных экспериментов – СТО, ОТО Эйнштейна.

3. Формализация. Суть формализации заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов и оперировать вместо этого некоторым множеством символов, знаков, например, математическая, химическая символика. Основное достоинство формализации состоит в обеспечении краткости и четкости записи научной информации. Формализованные искусственные языки не обладают гибкостью и богатством

языка естественного, их преимуществом является отсутствие многозначности терминов.

Однако формализация той или иной теории возможна только при учете ее содержательной стороны. По этому поводу С.А. Васильев отметил: «Голое математическое уравнение еще не представляет физической теории, чтобы получить физическую теорию, необходимо придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание».

4. Индукция и дедукция. Индукция – это метод познания, основывающийся на формально-логическом умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок. Это движение нашего мышления от частного, единичного к общему. Она широко применяется в научном познании. Обнаруживая сходные признаки, свойства у многих объектов определенного класса, исследователь делает вывод о присущности этих признаков, свойств всем объектам данного класса. Например, электропроводимость всех металлов: в процессе экспериментального изучения электрических явлений использовались проводники тока, выполненные из различных металлов; на основании многочисленных опытов сформировался общий вывод об электропроводности всех металлов. Родоначальником классического индуктивного метода познания является Френсис Бэкон.

Дедукция – это получение частных выводов на основе знания каких-то общих положений. Это движение нашего мышления от общего к частному, единичному. Например, больной жалуется врачу на кашель. Врач выясняет, что пациент много курит, и советует ему отказаться от курения. Закон: кто курит, тот кашляет. Пациент курит, а потому он кашляет; чтобы избавиться от кашля, пациенту надлежит отказаться от курения. Пропагандистом дедуктивного метода в науке нового времени был Рене Декарт.

2.5. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания

1. Анализ и синтез. Под анализом понимают разделение объекта (мысленно или реально) на составные части с целью их отдельного изучения. Однако для изучения объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением лишь его составных частей. В процессе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между ними, рассматривать их в совокупности и единстве. Осуществить этот этап в процессе познания означает перейти от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого связанного целого – синтез.

В процессе синтеза производится соединение воедино составных частей изучаемого объекта, расчлененных в результате анализа. При этом синтез не означает простого механического соединения разъединенных элементов в единую систему. Он раскрывает место и роль каждого элемента в системе целого, устанавливает их взаимосвязь и взаимообусловленность.

2. Аналогия и моделирование. Под аналогией понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков и отношений у различных в целом объектов. Установление сходства или различия между объектами осуществляется в результате их сравнения. Таким образом, сравнение лежит в основе метода аналогии.

Если делается логический вывод о наличии какого-либо свойства, признака у изучаемого объекта на основании установления его сходства с другими объектами, то этот вывод называют умозаключением по аналогии.

Сущность моделирования состоит в замещении исследуемого объекта его моделью для получения новой информации о самом объекте. При моделировании решаются три задачи:

- 1) построение модели, воспроизводящей объект;
- 2) экспериментальное его исследование;
- 3) экстраполяция (перенос) информации, полученной при исследовании модели на подлинный объект исследования.

Мысленное моделирование – это самые различные мысленные представления в форме тех или иных воображаемых моделей, например, модель атома, предложенная Резерфордом. Физическое моделирование характеризуется физическим подобием между моделью и оригиналом и имеет целью воспроизведение в модели процессов, свойственных оригиналу. Пример - гибель английского корабля-броненосца «Кэптон», построенного в 1870 году. Исследования известного ученого-кораблестроителя Рида, проведенные на модели корабля, выявили серьезные дефекты в его конструкции. Но заявление ученого, обоснованное опытом с «игрушечной моделью», не было принято во внимание английским Адмиралтейством. В результате при выходе в море корабль перевернулся, что повлекло за собой гибель 500 моряков.

2.6. Критерии научности

Какое знание действительно научно? Поскольку не каждое предложение является научным, то существуют критерии научности естественнонаучного знания. Остановимся более подробно на самых значимых критериях: подтверждаемости теории практикой и использовании гипотетико-дедуктивного метода.

1. Подтверждаемость теории эмпирическими фактами. Теория считается научной лишь в том случае, когда она подтверждается фактами. Если теория не подтверждается, то ее научный статус ставится под сомнение, т. е. она не научна. Например, химики конца XVII века придерживались теории Флогистона, которая так и не нашла подтверждения.

Однако «подтверждаемость теории не дана на вечные времена: рост научного знания вынуждает отказаться от старых теорий в пользу новых. Подтверждаемость теории никогда не носит абсолютный характер», - говорил английский философ Карл Поппер. Ученый также должен стремиться к точности выражений и не использовать многозначные термины.

2. Использование гипотетико-дедуктивного метода. Гипотетико-дедуктивный метод – это понятийно-дедуктивный способ анализа природных явлений. Доказательство на основе понятий и их взаимосвязей (законов) называется объяснением.

Ретросказание прошлого и признание будущего. К научному знанию предъявляются обычно два требования: оно должно позволять понимать изучаемые явления и осуществлять по поводу их ретросказание прошлого и предсказание будущего. Эти требования выполняет и гуманитарное знание, но делает это не посредством понятий и на основе критерия подтверждаемости, а благодаря **опоре на ценностные представления и критерий эффективности**.

Ценности позволяют проинтерпретировать поступки людей. Сократ мог покинуть Афины, чтобы избежать казни, но не сделал этого, руководствуясь ценностью соблюдения законов того государства, которому он принадлежал. В любой ситуации человек поступает в полном соответствии со своими ценностями, в силу этого обстоятельства гуманитарные науки позволяют предсказать поведение людей. Таким образом, поступки людей дедуцируются из знания их ценностей и определенностей конкретных ситуаций – **прагматический метод**, это ценностно-дедуктивный способ интерпретации поступков людей. Доказательство посредством ценностей и их взаимосвязей называется интерпретацией.

Ценности относятся к миру мыслей и языка, они не поддаются фиксации с помощью технических приборов. Они также не находятся в природе, а изобретаются людьми. Последним, вынужденным жить в ценностном мире, не остается ничего другого, как сопоставлять свои ценностные предпочтения и культивировать из них наиболее эффективные, позволяющие достичь максимально возможного в плане обеспечения своего будущего. Опыт жизни, осваиваемый ими в соответствии со знанием, позволяет сопоставлять гуманитарные науки и теории на предмет их эффективности. В дальнейшем мы попытаемся на конкретных примерах дисциплин показать использование научных методов и критериев научности в естествознании.

3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

3.1. Естествознание в эпоху античности

Две с половиной тысячи лет назад в границах Средиземноморья сформировались устойчивые цивилизации с развитой земледельческой культурой, ремёслами, торговлей, мореплаванием, широким использованием металлов. В обществе появилась частная собственность, товарное производство, начал формироваться рынок, демократическое управление, правовые отношения, система образования, преуспевали литература и искусства, широкий размах получили строительство и архитектура. Колыбелью науки считается Древняя Греция, точнее – греческие колонии в малой Азии, именно там формируются элементы научной культуры, рациональные представления о природе. На смену простому созерцанию явлений природы и их наивному толкованию приходят попытки объяснить эти явления и найти их причины. Создаются первые научные школы. Уже в V-I веках до н. э. у греков хорошо были развиты математика, механика, астрономия и др.

Ионийский период охватывает VI век до нашей эры (Иония – греческая колония в Малой Азии). Город Милет, расположенный на Малоазийском побережье Эгейского моря, был крупным портом, через который проходили торговые пути от греческих городов на восток. Именно там возникла первая в истории цивилизации научная школа – ионийская (милетская), основателем которой был **Фалес Милетский** (624-547 гг. до н. э.). Он первым установил существование электричества, определил продолжительность года в 365 дней. К наиболее крупным представителям данной школы также относятся **Анаксимандр** (610-546 гг. до н. э.), **Анаксимен** (585-525 гг. до н. э.), **Анаксагор** (500-428 гг. до н. э.).

Естествознание начинается тогда, когда сознание человека поднимается до уровня выработки высокой абстракции категории, позволяющей сформулировать главный вопрос натурфилософии: из чего все произошло. Мыслители древности, пытаясь найти естественные основы бытия, выдвигали в качестве первоосновы мира четыре стихии: вода (**Фалес**) - первовещество, из которого все происходит и в которое все возвращается; воздух (**Анаксагор**); земля и огонь (**Гераклит**). Осознание первовещества как единой реальности, отвлеченной от конкретных форм ее проявления, было важным шагом в понимании целостности мира.

Пифагор (VI в. до н. э.) создал школу на юге Апеннинского полуострова в городе Кротоне, которая добилась выдающихся успехов во многих областях математики, но особенно преуспела в теории чисел. Девиз этой школы – «все есть число», смысл которого состоял в убеждении, что в каждой существующей вещи скрыты некие определенные числовые отношения. Исходным состоянием мира является некое беспредельное начало, воздушная бездна, в которой зародилась огненная единица. Она сыграла роль семени, из которого развился Космос. Изменяясь в размерах, она последовательно породила всю совокупность чисел первой десятки. Числа управляют миром, судьбой отдельного человека,

предрешают его жизненный путь. Различные комбинации чисел определяют свойство объектов, а числовые отношения отражают суть всех явлений. Задача познания состоит в выявлении этих отношений. Есть сведения о том, что пифагорейцы первыми в Древней Греции научились распознавать на небесном своде планеты, отличать их от звезд. Они заложили основы такого представления о мире и его познании, в соответствии с которым математические знания являются важнейшим условием, ключом к познанию природы: математика есть средство познания устройства мира.

В V-IV вв. до н. э. в Древней Греции возникает атомистическое учение, представителем которого был **Левкипп** (500-440 гг. до н. э.), он утверждал, что существует предел делимости вещества. Одним из основоположников античного материализма является **Демокрит** (470-405 гг. до н. э.). Он исходил из того, что мыслить бытие можно, если ввести понятие о неделимости элементарных оснований этого бытия – атомов. Бытие в собственном смысле этого слова – это атомы, которые движутся в пустоте. Пустота неподвижна и беспредельна, она не оказывает никакого влияния на находящиеся в ней тела, на бытие. Идея пустоты привела Демокрита к идее бесконечного пространства, где во всех направлениях беспорядочно носятся, перемещаются атомы. Представление о пустоте – достаточно сильная абстракция, требующая высокого уровня теоретического мышления. От понятия пустоты остается только один шаг до понятия инерции, но древние греки этого шага не сделали. Атом, по Демокриту, – неделимая, совершенно плотная, непроницаемая, не воспринимаемая чувствами, самостоятельная частица вещества; он неделим, вечен и неизменен. Атомы никогда не возникают и никогда не погибают, бывают самой разнообразной формы. В процессе движения в пустоте атомы сталкиваются друг с другом и сцепляются. Сцепление большого количества атомов составляет вещи. Возникновение и уничтожение вещей объясняется сложением и разделением атомов; изменение вещей – изменением порядка и положения атомов, мир дискретен.

По Демокриту, мир в целом – это беспредельная пустота, начиненная многими отдельными мирами. Отдельные миры образовались в результате того, что множество атомов, сталкиваясь друг с другом, образуют вихри – кругообразные движения атомов. В вихрях крупные и тяжелые атомы скапливаются в центре, а более легкие и малые вытесняются к периферии. Так возникли земля и небо. Небо образует огонь, воздух и светила. Земля – центр нашего мира, на краю которого находятся звезды. Каждый мир замкнут, число миров бесконечно. Многие из них могут быть населенными. Демокрит впервые описал Млечный путь как огромное скопление звезд. Миры преходящи: одни из них только возникают, другие находятся в расцвете, а третьи уже гибнут.

Любые события влекут за собой определенные следствия и в то же время представляют собой следствие из некоторых других событий, совершившихся ранее – принцип детерминизма (причинности). Демокрит понимал принцип детерминизма механистически, отождествляя причинность и необходимость. Все,

что происходит в мире, не только причинно обусловлено, но и необходимо и неизбежно. Он отвергал объективное существование случайности, говоря, что человек называет событие случайным, когда не знает причины события. Концепция атомизма Демокрита сыграла большую роль в развитии представлений о структуре материи. Атомистические представления Левкиппа и Демокрита в дальнейшем были развиты **Эпикуром** (321-270 гг. до н. э.).

Классический (афинский) период (480-330 гг. до н. э.). Представителем этого периода является **Аристотель** (384-322 г. до н. э.), его сочинения охватывают многие области знания: «Метафизика», «Физика», «О возникновении животных» и др. Свои воззрения на устройство природы он представил в книге «Физика», в которой изложил учение о четырех причинах существования мира – материи, форме, действии и цели, – а также свои взгляды на взаимосвязь пространства, времени и движения. Он считал, что материя существует вечно, она не может ни из чего возникнуть, ее количество в природе неизменно. Она способна лишь к превращениям и образует в разных соединениях различные предметы. Все явления протекают во времени. Вместительность предметов является пространством, оно неразрывно связано с телами. Пустоты без тел не существуют – мир непрерывен. Порядок и гармония мира обусловлены целевой причиной движения и формой. Когда-то давно, под действием первотолчка, материя пришла в вихревое движение, упорядочив ранее существовавший хаос. В мире нет ничего неизменного и случайного, развитие его во времени строго детерминировано. Аристотель придерживался геоцентрической модели мироздания.

Эллинистический (александрийский) период – начинается с 330 г. до н. э. В Александрии был построен «храм науки» Музейон, ставший крупным научным центром, основана Александрийская библиотека, там же греки вступили в контакт с египтянами и вавилонянами, благодаря чему им стали доступны неисчерпаемые сокровища астрономических наблюдений, накопленные за многие столетия в Древнем Египте и Вавилоне.

Высокий уровень развития имела геометрия, основанная на представлениях **Евклида** (III в. до н. э.), которая практически без изменений просуществовала до начала XX века. Уже в V-VI вв. до н. э. в древнегреческой математике были разработаны геометрическая алгебра, теория делимости целых чисел, теория пропорций и др. В своем труде «Начала», состоявшем из 13 книг, построенных по единой логической схеме (вначале определяются основные понятия геометрии, затем формулируются аксиомы, вся система геометрии строится аксиоматическим методом, все геометрические теоремы выводятся из аксиом чисто логическим путем), Евклид изложил все достижения древнегреческой математики в систематизированной аксиоматической форме. В первых четырех книгах «Начал» излагалась геометрия на плоскости; в пятой и шестой книгах – теория отношений Евдокса; в седьмой-девятой книгах – теория целых и рациональных чисел; в десятой книге – свойства квадратичных иррациональностей; в одиннадцатой – основы стереометрии; в двенадцатой книге – метод «исчерпывания» Евдокса (как прообраз теории пределов); в заключительной книге рассматривались свойства

пяти правильных многогранников. Изложение математических знаний носило дедуктивный характер, теории выводились из небольшого числа аксиом.

Механика достигла своего наивысшего расцвета в трудах **Архимеда** (287-212 г. до н. э.), который открыл законы плавания тел и простого рычага. В гидростатике Архимед открыл закон, носящий его имя, и теоретически его доказал. Также он установил понятие центра тяжести тел. Он создал автоматическую модель движения небесных тел с водяным двигателем, а при конструировании сооружений, машин и механизмов широко использовал математические расчеты. Положил начало выделению естественных наук в самостоятельную область знания (до этого естественные, гуманитарные науки и философия были неразделимыми).

Клавдий Птолемей (147-70 г. до н. э.) создал геоцентрическую модель мира, которая господствовала вплоть до XVI века, что отражено в его фундаментальном труде «Большое математическое построение астрономии в тринадцати книгах» («Альмагест»).

Давая общую характеристику вклада античной мысли в формирование современной научной картины мира, необходимо подчеркнуть следующее:

- в отличие от ряда древних цивилизаций, именно в Древней Греции под наукой понимается не просто совокупность каких-то разрозненных сведений, а определенная система знаний, являющихся результатом деятельности особой группы людей по получению новых знаний. Именно там возникают первые научные сообщества (милетская школа, платоновская академия, пифагорейцы и др.);

- сформированный в античности аппарат логического рационального мышления представлял собой определенный алгоритм производства доказательных знаний. Древнегреческие мудрецы не просто собирали и накапливали факты, суждения и откровения или высказывали новые предположения, они начали их доказывать, аргументировать, т. е. логически выводить одно знание из другого, тем самым придавая ему систематичность, упорядоченность и согласованность. Идея математического доказательства – это величайшее достижение древнегреческих мыслителей. Античные философы создали логику и диалектику – учения о способах доказательства и опровержения;

- натурфилософия носила созерцательный характер. В те времена считалось, что именно созерцание и размышление, отвлечение от мирской суеты, обращение к самому себе и своей интуиции позволяют приобщиться к вечному и глубже понять законы Мироздания. Натурфилософия подводила к пониманию, что истина – не продукт догматической веры, а логически обоснованный результат созерцания и осмысления окружающей действительности. И хотя по своему характеру древнегреческая наука являлась абстрактно-умозрительной (в ней нет экспериментального начала, применения теории к практике, математизации физики), именно она послужила тем фундаментом, на котором начала формироваться наука.

3.2. Естествознание в Средние века

Начало новой эры вплоть до средневековья (I-XVI вв.) характеризуется как застой в науке, этот период времени в истории развития цивилизации принадлежит не науке, а религии. Возникает непреодолимое противоречие между наукой, делающей свои выводы из результатов наблюдений, опытов, включая и обобщение этих результатов, и схоластическим богословием, для которого истина заключается в религиозных догмах. Стержнем средневекового сознания явилось религиозное мировоззрение, в котором истолкование всех явлений природы и общества, их оценка, а также регламентация поведения человека обосновываются ссылкой на сверхъестественные силы, которые полностью господствуют над материальным миром и способны по своему произволу как угодно изменять ход естественных событий и даже творить бытие из небытия. Такие представления порождались как практическим бессилием человека перед природой (неразвитость производительных сил, сельскохозяйственный и ремесленный характер производства), так и стихийным характером социально-классовых процессов, процессов общения (социальный гнет, несправедливость, непредсказуемость жизненных ситуаций).

В эпоху Средневековья процветали и развивались такие специфические области знания, как астрология, алхимия, магия, схоластика, кабалистика. Любые проблемы, в том числе естественнонаучные, привязывались к толкованию текстов Священного Писания. Роль науки сводилась к решению практических задач. Однако не следует рассматривать эту эпоху как эпоху только застоя и регресса: интерес к астрологии подготовил будущее развитие астрономии, а алхимия стимулировала развитие химии. Основой алхимии служило представление о том, что вся Вселенная заполнена знаками и символами, распознав которые, человек сможет проникнуть в тайны природы и управлять ею. Привычка к изоощренным схоластическим спорам способствует развитию логики, а искусство аргументации порождает идею доказательности.

Знание рассматривалось не как главная цель духовной деятельности, а как некоторый ее побочный продукт. Религиозное разделение мира в сознании на земной и небесный предполагало возможность приобщения к миру «по ту его сторону». Способом такого приобщения считались не знания, а вера. Именно в русле решения данного вопроса **Фома Аквинский** создает теолого-философский синтез современного ему знания с позиций установки на то, что теология выше философии. Но не потому, что вера выше разума, а потому, что существует различие между человеческим разумом и сверхразумом Бога. Истины Бога – не иррациональны, они сверхразумны; их доказательство не под силу человеческому уму, они непознаваемы для него, но, тем не менее, носят рациональный характер. По его мнению, естественные науки имеют право на существование, и их задача состоит в том, чтобы подкреплять, детализировать, конкретизировать положения, содержащиеся в Библии, но сами эти науки не могут постигнуть основных начал мира, такая задача им не под силу.

Для средневекового человека природа – это мир вещей, за которыми надо стремиться видеть символы Бога. Средневековое сознание не ориентировано на выявление объективных закономерностей природы. Знание ориентировано на повторение, воспроизведение и обоснование некоторых исходных абстрактных образов общекультурной значимости.

Наиболее выдающиеся представители данного времени были нацелены на программу практического назначения знания. В естественнонаучном знании начинают видеть средство, с помощью которого человек может добиться расширения своего практического могущества. Так, например, Роджер Бэкон высказывал идеи, которые намного опережали его время – о создании судов без гребцов, управляемых одним человеком, быстрее колесниц, передвигающихся без коней, о летательных аппаратах, созданных человеком и управляемых им, о приспособлениях, которые позволили бы человеку передвигаться по дну рек и морей, о создании зеркал, которые способны концентрировать солнечные лучи так, что они могут сжигать все на своем пути и др. Он был уверен, что познание мира человеком бесконечно, как бесконечны и возможности возрастания практического могущества человека.

В этот период (III в. до н. э. вплоть до XVII века) шел в основном лишь количественный рост научных знаний без качественных изменений (прорывов).

Пока европейская наука переживала данный период (VII-XII вв.), на Востоке, наоборот, наблюдался прогресс науки и культуры. В этот период происходит возвышение Арабского халифата – арабо-мусульманского феодального государства. В IX веке в его состав входили весь Аравийский полуостров, территории современного Ирана, Ирака, Сирии, Египта, большая часть Закавказья, Средней Азии, Северной Африки, Пиренейского полуострова. Переработав значительную часть культурного наследия народов, входивших в состав халифата, арабы достигли больших успехов в астрономии, математике, медицине, географии, логике, философии, истории. Они также унаследовали значительную часть древнегреческой культуры. В IX веке наряду с трудом Птолемея «Альмагест» на арабский язык были переведены «Начала» Евклида и сочинения Аристотеля.

Арабы ввели в употребление цифры, которые используются до настоящего времени. Благодаря торговле, они быстро распространились по миру, вытеснив неудобную римскую систему обозначений. В истории науки этого периода известны имена таких арабских ученых, как астроном **Муххамед аль-Баттани** (850-929 гг.), **Ибн-Юнанс** (950-1009 гг.), который занимался тригонометрией, наблюдением лунных и солнечных затмений, **Ибн аль-Хайсам** (965-1020 гг.), получивший известность своими работами в области оптики и др. Средневековой арабской науке принадлежат и наибольшие успехи в химии, именно в их работах алхимия постепенно превращалась в химию.

Через страны Востока европейцы и познакомились с достижениями античной науки и культуры. В XII веке на латинский язык был переведен главный труд Птолемея «Математическая система», получивший название «Альмагест»

(греческий оригинал был утерян и перевод осуществлялся с арабского, носившего название «Алмегисте»). На грани XII-XIII веков на латынь были переведены сочинения Аристотеля.

3.3. Естествознание в эпоху Возрождения

В эпоху Возрождения (XIV – начало XVII вв.) в умах людей произошел поворот от стремления осознать свое место в мире к попыткам понять его рациональное устройство без ссылок на чудеса. Вначале переворот носил аристократичный характер, но изобретение книгопечатания распространило его на все слои общества. В этот период происходит возрождение интереса к античности. Интерес к памятникам античной культуры был особенно велик в Италии, где писатели, ученые разыскивали забытые труды греческих, римских авторов, восстанавливали подлинные тексты, которые были искажены в эпоху Средневековья.

В XIV–XV вв. в Европе начинается рост производства. Расширяется торговля, развивается мореплавание, происходят географические открытия, развивается военное дело. Все это приводит к накоплению в огромных масштабах эмпирического материала. Начинается процесс дифференциации научного знания, что приводит к гораздо более глубокому проникновению в тайны природы. Поиск естественных причин для объяснения явлений природы, использование опыта как средства научного познания способствуют становлению экспериментального естествознания.

Основное место среди наук того времени занимают механика (изучение движения различных тел, строительная механика, работа машин и механизмов), а также астрономия. В XVI веке ученые начинают постигать природу магнетизма. Было обнаружено магнитное поле Земли. В мореплавание внедряется магнитный компас, совершенствуются географические карты и глобусы, создаются первые естественнонаучные музеи. Медицина постепенно освобождается от средневековых догм и начинает изучение процессов, происходящих в человеческом организме. После снятия запрета на вскрытие человеческих трупов больших успехов достигает анатомия. Резко расширяются возможности исследования живого с созданием микроскопа. Большую роль в распространении научных знаний того времени сыграло изобретение книгопечатания **Иоганном Гутенбергом** в середине XV века.

В эпоху Возрождения возникает небывалый интерес к человеку как к личности, он становится центральной фигурой природы. Возвеличивание человека в то же время сочетается с преклонением перед самой природой, что, в частности, нашло отражение в живописи.

Крупнейшим событием эпохи, перевернувшим картину мироздания, явилось создание труда «Об обращениях небесных сфер» (1543 г.) **Николаем Коперником** (1473-1543 гг.), где он утверждал, что Земля не является центром мироздания и на основе астрономических наблюдений и расчетов создал новую,

гелиоцентрическую, систему мира. Он показал ограниченность чувственного познания, неспособного отличать то, что нам представляется, от того, что в действительности имеет место. Таким образом он продемонстрировал слабость принципа объяснения окружающего мира на основе непосредственной видимости и доказал необходимость для науки критического разума. Существенным недостатком взглядов Коперника было то, что он все же полагал, что Вселенная где-то заканчивается твердой сферой, на которой были закреплены неподвижные звезды – так называемый «мир в скорлупе». На памятнике Копернику, открытому в Варшаве спустя почти три столетия после его смерти, высечены слова, которые выражают суть его великого открытия: «Остановивший Солнце, сдвинувший Землю».

Одним из ученых, поплатившихся жизнью за свои убеждения, был знаменитый итальянский мыслитель **Джордано Бруно** (1548-1600 гг.). В своих сочинениях «О причине, начале и едином», «О бесконечности, Вселенной и мирах» он отрицал наличие центра Вселенной, отвергал замкнутую систему звезд, центральное положение Солнца во Вселенной, отстаивал тезис о бесконечности Вселенной, о множественной ее населенности. В свете учения Бруно теория Коперника снижает свой статус: она оказывается не теорией Вселенной, а теорией лишь одной из множества планетных систем Вселенной и, возможно, не самой выдающейся. Великий мыслитель был сожжен на площади Цветов в Риме 17 февраля 1600 года. Спустя три столетия на месте казни Бруно был воздвигнут памятник с посвящением, начинающимся словами: «От столетия, которое он предвидел...».

Революция, произведенная Коперником и Бруно в астрономии, стала мощным толчком для развития оптики и механики и обусловила переход к новому методу исследования, основу которого составили эксперимент и математическое описание его результатов. В XIII веке английский философ Роджер Бэкон писал: «Существует естественный и несовершенный опыт, который не сознает своего могущества и не отдает себе отчета в своих приемах: им пользуются ремесленники, а не ученые... Выше всех умозрительных знаний и искусств стоит умение производить опыты, и эта наука есть царица наук...»

В формировании классической механики и утверждении нового мировоззрения велика заслуга **Галилео Галилея** (1564-1642 гг.). Еще будучи студентом университета г. Пиза, он открывает закон изотропности колебаний маятника. В 1608 году изобрел телескоп с 30-кратным приближением, с помощью которого совершил ряд выдающихся астрономических открытий: спутников Сатурна, фаз Венеры, солнечных пятен, обнаружение того, что Млечный Путь представляет собой скопление бесконечного множества звезд, и др. Он в 1633 году был, подвергнут суду инквизиции. Она пригрозила Галилею не только осудить его как еретика, но и уничтожить все его рукописи и книги. От него требовали признания ложности учения Коперника, он был вынужден уступить. Галилей заложил основы экспериментальных исследований в механике макромира. Внедрение математики в физические исследования позволило ему представить

свои результаты в виде кинематических уравнений. Он утверждал: «Книга природы написана математическими символами, без которых человек не сможет понять в ней ни одного слова». Им впервые было сформулировано понятие физического закона в его современном значении. Он впервые высказал суть принципа идеализации: например, любой реальный предмет, обладает определенными размерами и геометрической формой, однако при проведении физических экспериментов, ни размеры, ни форма предмета не играют существенной роли, поэтому допустимо рассматривать его как материальную точку.

Одной из крупнейших фигур XVII столетия был немецкий астроном **Иоганн Кеплер** (1571-1630 гг.), научивший людей «измерять небеса». Он, используя собственные наблюдения и измерения Тихо Браге, открыл законы движения планет вокруг Солнца и вывел уравнения их орбит, о чем возвестил миру в трудах «Новая астрономия» (1609 г.) и «Гармония мира» (1619 г.). Деятельность Кеплера подготовила почву для открытия Ньютоном закона всемирного тяготения.

В этот период происходит становление рационалистического метода познания. В его представлениях человек не может что-либо изменить в природе, но покорить ее силы и заставить их работать на себя он в состоянии. Методологические основы классического рационализма были заложены английским философом **Френсисом Бэконом**, свою завершенность он получил в работах **Рене Декарта**. Большое значение для развития естествознания имел труд Декарта «Рассуждение о методе», где провозглашены новые принципы научного мышления и новые средства математического анализа в геометрии и оптике. Он закладывает основы механистического мировоззрения, центральная идея которого – идея тождества материальности и протяженности. Мир Декарта – это однородное пространство, все изменения в ней сводятся к механическому перемещению тел. Декарт является автором новоевропейской теории происхождения мира (хотя мир и создан Богом, он не принимает участия в его дальнейшем развитии). Мир развивается по естественным законам. Законы природы достаточны для того, чтобы понять не только совершающиеся в природе явления, но и ее эволюцию.

3.4. Естествознание в XVII-XVIII веках

Этот этап является началом промышленного освоения природы. Оно характеризуется интенсивной урбанизацией, невероятно быстрой индустриализацией и укреплением позиций классической науки. В промышленность внедряются машины и механизмы, заменяющие физический труд человека. Строятся первые механические и паровые двигатели. В результате череды социальных революций осуществляются глубокие преобразования в обществе, происходит демократизация политических структур, в общественном сознании закрепляется идеал – образ человека, рационального, умеренного и аккуратного, одной из важнейших целей которого является получение денег и

прибыли. На этом фоне происходит развитие науки, окончательную огранку получает научный метод исследования, закладывается структура естествознания.

Результаты естествознания XVII века обобщил **Исаак Ньютон** (1642-1727 гг.). Именно он завершил постройку фундамента нового классического естествознания. Среди открытий Ньютона - законы динамики, закон всемирного тяготения, создание одновременно с Лейбницем новых математических методов – дифференциального и интегрального исчисления, ставших фундаментом высшей математики, изобретение телескопа-рефлектора, открытие спектрального состава белого цвета и др. 28 апреля 1686 года он представил Лондонскому королевскому обществу свою новую всеобщую теорию – механику земных и небесных процессов. В систематической форме изложение классической механики было дано Ньютоном в книге «Математические начала натуральной философии», которая вышла в свет в 1687 году.

Доказательство тождества силы тяготения и силы тяжести на Земле Ньютон проводит на основе вычисления центростремительного ускорения Луны в ее обращении вокруг Земли; уменьшив это ускорение пропорционально квадрату расстояния Луны от Земли, он устанавливает, что оно равно ускорению силы тяжести у земной поверхности. Обобщая эти результаты, он сделал вывод, что для всех планет имеет место притяжение к Солнцу, что все планеты тяготеют друг к другу с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Далее Ньютон выдвинул тезис, в соответствии с которым сила тяжести пропорциональна лишь количеству материи (массе) и не зависит от других свойств материала. В теории Ньютона тяготение предстало как универсальная сила, которая проявляется между любыми материальными частицами независимо от их конкретных качеств и состава, всегда пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними (в математической форме смотри далее). Учение Ньютона о тяготении – не общее натурфилософское рассуждение и умозрительная схема, а логически стройная, точная фундаментальная теория, которая стала рабочим инструментом исследования окружающего мира.

Велики успехи Ньютона в области оптики. Поэтому по праву вторым великим достижением Ньютона было открытие того, что белый свет состоит из света различных цветов и, следовательно, цветовой свет имеет более простую природу, чем белый (1666 г.). В 1672 году Ньютон изложил перед членами Лондонского королевского общества свою новую корпускулярную концепцию света. В соответствии с этой концепцией свет представляет собой поток «световых частиц», наделенных изначальными неизменными свойствами и взаимодействующих с телами на расстоянии. Корпускулярная теория хорошо объясняла дисперсию света, но плохо объясняла интерференцию, дифракцию и поляризацию света. Ньютон похоронен в Вестминстерском аббатстве. На могиле Ньютона следующая запись: «Здесь покоится сэр И.Ньютон, который почти божественной силой своего ума впервые объяснил при помощи своего математического метода движения и формы планет, пути комет, приливы и отливы

океана. Он первый исследовал разнообразие световых лучей и особенности цветов, следующих отсюда, которых до него никто даже не подозревал...».

В XVII веке (1676 г.) **О.Ремер** на основе наблюдений затмения одного из спутников Юпитера открыл, что скорость света в пустом пространстве конечна и равна 300000 км/с.

Успехи механики повлияли на развитие других областей естествознания. Физика тепловых явлений открывается работами **Э.Мариотта** и **Р.Бойля**, но свою завершенность она получила лишь в последней трети XIX века.

Прогресс химии конца XVIII начала XIX века связан с именами **Антуана Лавуазье**, **Якоба Берцелиуса**, **Джона Дальтона**, **Жозефа Гей-Люссака**, **Амедео Авогадро** в исследованиях которых молекулярно-кинетическая теория, химическая атомистика и физика газов развивались как единое целое.

Развитие и конкретное приложение идей атомизма к химии осуществил **Роберта Бойль**. Он исходил из представления о том, что качественные характеристики и превращения химических веществ могут быть объяснены с помощью понятия о движении, размерах, форме и расположении атомов. Он был на пути к научно-обоснованному определению химического элемента как предела разложения вещества с данными свойствами. Он также обосновывает метод химического эксперимента, который призван, прежде всего, заставить природу выдать ее тайны.

М.В.Ломоносов (1711-1765 гг.) экспериментально открыл и теоретически обосновал закон сохранения вещества. Он разрабатывал волновую теорию света, исследовал грозовые электрические явления, природу северного сияния, доказал наличие атмосферы у Венеры. В середине XVIII века М.В.Ломоносов сформулировал закон сохранения массы веществ, участвующих в химической реакции.

И.М.Сеченов доказал, что в основе психических явлений лежат физиологические причины. Он первым высказал идею о рефлекторном характере произвольных движений, управляемых головным мозгом. Продолжением этой идеи явилось открытие И.М.Сеченовым условных рефлексов. Благодаря его работам, головной мозг человека стал предметом экспериментального исследования, а психические явления начали получать материалистическое объяснение.

Антуана Лавуазье (1743-1794 гг.) в конце XVIII века опираясь на открытия **Карла Шееле** сложного состава воздуха и **Джозефа Пристли** кислорода, разработал кислородную теорию горения.

Следующий шаг в развитии научной химии был сделан **Джоном Дальтоном** (1766-1844 гг.), он открыл закон кратных отношений. Дальтон объяснил этот закон атомным строением вещества и способностью атомов одного вещества соединяться с различным количеством атомов другого вещества. При этом он ввел в химию понятие атомного веса. В начале XIX века окончательно утвердился закон постоянства состава, сформулированный **Ж. Прустом**.

3.5. Естествознание в XIX веке

XIX век – век расцвета индустриализации и торжества науки для европейской цивилизации. Развитие физики в этот период связано с материальным производством, промышленностью, индустрией. Развитие физики все чаще становится условием дальнейшего технического прогресса. Так, без исследований по термодинамике не могло быть и речи о совершенствовании паровой машины или создании новых типов тепловых двигателей – двигателя внутреннего сгорания, паровой турбины. Открытие теории электромагнитных явлений привело к быстрому скачку в развитие электротехники.

В XIX веке развивается термодинамика, центральным понятием которой является понятие энтропии. Это понятие относится к замкнутым термодинамическим системам, находящимся в тепловом равновесии, которое можно охарактеризовать температурой T . Изменение энтропии определяется формулой: $dS \geq dQ / T$, где dQ – количество теплоты, подведенное к системе или отведенное от нее.

Энтропия – это мера способности теплоты к превращению. В обратимых процессах энтропия неизменна ($dS = dQ / T$), а в необратимых – постоянно изменяется ($dS > dQ / T$). Второе начало термодинамики гласит, что в замкнутой системе энтропия не может убывать, а лишь возрастает до тех пор, пока не достигнет максимума. С этим процессом связана длящаяся более сотни лет дискуссия вокруг проблемы «тепловой смерти» Вселенной.

Также в это время физики предпринимают попытки создания единой теории электрических и магнитных явлений. К середине XIX века в физике были установлены многочисленные законы различных электрических и магнитных явлений, но они не имели целостного теоретического обоснования. Построенная **Майклом Фарадеем** (1791-1867 гг.) полевая концепция электрических и магнитных явлений также не была математически оформлена. **Джеймс Максвелл** (1831-1879 гг.) создал теорию электромагнитного поля, которая была изложена в работе «Динамическая теория электромагнитного поля», опубликованной в 1864 году. Основные положения этой теории: электромагнитное поле реально и существует независимо от того, имеются или нет проводники и магнитные полюса, обнаруживающие его; изменение электрического поля ведет к появлению магнитного поля и наоборот; передача энергии происходит с конечной скоростью (принцип близкодействия); скорость передачи электромагнитных колебаний равна скорости света. Из этого следовала принципиальная тождественность электромагнитных и оптических явлений. Различия между ними заключаются только в частоте колебаний электромагнитного поля.

Экспериментальное подтверждение теории Максвелла было осуществлено в 1887 году опытами **Генриха Герца** (1857-1894 гг.).

В 1895 году **Вильгельм Рентген** обнаружил лучи, получившие название рентгеновских. Были выяснены необычные свойства этих лучей - способность проходить через светонепроницаемые тела, ионизировать газы.

В 1896 году **Анри Беккерель** открыл явление радиоактивности. Исследование явления радиоактивности было предпринято **Эрнстом Резерфордом**. Он установил, что радиоактивные атомы испускают частицы двух типов: тяжелые положительно заряженные α -частицы, как выяснилось, представляли быстро движущиеся ядра гелия, а β -частицы оказались летящими с большой скоростью электронами. Уже после открытия Беккереля стало ясно, что радиоактивное излучение неоднородно и содержит три компонента, которые получили название α - β - γ -лучей. При этом оказалось, что α - и β -лучи являются потоками соответственно положительно и отрицательно заряженных частиц, а γ -лучи представляют собой электромагнитное излучение. Но что за энергия, находящаяся внутри атома, высвобождается при его распаде и выделяется вместе с излучением, было неясно, как и сам «механизм» радиоактивного распада.

XIX век также характеризуется дальнейшим проникновением эволюционных идей в различные области знания, так, в геологии возникает теория развития Земли (**Ч. Лайель**, 1830), в биологии – эволюционная теория (**Ж.Б.Ламарк**, 1809), создается палеонтология (**Ж.Кювье**) и эмбриология (**К.Бэр**). Выдающуюся роль в утверждении эволюционных представлений о природе сыграли три открытия: клеточная теория (**Т.Шванн**, **М.Шлейден**, 1839), закон сохранения и превращения энергии (**Р.Майер**, 1842, **Д.Джоуль**, 1843) и эволюционное учение **Ч.Дарвина** (1859). Убедительными доказательствами материального единства мира явилось открытие периодической системы химических элементов (**Д.И.Менделеев**, 1869), создание теории химического строения органических соединений (**А.М.Бутлеров**, 1861), основ научной физиологии (**И.М. Сеченов**, 1863). Принято считать, что в конце XIX века классический период естествознания закончился, началась эпоха современного естествознания. Вместе с тем, в XVII-XIX веках сформировались первые научные картины мира, основанные на отдельных (частных) науках: механике, электродинамике и т. д. (частнонаучные картины мира), значение которых в развитии современного естествознания столь велико, что есть необходимость более подробно на этом остановиться.

4. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

4.1. Общее понятие о естественнонаучной картине мира (ЕНКМ)

Универсальный объект естествознания – природа является многогранным и одновременно единым. Ее различные аспекты изучаются множеством специализированных дисциплин. Общее знание о природе как едином образовании выступает в виде научной картины мира. Что понимается под естественнонаучной картиной мира (ЕНКМ)? Можно привести множество определений понятия «научная картина мира», которые будут отражать специфику того или иного раздела науки. На наш взгляд, наиболее простым и достаточно точно отражающим суть понятия является следующее определение: **ЕНКМ** является субъективным образом природы, который возникает у человека при рассмотрении окружающего мира через призму научных знаний, т. е. это теоретизированная целостная система научного понимания внешнего мира (система представлений об общих свойствах, сферах, уровнях и закономерностях природы).

Основу любой научной картины мира составляет небольшое число фундаментальных (базисных) понятий. К ним можно отнести такие понятия, как пространство, время, материя, движение, взаимодействие (эти понятия включаются в ЕНКМ не в их исходном философском значении, а в естественнонаучном истолковании). Наука постоянно обогащается новыми фактами, явлениями, гипотезами, теориями, что ведет к изменениям представлений о мире и законах, им управляющих.

Каким образом естественнонаучные теории влияют на формирование ЕНКМ? Какими должны быть новые естественнонаучные идеи, и какое количество новых достижений в науке должно быть получено, чтобы существенно изменить старую ЕНКМ и создать новую? В мире все изменяется, в том числе естественнонаучные понятия. Но если они изменяются со временем, то в разные исторические периоды базовые понятия ЕНКМ будут толковаться по-разному, будут наполняться разным содержанием. И дело не в количестве научных открытий и даже не в их качестве, а только в одном – дают ли они новое толкование базисных понятий, вносят ли существенные изменения в их осмысление. Только те естественнонаучные теории и идеи, которые вносят существенные изменения в прежнее толкование базисных понятий, вносят изменения и в ЕНКМ. Смена физических картин мира связана, в первую очередь, со сменой представлений об этих понятиях.

В структуре естественнонаучной картины мира можно выделить два главных компонента: понятийный и чувственно-образный. Понятийный представлен философскими категориями (материя, пространство, время, движение, взаимодействие и др.) и принципами (материального единства мира, всеобщей связи и взаимообусловленности явлений, детерминизма и др.), общенаучными понятиями и законами (закон сохранения и превращения энергии), а также фундаментальными понятиями отдельных наук.

Чувственно-образный компонент – это совокупность наглядных представлений о тех или иных объектах и их свойствах (модель атома Томсона – «желе», образ Метагалактики в виде расширяющейся сферы). Главное отличие ЕНКМ от ненаучных картин мира состоит в том, что она строится на основе определенной фундаментальной научной теории, которая служит обоснованием этой картины мира.

Исторически в научном знании сложились и стали общепризнанными следующие научные (физические) картины мира:

- механическая картина мира (МКМ);
- электродинамическая (релятивная) картина мира (ЭДКМ);
- квантово-полевая картина мира (КПКМ).
- релятивистская картина мира (РКМ).

Кратко рассмотрим историю формирования и развития научной картины мира.

4.2. Механическая картина мира и ее основные понятия и положения

МКМ стала первой научной картиной мира и оказала огромное влияние на всю духовную жизнь XVII-XIX вв. В основе ее лежали работы Г.Галилея и П.Гассенди, восстановивших атомизм древнегреческих философов Левкиппа и Демокрита, законы механики Ньютона, закон всемирного тяготения, законы оптики, дифференциальное исчисление и др.

Согласно МКМ, природа после ее возникновения всегда неизменна. А все объекты природы – это совершенные машины, механизмы, поведение и работу которых можно точно определить (решить) как в прошлом, так и в будущем. Все сложное многообразие живой и неживой материи МКМ пытается свести к механическим закономерностям. В частности, было много попыток создания моделей человеческого организма как механической машины. В целом, окружающий мир в механической картине мира представляется гигантским механизмом, где действуют законы механики.

Рассмотрим содержание сущность базисных понятий механической картины мира.

В рамках механической картины мира, разработанной Ньютоном и его последователями, сложилась корпускулярная модель реальности. МКМ основывается на дискретных представлениях о **материи**, которая рассматривается как вещественная субстанция, состоящая из отдельных частиц – атомов и корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и ничтожно малы. Поэтому основными понятиями МКМ являются понятия материальной точки и абсолютно твердого тела. **Твердое тело** рассматривается как система материальных точек, расстояние между которыми не изменяется при механическом взаимодействии. **Материальная точка** – тело, размерами которого в данном конкретном случае можно пренебречь. Абсолютно твердое тело при любом движении и

взаимодействии остается неизменным. Абсолютно твердое тело и материальная точка являются моделями реальных вещественных объектов, тел.

Таким образом, под материей в МКМ понимается вещество, т. е. материя имеет всего лишь одну форму – вещественную.

В рамках МКМ **пространство** считается абсолютным, трехмерным, непрерывным, бесконечным и однородным. Абсолютное пространство (по Ньютону) – это «пустоеместилище тел», которое всегда остается неизменным и независимым от времени (постоянно и всегда пребывает в покое). Абсолютность пространства означает, что оно ни от чего не зависит и неизменно с момента возникновения. Трехмерность означает, что в нем можно выделить три независимых направления (условно: ширину, длину, высоту). Непрерывность означает отсутствие разрывов в пространстве, бесконечность характеризует его размеры. Однородность указывает на то, что свойства пространства по всем направлениям одинаковы.

Время так же абсолютно и ни от чего не зависит (ни от пространства, ни от материи, ни от движения материи в пространстве). «Время естьместилище событий». События не влияют на течение времени. Время одномерно (течет от прошлого к будущему), непрерывно, везде одинаково, бесконечно и однородно. Время, в отличие от пространства, однонаправленно («стрела времени имеет одно направление»). Пространство и время –местилища соответственно предметов материального мира и событий.

Поскольку абсолютное пространство и время не содержат особых отметок, особых выделенных мест, от которых можно вести отсчет, ориентироваться в пространстве и времени, то, для того чтобы изучать движение объектов, нужно математизировать, или формализовать пространство и время, каждой точке пространства поставив в соответствие 3 числа (три пространственные координаты x, y, z). Каждому моменту времени (время одномерно) поставить в соответствие одну временную координату – t . То есть нужно вводить системы отсчета (система координат, тело отсчета и прибор для измерения времени - хронометр) (рис.1).

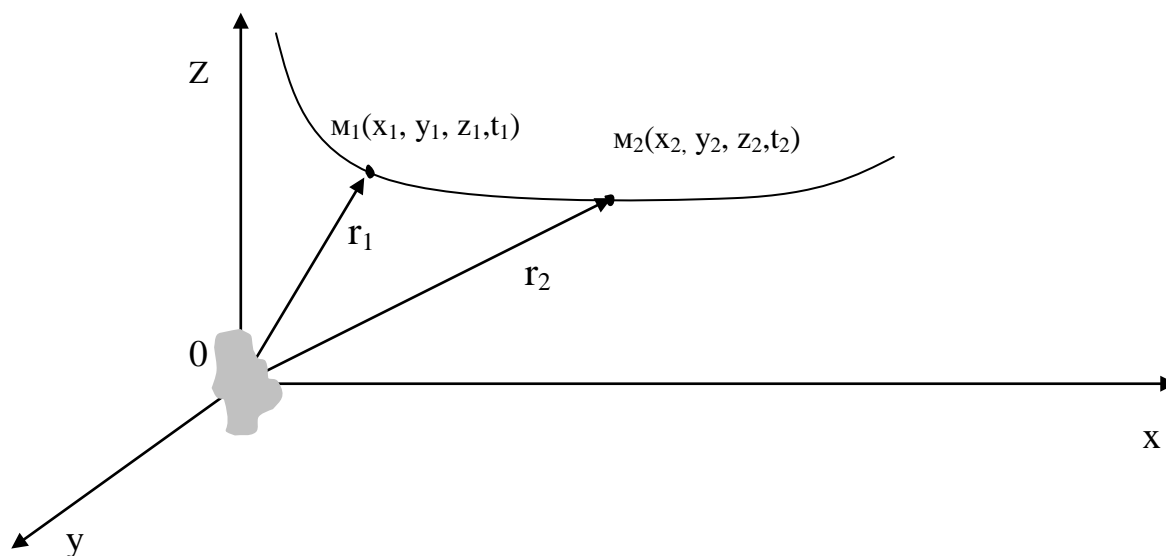


Рис. 1. Система отсчета

В МКМ все многообразие видов движений в мире сводится к наиболее простому («подлинному») виду **движения** – механическому. Тела обладают внутренним врожденным свойством двигаться равномерно и прямолинейно, а отклонения от этого движения связаны с действием на тело внешней силы (инерции). Под механическим движением понимается изменение положения тела в пространстве с течением времени. Движение тела в пространстве описывается с помощью 3-х законов Ньютона и принципа относительности Галилея. Законы Ньютона – это законы природы. Заслуга великого ученого заключается в том, что он, опираясь на многовековой опыт предшествующих поколений, сумел эти законы сформулировать и выразить с помощью точных математических формул.

О чем гласят законы Ньютона?

I закон (или «закон инерции») вводит понятия «инерция» и «инерциальные системы отсчета».

II закон (или «закон движения») является основным из этих трех законов. Он описывает механическое движение любого тела или системы тел, оперирует такими понятиями, как «сила», «масса», «ускорение», «импульс».

III закон (или «закон действия и противодействия») в упрощенной формулировке гласит, что всякое действие создает равное ему по величине противодействие.

Принцип относительности Галилея утверждает, что все законы механики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета.

Законы механики Ньютона выполняются в инерциальных системах отсчета. **Инерциальными** являются все системы отсчета, которые не подвергаются не уравновешивающим друг друга внешним воздействиям. Допустим, вы находитесь в вагоне равномерно и прямолинейно движущегося поезда. Относительно пола, потолка и стен вагона вы находитесь в покое, ибо действующие на вас силы (сила тяжести и сила реакции скамьи) уравновешивают друг друга. Вагон, в котором вы находитесь, является для вас инерциальной системой отсчета. Ситуация меняется при ускорении или замедлении поезда, когда в отсутствие каких-либо действующих на вас горизонтальных сил вам приходится отклоняться назад или наклоняться вперед. Вагон перестает быть инерциальной системой отсчета. С точки зрения наблюдателя, находящегося на перроне вокзала, происходящие с вами события выглядят по-другому. Он связывает свою систему отсчета не с вагоном, а с полотном перрона. Локомотив, увеличивая или уменьшая силу тяги, изменяет состояние движения вагона. Все происходящее в вагоне объясняется появлением новой силы в полном соответствии с законами Ньютона.

Известно, что в природе действуют многочисленные и разнообразные силы. С точки зрения современного естествознания, все это разнообразие сил можно свести к пяти фундаментальным взаимодействиям: гравитационному, электромагнитному, слабому, сильному, сверхсильному.

Решая проблемы взаимодействия тел, Ньютон предложил **принцип дальнего действия**. Согласно этому принципу взаимодействие между телами

происходит мгновенно на любом расстоянии без каких-либо материальных посредников.

В период формирования и развития МКМ было известно лишь одно взаимодействие – гравитационное. Главное свойство гравитации – ее универсальность, от нее нельзя избавиться или экранироваться, она всепроникаема. Любая частица, любое тело во Вселенной подвержены гравитации, причем сила гравитации всегда является силой притяжения и может быть рассчитана по закону всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения также имеет универсальный характер и является законом природы. Не менее важны, с точки зрения развития и формирования МКМ, законы сохранения энергии и импульса.

Вершиной развития МКМ считается **принцип причинности**, сформулированный в XVIII веке Лапласом. Суть принципа заключается в следующем: если известно состояние механической системы (материальной точки, тела, системы тел и т. п.) в определенный момент времени, то однозначно и точно можно определить состояние этой системы как в предыдущий, так и в последующий моменты времени. Принцип причинности является основой целого философского направления – детерминизма. Суть детерминизма: все события и явления природы жестко взаимосвязаны (причинно обусловлены) и развиваются в строгой логической последовательности, одно за другим, подобно некоему механизму (например, часы).

Жизнь и разум в МКМ не обладали никакой качественной спецификой, поэтому присутствие человека в мире не меняло ничего. Если бы человек однажды исчез с лица земли, мир бы продолжал существовать, как ни в чём ни бывало. Ошибочность детерминизма заключалась в том, что принципы и законы механики автоматически переносились на все явления природы, социальные процессы, и на этой основе пытались строить теории развития человеческого общества и природы в целом.

Может показаться, что МКМ в настоящее время не актуальна, ее место в музеях, книгах по истории и т. п. На самом деле МКМ продолжает занимать ключевое место в формировании мировоззрения и сегодня, лишь уточнены границы и область ее применения. Действительно, многие виды техники, авиация, космические аппараты разрабатываются и рассчитываются на основе законов механики. Классическая механика описывает движения макроскопических объектов с относительно небольшими скоростями, много меньшими, чем скорость света в вакууме ($V \ll C = 3 \cdot 10^8$ м/с).

МКМ привнесла много нового в научное познание мира:

- экспериментальный метод стал ведущим методом исследования природы (ранее преобладал созерцательный);
- метод идеализации или метод абстрактных моделей стал широко использоваться для описания реальных объектов и явлений природы (материальная точка, твердое тело и т. п.);

– метод математизации научного знания становится важнейшим инструментом теоретического исследования окружающего мира.

Таким образом, в настоящее время МКМ является составной частью современной научной картины мира. Она описывает все виды механического движения тел с относительно небольшими скоростями.

4.3. Теория электромагнитного поля и кризис механической картины мира

В конце XVIII века в физике появляются факты, противоречащие положениям МКМ: были открыты явления, описание которых не укладывалось в рамки классической механики (электрические заряды, электромагнитное поле). Таким образом, появились предпосылки и сложились условия для формирования и развития научной парадигмы, основанной на иных представлениях о материи, движении, взаимодействии, пространстве и времени, ставшей основой для новой научной картины мира – электродинамической (ЭДКМ).

Ядром ЭДКМ являются теория электромагнитных явлений (Джеймса Максвелла и Майкла Фарадея и общая и специальная теория относительности (ОТО и СТО) Альберта Эйнштейна.

Явление электромагнетизма открыл в 1820 году датский естествоиспытатель Х.К. Эрстед, который впервые заметил магнитное действие электрических токов. Он обнаружил, что, когда по проводнику протекает электрический ток, расположенная поблизости магнитная стрелка поворачивается на своей оси. В 1821 году **Майкл Фарадей** (1791-1867 гг.) ставит перед собой задачу «превратить магнетизм в электричество». И, продолжая исследования в этом направлении, он в 1831 году обнаружил, что временное изменение в магнитных полях создает электрический ток (когда замкнутый контур электрической цепи пересекает магнитные силовые линии, то в контуре возникает электрический ток, так как энергия магнитных силовых линий трансформируется в электрический ток).

Его работы стали исходным пунктом исследований **Джеймса Максвелла** (1831-1879 гг.), заслуга которого состоит в математической разработке идей Фарадея о магнетизме и электричестве. Будучи блестящим теоретиком и виртуозно владея математическим аппаратом, Максвелл создал теорию электромагнитного поля (изменение электрического поля порождает магнитное поле и наоборот; электромагнитное поле распространяется в виде электромагнитной волны со скоростью 300 000 км/с), которая была изложена в работе «Динамическая теория электромагнитного поля», опубликованной в 1864 году.

Именно Максвелл впервые стал рассматривать электромагнитное поле как самостоятельную физическую реальность: «Электромагнитное поле – это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии». Если до него физическая реальность мыслилась в виде материальных точек, то после него физическая реальность предстала в виде непрерывных полей.

В рамках ЭДКМ сильно изменилось содержание основных базисных физических понятий.

К концу XIX века физика пришла к выводу, что **материя** существует в двух видах: дискретного вещества (частиц, основными характеристиками которых являются масса и заряд) и непрерывного поля (с силовыми точечными центрами). Полевая форма - такая же объективная реальность, как вещественная. Поле обладает энергией, взаимодействует с другими полями, электрическими зарядами, частицами (веществом), фиксируется приборами, может переносить информацию. Примерами являются электрические и магнитные поля, электромагнитное поле.

Пространство и время потеряли свой абсолютный характер и перешли в разряд относительных категорий. В ЭДКМ пространство и время взаимосвязаны, не являются самостоятельными сущностями. **Пространство** в ЭДКМ относительно, поскольку выяснилось, что линейные размеры объектов зависят от скорости их движения (эффект сокращения линейных размеров объектов в СТО). **Время** в ЭДКМ относительно, т. к. скорость течения времени зависит от скорости движения объекта и наблюдателя (эффект замедления времени в СТО (эффект близнецов), а также напряженности гравитационного поля (ОТО). Более того, пространство и время неразрывно связаны друг с другом, с материей, распределением и движением материи в пространстве.

Таким образом, пространство и время представляют собой единую четырехмерную реальность. Все процессы и явления природы протекают в едином пространстве-времени, которое четырехмерно (три пространственных и одна временная координаты). Пространство отдельно от материи (как пустоеместилище тел) не существует, а время неразрывно связано с процессами, происходящими в поле, т. е. пространство и время перестали быть независимыми от материи сущностями.

СТО устанавливает зависимость пространства и времени от скорости движения материальных тел. Кроме того, она устанавливает неразрывную связь пространства и времени, поскольку они изменяются синхронно, при больших скоростях движения тел их линейный размер сокращается в направлении движения, ритмика течения времени изменяется.

Движение в ЭДКМ рассматривается не как простое механическое движение, а как распространение колебаний в поле. Поле распространяется посредством волн. Для волн характерны такие специфические явления, как интерференция и дифракция. Волновое движение описывается волновыми уравнениями, которые по форме и содержанию отличаются от законов механики Ньютона.

К понятию гравитационного взаимодействия в ЭДКМ добавилось понятие электромагнитного взаимодействия, которое имеет две составляющие: электрическую и магнитную. Оба эти взаимодействия ЭДКМ объясняла с помощью понятия «поле». Поле является переносчиком взаимодействия и распространяется со скоростью $C=3*10^8$ м/с. Электрическое взаимодействие описывается с помощью закона Кулона, магнитное взаимодействие - с помощью

закона Био-Савара-Лапласа. Внешнее формальное сходство законов Кулона и закона всемирного тяготения способствовало началу попыток создания единой теории поля.

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2};$$

$$F_k = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 – массы двух тел; q_1 и q_2 – величины электрических зарядов; r – расстояние между телами зарядов; G и K – коэффициенты пропорциональности;

F_g и F_k – силы тяготения и Кулона соответственно.

В начале XX века эта попытка не удалась, но позже в этом направлении были достигнуты серьезные успехи. К концу XIX века научная картина мира складывалась из МКМ и ЭДКМ. Основные достижения ЭДКМ состоят в следующем:

– была создана теория электромагнитных явлений, и на ее основе произошел качественно новый скачок в развитии техники (электричество, электротехника, электронная техника и т. д.). В этой связи XX век довольно долго называли веком электричества;

– расширились и углубились представления о пространстве, времени, материи, движении, взаимодействии.

К концу XIX - началу XX века у людей, занимающихся естественными науками, сложилась полная иллюзия о создании завершенной и в целом правильной картины мира. Не менялось в ЭДКМ представление о месте и роли человека во Вселенной. Его появление считалось лишь капризом природы.

Однако развитие естествознания очень скоро потребовало переосмысления многих положений МКМ и ЭДКМ на основе квантово-полевых представлений об устройстве, движении и взаимодействии микрообъектов.

4.4. Квантово-полевая картина мира. Ее основные понятия, положения

Историческими предпосылками для формирования КПКМ были проблемы теоретического описания следующих процессов и явлений: излучения и поглощения энергии нагретыми телами, сложное строение атомов и атомных ядер химических элементов, движение микрообъектов (элементарных частиц) и ряд других. Следовательно, потребовалось создание принципиально новой механики – волновой, или квантовой, механики. Ее основателями принято считать Альберта Эйнштейна, Нильса Бора, Макса Планка, Эрнста Резерфорда, Вернера Гейзенберга, Эрвина Шредингера, Луи де Бройля и других. Квантовая механика является ядром КПКМ. В основе квантовой механики лежат представления о квантах. Квант – это мельчайшая порция энергии, участвующая в энергообмене между частицами, полями в микромире.

Квантовый подход трансформирует многие физические представления, заставляет отказаться от привычного мышления в описании явлений,

происходящих в микромире. В рамках квантовой теории нельзя более делать абсолютно достоверные утверждения, можно лишь описать вероятность наступления какого-либо события.

Остановимся более подробно на трансформации в КПКМ пяти фундаментальных понятий: пространства, времени, движения, взаимодействия, материи.

В начале XX века возникли два несовместимых представления о материи:

- материя абсолютно непрерывна;
- материя состоит из дискретных частиц.

Физики предпринимали попытки совместить эти две точки зрения, но долгое время они оставались безрезультатными. В 1913 году Н. Бор предложил свою модель строения атома. Он предположил, что электрон, вращающийся вокруг ядра, вопреки законам электродинамики, не излучает энергии. Он излучает ее порциями, лишь при перескакивании с одной орбитали на другую.

В 1924 году Луи де Бройль в своей работе высказал гипотезу о соответствии каждой частице материи (электрону, протону) определенной длины волны. Иными словами, материя в области микромира имеет двойственную природу: одни и те же объекты обладают и вещественными, и полевыми (волновыми) свойствами. Это явление получило название **корпускулярно-волнового дуализма вещества**. Гипотеза де Бройля была подтверждена экспериментально в 1927 г. американскими физиками К. Дэвиссоном и Л. Джермером.

Если в МКМ пространство и время независимы друг от друга и абсолютны, а в рамках ЭДКМ пространство и время приобретают относительный характер, но абсолютный характер имеют принцип причинности, причинно-следственные связи между отдельными событиями и явлениями, то в КПКМ принцип причинности теряет свой абсолютный характер. В этой связи невозможно с абсолютной точностью говорить о местонахождении микрообъекта в тот или иной момент времени, о размерах движущегося микрообъекта, о траектории его движения.

Эти положения наиболее точно отражены в соотношении (или **принципе неопределенности**), сформулированном Вернером Гейзенбергом. Суть принципа: невозможно точно определить положение микрообъекта в пространстве (его точные координаты), если известно точное значение скорости (импульса) микрообъекта, и, наоборот, невозможно определить точное значение скорости (импульса) микрообъекта, если известно точно его положение. Аналитически этот принцип может быть записан в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta x * \Delta p_x &\geq h \\ \Delta y * \Delta p_y &\geq h \\ \Delta z * \Delta p_z &\geq h \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Математическая запись} \\ \text{принципа} \\ \text{неопределенностей} \end{array}$$

где Δx , Δy , Δz – неопределенность (погрешность) в определении пространственных координат;

$\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$ – неопределенность (погрешность) в определении импульса микрообъекта;

$h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж*с - постоянная планка, физическая константа, которая играет важную роль в области микромира.

Таким образом, в КПКМ имеет место вероятностная причинность того или иного события, факта. Например, допустим, ставится задача определить состояние движущейся частицы. Если бы можно было воспользоваться законами классической механики, то ситуация была бы простой: следовало бы лишь определить координаты частицы и ее импульс (количество движения). Но законы классической механики для микрочастиц применяться не могут: невозможно не только практически, но вообще с одинаковой точностью установить место и величину движения микрочастицы. Только одно из этих двух свойств можно определить точно. Гейзенберг в книге «Физика атомного ядра» пишет, что никогда нельзя одновременно точно знать оба параметра – координату и скорость. Никогда нельзя одновременно знать, где находится частица, как быстро и в каком направлении она движется. Если ставится эксперимент, который точно показывает, где частица находится в данный момент, то движение нарушается в такой степени, что частицу после этого невозможно найти. И наоборот, при точном измерении скорости нельзя определить место расположения частицы.

С точки зрения классической механики, соотношение неопределенностей представляется абсурдом. Чтобы лучше оценить создавшееся положение, нужно иметь в виду, что мы, люди, живем в макромире и не можем построить наглядную модель, которая была бы адекватна микромиру. Соотношение неопределенностей есть выражение невозможности наблюдать микромир, не нарушая его. При измерении мы изменяем объект и получаем информацию не о независимом от нас объекте, а о результате взаимодействия объекта и прибора.

При корпускулярном описании измерение проводится для того, чтобы получить точное значение энергии и величины движения микрочастицы, например, при рассеивании электронов. При экспериментах, направленных на точное определение места, напротив, используется волновое объяснение, в частности, при прохождении электронов через тонкие пластинки или при наблюдении отклонения лучей.

Для описания микробъектов, которые оказываются наделенными противоречивыми свойствами (что является следствием корпускулярно-волнового дуализма вещества), Нильс Бор предложил **принцип дополнительности**, которому дал следующую формулировку: «Понятия частицы и волны дополняют друг друга и в то же время противоречат друг другу, они являются дополняющими картинами происходящего». Атом можно описывать и как «планетарную» систему, и как подобное волне состояние. Каждое из описаний одинаково правильно, но применимо в различных условиях, т. е. способ описания выбирает исследователь. «...Данные, полученные при разных условиях опыта, не могут быть охвачены одной единственной картиной; эти данные должны рассматриваться как дополнительные в том смысле, что только совокупность разных явлений может

дать более полное представление о свойствах объекта». В этом как раз и состоит содержание принципа дополнительности. Н. Бор соотносил данный принцип не только с физическими науками: «цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также и человеческих культур представляет черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного способа описания». По мысли Бора, возможности живых существ столь многообразны и столь тесно взаимосвязаны, что при их изучении вновь приходится обращаться к процедуре взаимодополнения данных наблюдений.

Противоречия корпускулярно-волновых свойств микрообъектов являются результатом неконтролируемого взаимодействия микрообъектов и макроприборов.

В классической механике математическое тело, или точка, движется по строго определенной траектории. В любой момент времени можно определить местонахождение тела и его координаты. Для микрообъекта не имеет смысла понятие траектории движения, точное местоположение. Движение описывается не с помощью законов Ньютона, а с помощью законов квантовой механики, с помощью уравнения Шредингера, в основе которого лежат представления о волновой функции, определяющей вероятность нахождения микрообъекта в той или иной точке пространства. Это уравнение играет ту же роль в квантовой механике, что второй закон Ньютона в классической механике, т. е., по сути, является законом природы, который описывает движение микрообъектов (элементарных частиц).

В КПКМ понятие взаимодействия расширено представлениями о слабом и сильном взаимодействиях. Слабое взаимодействие – наиболее медленное из всех взаимодействий, протекающих в микромире. Оно ответственно за некоторые виды взаимодействия частиц, например, β -распад и M -распад.

Сильное, или ядерное, взаимодействие обуславливает связь протонов и нейтронов в ядрах атомов и обеспечивает высокую прочность этих образований, лежащую в основе стабильности вещества в данных условиях.

КПКМ впервые включает в себя наблюдателя, от присутствия которого зависит получаемая картина мира. Более того, сегодня считается, что наш мир таков, каков он есть, только благодаря существованию человека, появление которого стало закономерным результатом эволюции Вселенной.

4.5. Релятивистская картина мира

Специальная теория относительности (СТО)

В начале XX века радикальные изменения претерпели взгляды на основополагающие физические субстанции – пространство и время. К великим открытиям XX века следует отнести создание Специальной теории относительности и Общей теории относительности Эйнштейна. В сентябре 1905 года в немецком журнале появилась работа А. Эйнштейна (1879-1955 гг.) «К электродинамике движущихся тел», где были сформулированы основные положения СТО, идея которой заключалась в том, что при описании явлений природы нужно отказаться от ньютоновских понятий абсолютного пространства и

времени. Она стала результатом обобщения и синтеза классической механики Галилея – Ньютона и электродинамики Максвелла – Лоренца.

СТО устанавливает зависимость пространства и времени от скорости движения материальных тел. Кроме того, она устанавливает неразрывную связь пространства и времени, поскольку они изменяются синхронно, при больших скоростях движения тел их линейный размер сокращается в направлении движения, ритмика течения времени изменяется.

Чтобы придать результатам субъективных измерений объективный характер, вводится понятие инварианта – свойства, которое не зависит от того, в какой системе отсчета оно получено. Под **системой отсчета** понимается некоторая замкнутая система тел. Выделяется класс **инерциальных систем отсчета** – класс систем отсчета, которые движутся относительно друг друга прямолинейно и равномерно. Инвариантность некоторой характеристики означает ее одинаковость (независимость) во всех инерциальных системах отсчета. С физической точки зрения все величины, имеющие физический смысл, должны быть инвариантными. Для того чтобы некоторый физический процесс проходил одинаково во всех инерциальных системах отсчета, необходимо, чтобы математические уравнения, описывающие этот процесс, преобразовывались ковариантно (соответственно) преобразованию системы отсчета (см. ранее суть принципа относительности Галилея).

В основе Специальной теории относительности лежат два постулата:

1) принцип относительности Эйнштейна: в любых инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково. Этот принцип является обобщением принципа относительности Галилея, который утверждает одинаковость механических явлений во всех инерциальных системах отсчета. Следовательно, с помощью физических экспериментов, проведенных в замкнутой системе тел, невозможно определить покоится она или равномерно, прямолинейно движется. Поскольку физические законы во всех инерциальных системах отсчета одинаковы, то выражающие их математические уравнения должны иметь одинаковую форму;

2) принцип инвариантности скорости света: скорость света одинакова во всех направлениях и во всех инерциальных системах отсчета. Она является одной из физических констант, опыты показывают, что скорость света в вакууме приблизительно равна 300000 км/с. Она является предельной скоростью распространения материальных воздействий. Все движущиеся тела на Земле по отношению к скорости света имеют скорость, равную нулю.

Рассмотрим некоторые следствия постулатов СТО.

Из двух принципов – постоянства скорости света и расширенного принципа относительности Галилея – математически следуют все положения СТО.

1) Если скорость света постоянна для всех инерциальных систем, а они все равноправны, то физические величины длины тела, промежутка времени, массы для разных систем отсчета будут различными. Так, длина тела в движущейся

системе будет наименьшей по отношению к покоящейся (**сокращение продольных размеров движущегося тела**) и высчитывается по формуле:

$$l' = l\sqrt{1 - V^2 / C^2}$$

где l' - длина тела в движущейся системе со скоростью V по отношению к неподвижной системе; l – длина тела в покоящейся системе.

Для промежутка же времени, длительности какого-либо процесса наоборот. Время будет как бы растягиваться, течь медленнее в движущейся системе по отношению к неподвижной, в которой этот процесс будет более быстрым. По

формуле:
$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - V^2 / C^2}}$$

Пример: в ньютоновской механике, стержень длиной 1 м имеет такую длину в любой инерциальной системе отсчета. Соответственно, длительности процессов также во всех инерциальных системах отсчета одинаковы. Если длительность процесса в одной из инерциальных систем равна 5 сек., то такова же ее длительность во всех других инерциальных системах отсчета.

Если в неподвижной системе отсчета (L) длина стержня равна 1 м, а происходящий с ним процесс длится 5 сек., то для наблюдателя, находящегося в подвижной инерциальной системе отсчета (L^1) в зависимости от относительной скорости ее движения длина стержня может быть и 0,8 м, и 0,6 м, и 0,2 м, но только не 0, длительность же происходящего с рассматриваемым стержнем процесса будет не 5 сек., а меньше. В движущейся системе отсчета время идет медленнее, а пространственные масштабы укорочены вдоль направления движения.

2. Следствием постоянства скорости света является предположение о том, что скорость течения времени в разных инерциальных системах отсчета различна. В движущейся системе отсчета должно происходить замедление скорости течения времени. Эйнштейн попытался наглядно показать, как происходит замедление течения времени в движущейся системе по отношению к неподвижной.

Представим себе железнодорожную платформу, мимо которой проходит поезд со скоростью, близкой к скорости света. В точке A_1 на платформе находится наблюдатель X_1 (или прибор, фиксирующий эксперимент). На полу вагона в точке A размещен фонарик. Когда происходит совмещение точки A в вагоне с точкой A_1 на платформе, фонарик включается, появляется луч света. Так как скорость его конечная, хотя и большая, то для того, чтобы достигнуть потолка вагона, где расположено зеркало, и отразиться обратно, необходимо время, за которое поезд уйдет.

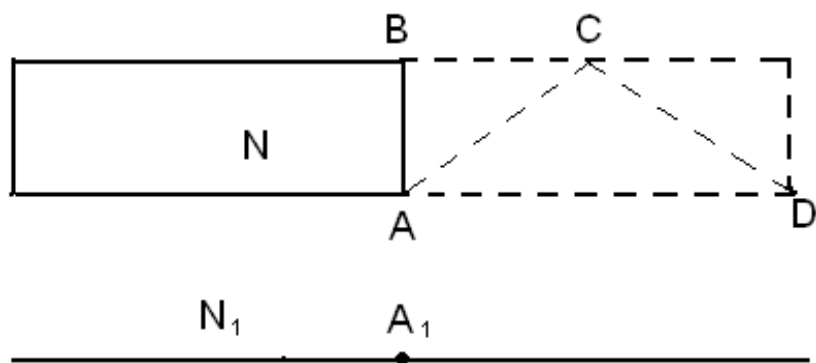


Рис.2. Замедление течения времени в движущейся системе по отношению к неподвижной

Для наблюдателя в вагоне луч света пройдет путь $2AB$, а для наблюдателя на платформе – $2AC$. Как видно из рис. 2, чем больше скорость поезда, тем длиннее линия AC . Очевидно, что $2AC > 2AB$. Это как раз и говорит о замедлении течения времени внутри движущейся системы по отношению к неподвижной.

Необходимо подчеркнуть, что именно в отношении определенных пространственных координат изменяются отрезки длин и промежутки времени. Наблюдатель, находящийся внутри вагона, по своим часам ждет полчаса. А по часам наблюдателя на платформе проходит значительно больше времени. Если, например, длина космического корабля в полете уменьшается в два раза с точки зрения наблюдателя на Земле, то при возвращении на Землю корабль сбавляет скорость и его длина становится такой, как и была при отлете.

Время же необратимо. Отсюда известный **парадокс близнецов**. После путешествия одного из близнецов на ракете, летевшей близко к скорости света, он с удивлением узнает, что его брат стал старше. Можно даже рассчитать такой полет. Представим себе, что с Земли стартовал космический корабль со скоростью $0,99$ скорости света и вернулся обратно через 50 лет, прошедших на Земле. Но, согласно теории относительности, по часам корабля этот полет продолжался бы всего лишь год. Если космонавт, отправившись в полет в возрасте 25 лет, оставил на Земле только что родившегося сына, то при встрече 50-летний сын будет приветствовать 26-летнего отца.

Физиологические процессы здесь совершенно ни при чем. Нельзя спрашивать, почему за один год сын космонавта состарился на 50 лет. Теория относительности доказала, что не существует ни абсолютного пространства, ни абсолютного времени. Сын постарел на 50 лет за годы, прожитые на Земле, в системе отсчета корабля время по отношению к Земле другое.

3. Следующее следствие постулатов касается **понятия одновременности событий**. В классической физике одновременность событий носит абсолютный характер и не зависит от выбора системы отсчета. В СТО события, происходящие в разных точках пространства, могут быть одновременными в одной инерциальной системе отсчета и не быть одновременными в другой.

Критику классической механики Эйнштейн начал как раз с пересмотра «абсолютного времени», понимаемого как одновременность всех событий в мире. В классической физике одновременность двух событий в точках пространства А и В обосновывалась переносом часов из одной точки в другую. Несостоятельность этого аргумента вытекает из факта конечной скорости распространения материальных взаимодействий. Допустим, что двое часов размещены во Вселенной далеко друг от друга и от нас, и нам нужно запустить их ход синхронно при помощи некоторого сигнала. Мы, оказывается, не сможем их синхронизировать из-за конечной скорости распространения сигналов. Если мы попытаемся сверить ход часов путем их переноса из одной точки в другую, то обнаружим, что ход часов будет изменяться в зависимости от скорости их перемещения. Если ход часов, удаленных друг от друга на большое расстояние, невозможно синхронизировать, значит, не существует всюду одинаково текущего времени.

Эффекты СТО будут обнаруживаться при скоростях, близких к световым. При скоростях, значительно отличающихся от скорости света, формулы СТО переходят в формулы классической механики.

Релятивистские пространственно-временные эффекты подтверждены многими экспериментами, с учетом их построены сложнейшие технические устройства, например, ускорители элементарных частиц.

В терминологии СТО пространство и время образуют единый пространственно-временной континуум, размерности 3+1. Не существует отдельно пространства и времени – есть только единое 4-мерное пространство-время.

Говоря об относительности пространственных и временных величин в разных системах, следует помнить, что в теории относительности мы наблюдаем неразрывную связь относительного и абсолютного как одно из проявлений физической симметрии. Поскольку скорость света является абсолютной величиной, то связь пространства и времени обнаруживается как некоторая абсолютная величина. Она выражается в так называемом пространственно-временном интервале по формуле $S = \sqrt{l^2 - C^2/t^2}$. В каждой системе отсчета длина тела и временной промежуток будут различны, а эта величина остается неизменной. Увеличение длины будет соответствовать уменьшению промежутка времени в данной системе, и наоборот.

СТО явилась крупнейшим открытием XX века. За ней последовала еще более сложная теория – общая теория относительности, также созданная Эйнштейном.

Общая теория относительности (ОТО). В общей теории относительности Эйнштейн расширяет принцип относительности, распространяя его на неинерциальные системы, происходит распространения принципа относительности не только на скорость, но и на ускорение движущихся систем. Если не приписывать абсолютного характера не только скорости, но и ускорению, то в таком случае выделенность класса инерциальных систем потеряет свой смысл,

и можно так формулировать физические законы, чтобы их формулировка имела смысл в отношении любой системы координат. Это и есть содержание общего принципа относительности.

Эйнштейн в известном всем факте «все тела падают на Землю с одинаковым ускорением $g=9,8 \text{ м/с}^2$ », увидел новый смысл. В области тяготения все тела, независимо от их массы, ведут себя одинаково. Но ведь относительно неинерциальной системы отсчета все тела также ведут себя одинаково. Представьте себе, что вы находитесь в космическом корабле, который по неизвестным вам причинам ускоряется. Находясь внутри космического корабля, вы никакими экспериментами не можете установить, попал ли корабль в область тяготения, или на него действует какая-то негравитационная сила, обуславливающая неинерционность корабля. Эйнштейн предположил, что все физические законы одинаковы как для всех областей тяготения, так и для всех возможных систем отсчета. Все системы отсчета равноправны, во всех действуют одни и те же законы.

Расширение принципа относительности на неинерциальные системы, казалось бы, противоречит нашему обыденному опыту. Находясь внутри инерциальной системы, никаким экспериментом нельзя определить, движется она или покоится. Те, кто летал в самолете, знают, что в нем, как и на Земле, можно делать все: пить чай, играть в мячик. Даже если посмотреть в иллюминатор, то увидишь, что самолет как бы висит неподвижно над облаками. Однако когда самолет начинает сбавлять скорость и идет на посадку, пассажиры сразу это замечают.

Какие же следствия для пространства и времени вытекают из ОТО?

Для этого нужно обратиться к геометрии. Евклидова геометрия просуществовала почти без изменений до конца XIX века, причем считалось, что она описывает геометрию реального пространства и других геометрий в принципе быть не может. С геометрией Евклида связывался тот факт, что пространство везде одно и то же. Он исходил из пяти аксиом, или постулатов. Многих математиков не удовлетворял пятый, который гласил, что из одной точки на плоскости можно провести только одну прямую, которая не будет пересекаться с данной, сколько бы ее ни продолжали. Этот постулат не был очевиден, так как никто не мог бы его экспериментально подтвердить даже в воображении – нельзя же линию продолжать в бесконечность.

И лишь Н.И. Лобачевский в России, Б. Риман в Германии и Я. Больяй в Венгрии построили новые геометрии, отбросив пятый постулат и заменив его на собственные. Б. Риман заменил его на аксиому, что через точку, лежащую на плоскости вне данной прямой, нельзя провести ни одной параллельной, все они будут пересекаться с данной. Н.И. Лобачевский и Я. Больяй допустили, что существует много прямых, которые не пересекутся с данной.

Для пояснения отличия этих геометрий возьмем пространство двух измерений, поверхность. Евклидова геометрия реализуется на плоскости; геометрия Римана – на поверхности сферы, на которой прямая линия выглядит как

отрезок дуги большого круга, центр которого совпадает с центром сферы; геометрия Лобачевского осуществляется на так называемой псевдосфере. Так как пространство имеет три измерения, то для каждой геометрии вводится понятие кривизны пространства. В евклидовой геометрии кривизна нулевая, у Римана – положительная, у Лобачевского - Больяя – отрицательная.

Было установлено, что геометрия Лобачевского может быть реализована на некоторых искривленных поверхностях. Одна из таких поверхностей — *псевдосфера* — имеет вид, представленный на рис. 3.

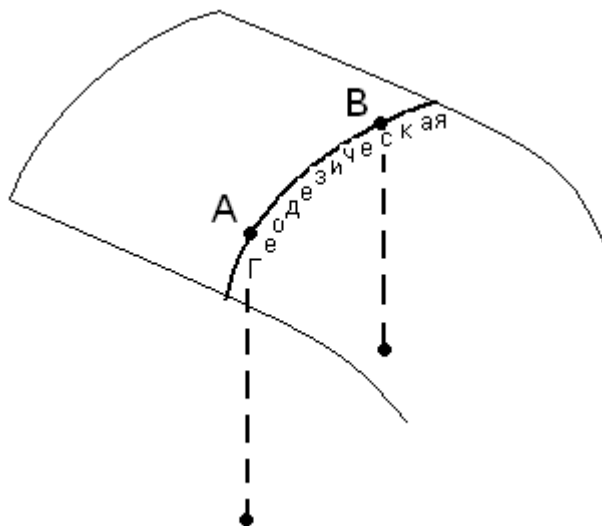


Рис. 3. Псевдосфера

Геометрия Римана может быть реализована на сфере, причем в качестве геодезических выступают дуги больших окружностей – имеет вид, представленный на рис. 4.

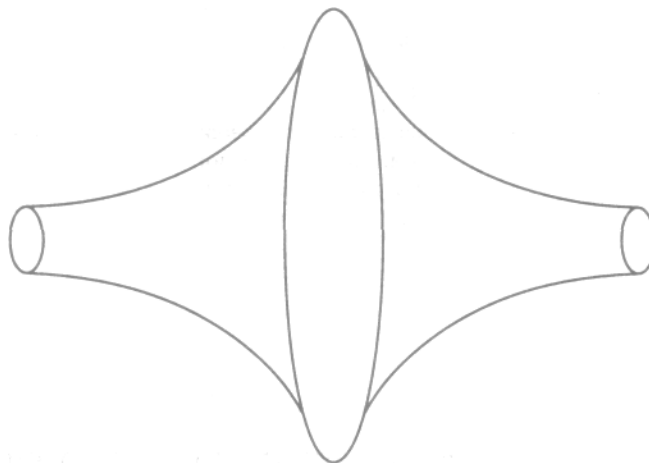


Рис. 4. Сфера геометрии Римана

Поскольку постулат параллельности эквивалентен положению о сумме углов треугольника, то различие этих геометрий наглядно изображается на рисунке. В геометрии Евклида сумма углов треугольника равна 180^0 , у Римана она больше, у Лобачевского – меньше (см. рис. 5).

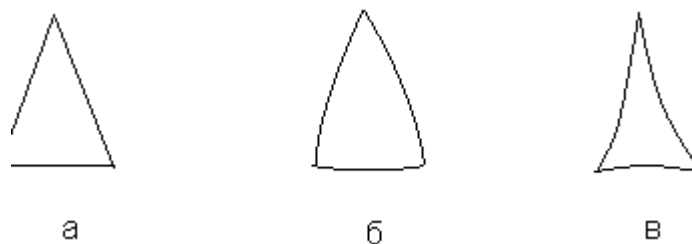


Рис. 5. Различие геометрий Евклида (а), Римана (б), Лобачевского (в)

Под кривизной пространства не нужно понимать искривление плоскости наподобие того, как искривлена поверхность евклидовой сферы, где внешняя поверхность отлична от внутренней. Изнутри ее поверхность выглядит вогнутой, извне – выпуклой. Если же брать плоскость в пространстве Лобачевского или Римана, обе ее стороны являются совершенно одинаковыми. Просто внутренняя структура плоскости такова, что мы измеряем ее с помощью коэффициента кривизны. Кривизна пространства понимается в науке как отступление его метрики от евклидовой, что точно описывается в языке математики, но не проявляется каким-либо образом.

Риман впоследствии показал единство и непротиворечивость всех неевклидовых геометрий, частным случаем которых является геометрия Евклида.

Эйнштейн в общей теории относительности сделал геометрию физической экспериментальной наукой, которая подтвердила характер пространства Римана. Проведем мысленный эксперимент (см. рис. 6.): представим себе, что лифт покоится в отсутствие гравитационного поля. В стене лифта сделано отверстие А, через которое луч света падает на его противоположную сторону. Линия АВ – прямая. Пусть теперь лифт начинает свое движение вверх с ускорением g , т. е. $9,8 \text{ м/с}^2$. За время, пока свет проходит расстояние между стенками, лифт смещается вверх, и луч света попадает уже не в точку В, а в точку С.

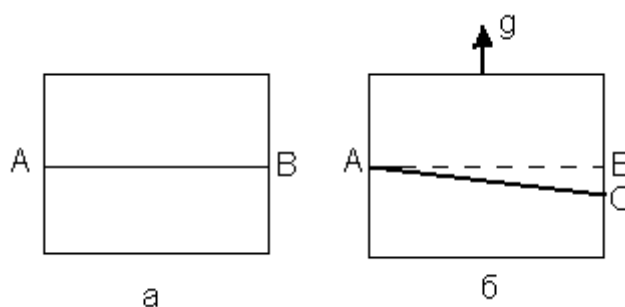


Рис. 6. Мысленный эксперимент с лифтом

Линия АС сохраняет свойство быть кратчайшим расстоянием между двумя точками, но это будет уже не прямая, а прямейшая, или геодезическая. На Земле, поверхность которой представляет собой сферу, такие линии и называются геодезическими. Общая теория относительности заменяет закон тяготения Ньютона новым уравнением тяготения. Закон Ньютона выступает как предельный случай эйнштейновских уравнений.

В теории тяготения Эйнштейна пространственно-временной континуум является криволинейным. В системах отсчета все тела при равных начальных

скоростях движутся одинаково, но не по прямым линиям, а по искривленным. Тяготение – это не что иное, как искривленность пространственно-временного континуума. В искривленном пространстве-времени возможны самые различные эффекты, например, вблизи массивных тел время замедляется.

Выводы: ОТО устанавливает триединую связь: пространство – время – материя. Когда корреспондент американской газеты «Нью-Йорк Таймс» спросил Эйнштейна в апреле 1921 г., в чем суть его теории относительности, он ответил: «Суть такова: раньше считали, что если каким-либо чудом все материальные вещи исчезли бы вдруг, то пространство и время остались бы. Согласно же теории относительности, вместе с вещами исчезли бы и пространство, и время».

Теория относительности полностью отказывается от существующих в классической физике представлений о пространстве, времени и материи. Относительны не только все измерения в пространстве и времени (так как они зависят от движения наблюдателя), но и сама структура пространства-времени, которая определяется распределением вещества во вселенной. В общей теории относительности Эйнштейн доказал, что структура пространства-времени определяется распределением масс материи. А так как вещество распределено неравномерно, то пространство искривлено, и время в разных частях Вселенной течет с разной скоростью. При этом важно заметить, что релятивистская механика Эйнштейна (СТО и ОТО) не отрицают механики Ньютона (классической механики). Более того, классическая механика является частным (предельным) случаем релятивистской механики. Каждая из механик имеет свою область и свои границы применимости. Классическая механика описывает движение объектов с относительно небольшими скоростями ($v \ll c$) и применима, в основном, для объектов макромира, релятивистская – описывает движение объектов с большими скоростями ($v \approx c$), которыми, чаще всего, и являются микрообъекты, а также описывают объекты, обладающие большими гравитационными полями (объекты мегамира). То есть они - на разных уровнях организации материи, о чем мы хотим рассказать в следующих главах книги.

5. СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДЫ

Все окружающие нас объекты природы условно можно разделить на три области: микромир, макромир, мегамир.

Микромир – мир объектов с линейными размерами $d_1 \leq 10^{-10}$ м, т. е. это мир атомов, атомных ядер, элементарных частиц.

Макромир – мир объектов с линейными размерами $10^{-10} \text{ м} < d_2 < 10^6 \text{ м}$, т. е. это мир объектов, соизмеримых с человеком, объектов, которые окружают человека в повседневной жизни, в конечном итоге соизмеримых с размерами Земли, нашего общего дома.

Мегамир – мир звезд Космоса, Вселенная, мир объектов с размерами, соизмеримыми или превышающими размеры Земли $d_3 \geq 10^6 \text{ м}$.

Макромир. Человек и все окружающие его в повседневной жизни предметы естественного и искусственного происхождения - это макроскопические тела. Они состоят из огромного числа молекул, объединенных в определенные макроскопические структуры. Например, все живые организмы состоят из биополимеров. Размеры макроскопических тел - от долей миллиметра до сотен метров. Тот мир, который человек воспринимает непосредственно (т. е. с помощью органов чувств), и есть макроскопический мир. Следует подчеркнуть, что органы чувств человека дают чрезвычайно малый диапазон восприятия. Например, воспринимая зрительно электромагнитное излучение в видимом диапазоне, мы не воспринимаем излучений никаких других частот (гамма-лучи, рентгеновские лучи, ультрафиолетовое, инфракрасное и радиоизлучение). Также исключительно узкими являются диапазоны восприятия размеров, времени, масс и энергий.

Микромир - это мир молекул, атомов, элементарных частиц, а также некоторых надмолекулярных структур (клеток живых организмов). Пространственная размерность молекул изменяется в широком диапазоне: от простейших двухатомных молекул до полимерных молекул, длина которых достигает от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни - от бесконечности до 10^{-24} с. Особенности микромира:

- объекты микромира недоступны чувственному восприятию, поэтому о них можно судить только по косвенной информации, полученной в результате экспериментов;

- при исследовании микромира любое использование приборов искажает картину (в итоге мы получаем информацию не о том, что «было», а о том, что «стало» в результате «вторжения» прибора);

- в микромире отсутствуют детерминированные связи и, как следствие, невозможно получить точное описание составляющих его элементов (например, невозможно определить «время жизни» конкретной частицы или определить одновременно ее положение и импульс).

Мегамир - это мир космических тел. Основной структурной единицей мегамира является звезда. Скопления звезд называются галактиками.

Особенностью мегамира является масштаб и гигантские расстояния между его объектами. Для измерения космических расстояний в качестве единицы используется световой год. Это расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300000 км/с, проходит за один год. Световой год равен приблизительно 10000 млрд. км. Для измерения межзвездных и межгалактических расстояний используется единица, называемая парсек - это расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом в 1 секунду. Один парсек равен 3,26 световых года, что составляет $3,084 \cdot 10^{13}$ км. Время существования космических объектов - миллионы и миллиарды лет.

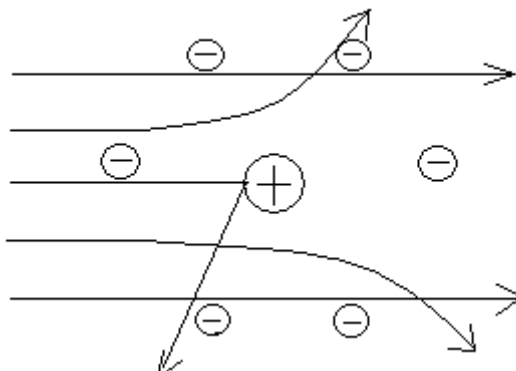
Хотя на всех уровнях существования материи действуют свои законы, микро- макро- и мегамир вместе образуют целостное единство.

5.1. Микромир и фундаментальные взаимодействия

Остановимся более подробно на некоторых представлениях и понятиях в области микромира. Известно, что микроскопические тела состоят из молекул, а молекулы – из атомов. В природе обнаружено 116 видов атомов. Из этого относительно небольшого набора видов атомов состоят все тела, объекты живой и неживой природы, включая и человека. Что представляет собой атом? Слово «атом» в переводе с греческого означает «неделимый». Древние греки считали атомы мельчайшими неделимыми частицами вещества, из которых состоят все тела. К концу XIX стало известно, что минимальная порция вещества - атом - содержит в себе положительные и отрицательные заряды. По существовавшим на тот момент представлениям, атом должен быть неделимым, т. е. положительные и отрицательные заряды в атоме смешаны, и их разделить нельзя (модель Томсона, или модель «желе»).

В начале XX века (1911 г.) представление о неделимости атомов было развеяно рядом экспериментальных фактов, в частности, опытами Эрнста Резерфорда¹. Было выяснено, что атом любого химического элемента имеет относительно небольшое по размерам, но очень плотное ядро, вокруг которого, подобно планетам вокруг Солнца, вращаются электроны. Суть опыта Резерфорда: α -частицы (ядра гелия, имеющие положительный заряд), возникающие при радиоактивном распаде, направляли на тонкую золотую фольгу и наблюдали, как изменится направление их движения после прохождения через металл. Если верна модель Томсона, то α -частицы не должны отклоняться от первоначального направления. Если же электрический заряд по атому расположен неравномерно, то α -частицы должны были бы по-разному отклоняться неоднородностями электрического заряда. Было обнаружено, что некоторые α -частицы отклонялись от первоначального направления настолько сильно, что возвращались к источнику (рис.7).

¹ Э.Резерфорд создал теорию радиоактивного распада и установил законы радиоактивных превращений. Эти работы отмечены Нобелевской премией по химии 1908 года.



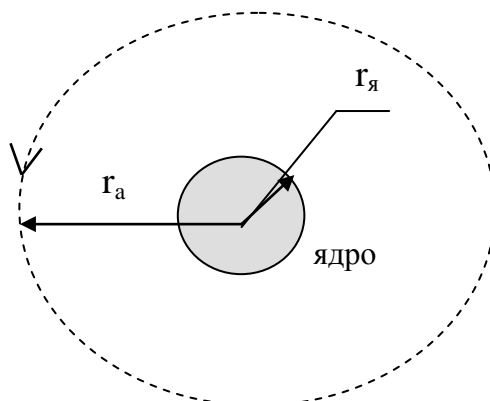
где, + - ядро; — - электрон; → - путь α -частиц.

Рис. 7. Рассеяние α -частиц, приближающихся к атомному ядру

Опыты Резерфорда не только привели к открытию атомных ядер, но и показали, что в атоме действуют те же электростатические силы, которые отталкивают друг от друга одноименно заряженные тела и притягивают друг к другу разноименно заряженные.

Заметим, что все эти эксперименты проведены с помощью глаза - экспериментатор в темной комнате наблюдал вспышки на экране вещества, светящегося при попадании на него α -частиц (при адаптации к темноте человеческий глаз способен различать отдельные фотоны).

Электрон – это элементарная частица, имеющая электрический заряд $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл и массу $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; открыта в 1897 году Дж. Томсоном. Размер ядра $r_j = 10^{-15}$ м, размер атома $r_a = 10^{-10}$ м, т. е. размер ядра атома примерно в 10^5 раз меньше размеров атома. Самый простой атом – атом водорода - состоит из ядра и движущегося вокруг него электрона (рис.8).



*Рис.8. Модель атома водорода
(модель Резерфорда-Бора, или планетарная модель)*

Неразрешимое противоречие этой модели заключалось в том, что электроны, чтобы не потерять устойчивость, должны были двигаться вокруг ядра. Из механики известно, что любая частица, движущаяся по круговой орбите, обладает ускорением. В то же время, согласно законам электродинамики, заряд,

движущийся ускоренно, должен излучать электромагнитную волну и, следовательно, терять энергию. Из-за потери энергии радиус его орбиты будет непрерывно уменьшаться и за время порядка 10^{-8} с электрон должен упасть на ядро. Но этого не происходит.

Объяснение этого парадокса дал датский физик Нильс Бор. В 1913 г. он применил принцип квантования при решении вопроса о строении атома. Модель атома Бора базировалась на планетарной модели Резерфорда и на разработанной им самим квантовой теории строения атома. Бор выдвинул гипотезу строения атома, основанную на двух постулатах, совершенно не совместимых с классической физикой:

- в каждом атоме существуют стационарные состояния (орбиты) электронов, двигаясь по которым, электрон может существовать, не излучая энергии. Состояния эти характеризуются своей устойчивостью. Всякое изменение энергии в результате поглощения или испускания электромагнитного излучения может происходить только скачком из одного состояния в другое;

- при переходе электрона из одного стационарного состояния в другое атом излучает или поглощает порцию энергии, равную разности энергий стационарных состояний ($h\nu = E_n - E_m$, где E_n и E_m – энергия электрона на его начальной и конечной орбитах). Переходу электрона со стационарной орбиты под номером m на стационарную орбиту под номером n соответствует переход атома из состояния с энергией E_m в состояние с энергией E_n . При $E_n > E_m$ происходит излучение фотона (переход атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией, т. е. переход электрона с более удаленной от ядра орбиты на более близлежащую), при $E_n < E_m$ – его поглощение (переход атома в состояние с большей энергией, т. е. переход электрона на более удаленную от ядра орбиту). Набор возможных дискретных частот квантовых переходов и определяет линейчатый спектр атома:

$$\nu = E_n - E_m / h.$$

Постулаты Бора объясняют устойчивость атомов: находящиеся в стационарных состояниях электроны без внешней причины не излучают электромагнитной энергии.

Представление об определенных орбитах, по которым движется электрон в атоме Бора, оказалось весьма условным. На самом же деле движение электронов в атоме имеет мало общего с движением планет по орбитам. Движение электрона не описывается законами классической механики, это движение подчиняется квантовым законам. Вследствие своей волновой природы электроны и их заряды как бы размазаны по атому, однако не равномерно, а таким образом, что в некоторых точках усредненная по времени электронная плотность заряда больше, а в других - меньше. Плотность электронного заряда в определенных точках дает максимум. Кривая, связывающая точки максимальной плотности, формально называется орбитой электрона.

Особенности строения атома. В «нормальном» атоме любого химического элемента число электронов равно числу протонов и совпадает с номером элемента

в периодической системе Менделеева. Так как заряды электрона и протона равны по величине и противоположны по знаку, то в целом атом электрически нейтрален. Если же атом «теряет» или «приобретает» электрон, то он становится положительно или отрицательно заряженным ионом.

Почти вся масса атома сосредоточена в его ядре, в то же время ядро атома составляет приблизительно одну стотысячную часть самого атома. На электроны приходится весьма незначительная часть общей массы атома, но именно они образуют необходимые связи молекулярных структур, что определяет химические свойства веществ.

Протоны и электроны относятся к так называемым стабильным частицам, т. е. не распадаются самостоятельно на другие частицы. Нестабильные частицы, образующиеся в космическом пространстве или в лабораторных условиях, очень быстро распадаются до тех пор, пока из них не образуются стабильные частицы. Из этих устойчивых единиц и состоят все материальные тела.

Как устроены ядра химических элементов? На сегодняшний день общепризнанной является протонно-нейтронная модель ядра, согласно которой ядра состоят из набора элементарных частиц двух типов: протонов и нейтронов.

Протон (p) имеет массу $m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг и электрический заряд $q_p \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; масса нейтрона (1_0n), $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, электрический заряд равен нулю $q_n = 0$. Ядра атомов одного и того же химического элемента, имея одно и то же число протонов, могут отличаться числом нейтронов (изотопы).

Таким образом, заряд ядра всегда положителен и равен сумме зарядов протонов, входящих в его состав. Масса ядра складывается из сумм зарядов протонов и нейтронов. Существует гипотеза о том, что протоны и нейтроны являются двумя состояниями одной частицы, которая называется **нуклон**. Одно состояние нуклона – протон, другое – нейтрон. Нуклоны удерживаются в ядре за счет сильного (ядерного) взаимодействия, спецификой которого является короткодействующий характер. Оно действует на расстояниях $r \approx 10^{-15}$ м, т. е. в пределах ядра. При распаде ядер химических элементов энергия связи нуклонов может выделяться в виде тепловой энергии. Это явление используется на практике в ядерной энергетике при создании новых видов вооружения (ядерное оружие). Тот факт, что люди научились использовать ядерную энергию для своих целей, говорит о том, что наши теоретические научные представления, концепции в области микромира в целом правильно отражают реальное устройство природы на этом уровне.

К началу 30-х гг. XX в. было известно 4 типа элементарных частиц: протоны, нейтроны, электроны и фотоны — последние представляют собой элементарные частицы электромагнитного поля. Появилась надежда на то, что все элементарные составляющие материи найдены. Однако открытие новых элементарных частиц разрушило эти иллюзии.

5.2. Кварковая природа материи

До 60-х годов XX века казалось, что наиболее мелкими объектами природы являются элементарные частицы типа протонов, нейтронов и т. п. Но исследования, проводившиеся на мощных ускорителях элементарных частиц в СССР (Дубна, Серпухов) и в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН), зародили сомнения в истинной «элементарности» элементарных частиц:

- во-первых, элементарных частиц оказалось слишком много (уже в 60-е годы XX их число превышало несколько сотен);
- во-вторых, возникли серьезные проблемы с их классификацией, все предлагаемые подходы имели серьезные недостатки.

Поэтому в 1963 г. была выдвинута гипотеза о существовании более мелких, или «собственно» элементарных, частиц, из которых строятся известные частицы. Эти гипотетические частицы получили название «кварки». Особенность этих частиц заключается в том, что они имеют дробный (по отношению к элементарному) заряд:

$$q = \pm \frac{1}{3}; q = \pm \frac{2}{3}; \text{ где } l = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Из комбинации 4-х кварков теоретически можно построить модель практически любой тяжелой элементарной частицы (адрона). Типичными представителями адронов являются частицы, входящие в состав атомных ядер – протоны и нейтроны. Кварки не имеют собственных названий, их обозначают буквами латинского алфавита: u, d, s, c и т. д. В настоящее время считается, что кварков не 4, а 16 (8 кварков и 8 антикварков).

Авторы кварковой гипотезы М. Гелл-Ман и Дж. Цвейг получили Нобелевскую премию. Получили Нобелевские премии и дальнейшие разработки теории строения элементарных частиц на основе представления о кварках. Но кварки, как сказочные драконы, всем известны и описаны во многих книгах, учебниках, монографиях, но до сих пор экспериментально обнаружить их пока не удалось. Почему? В чем причины? Вероятно, здесь ученые столкнулись с принципиально новым явлением природы, называемым **удержанием кварков**, согласно которому, наблюдать кварки в свободном состоянии принципиально невозможно. Они существуют только в «связном» состоянии в адронах. Однако это мнение не является общепринятым и встречает различные возражения. Следует также отметить, что кварковая модель строения таких элементарных частиц не является единственной, есть и другие, например, партонная, согласно которой адроны состоят из более мелких (по сравнению с кварками) частиц – партонов. Но в настоящее время кварковая модель считается самой правдоподобной, наиболее общепризнанной. Очевидно, именно здесь проходит граница наших познаний в области микромира, которая, безусловно, будет раздвинута в XXI веке.

5.3. Основные характеристики элементарных частиц

Первый шаг к пониманию микромира был сделан на основе систематизации всех известных элементарных частиц. Важнейшими характеристиками элементарных частиц являются масса, электрический заряд, спин, время жизни.

Массу покоя элементарных частиц определяют по отношению к массе покоя электрона. По **массе** все элементарные частицы объединены в три группы: легкие (лептоны - электрон и нейтрино), средние (мезоны) и тяжелые (барионы - протоны, нейтроны, гипероны и др.). Частица, имеющая нулевую массу покоя, это фотон, который движется со скоростью света. Самая легкая частица с ненулевой массой покоя - электрон. Масса самой тяжелой частицы, которую удалось создать в лаборатории (г-частицы), примерно в 200000 раз больше массы электрона. Масса большинства элементарных частиц имеет порядок массы протона, равный $1,7 \cdot 10^{-24}$ г. Все известные частицы обладают положительным, отрицательным либо нулевым зарядом. Каждой частице, кроме фотона и двух мезонов, соответствуют античастицы с противоположным зарядом. **Электрический заряд** частиц меняется в узком диапазоне и всегда кратен фундаментальной единице заряда, за которую принят заряд протона. Электрон имеет такой же по величине заряд, но противоположного знака.

Спин - это момент импульса частицы (собственного момента количества движения микрочастицы). Согласно квантовой механике спин может принимать только дискретные значения, кратные постоянной Планка. По историческим причинам фундаментальная единица для спина выбрана равной $1/2$. Протон, нейтрон и электрон имеют спин $1/2$, спин фотона равен 1. Известны также частицы со спином 0, $3/2$ и 2. Фундаментальных частиц со спином больше 2 не обнаружено. В зависимости от величины спина все элементарные частицы разделены на два класса: частицы, имеющие целый спин (0, 1, 2), называются *бозонами*², частицы, имеющие полуцелый спин ($1/2$ или $3/2$) - *фермионами*³. К фермионам относятся кварки и лептоны, к бозонам - кванты полей (фотоны, глюоны, гравитоны). Фермионы составляют вещество, бозоны переносят взаимодействие. Если кварки и лептоны представляют собой основные составляющие материи, то частицы-переносчики обеспечивают взаимодействия между ними. Фотоны - кванты электромагнитного поля, глюоны - кванты полей сильного взаимодействия, гравитоны - кванты гравитационного поля, мезоны - кванты полей слабого взаимодействия. Глюоны «склеивают» кварки в атомные ядра, фотоны переносят свет и тепло, гравитоны удерживают космические тела на орбитах.

Спин частицы дает сведения о том, как выглядит частица, если смотреть на нее с разных сторон. Частица со спином 0 похожа на точку: она выглядит со всех сторон одинаково. Частицу со спином 1 можно сравнить со стрелой: с разных сторон она выглядит по-разному и принимает прежний вид лишь после полного

² В честь индийского физика XX в. Ш. Бозе - одного из создателей квантовой статистики

³ В честь итальянского физика Э. Ферми - одного из создателей ядерной и нейтронной физики

оборота на 360° . Частицу со спином 2 можно сравнить со стрелой, заточенной с обеих сторон: любое ее положение повторяется после полуоборота 180° .

Важной характеристикой элементарной частицы является ее **время жизни**. По времени жизни частицы делятся на стабильные и нестабильные. Стабильных частиц пять: электрон, протон, фотон, а также две разновидности нейтрино, они имеют «бесконечно большое» время жизни. Нейтрон остается стабильным, пока он «заперт» в ядре, однако свободный нейтрон распадается примерно за 15 минут. Все остальные известные частицы в высшей степени нестабильны: время их жизни составляет около 10^{-23} с, после чего они распадаются. Нестабильные частицы претерпевают распад, представляющий собой квантовый процесс, поэтому в распаде есть элемент непредсказуемости, например, невозможно предсказать время жизни конкретной частицы.

Однако на основе статистических соображений можно узнать среднее время жизни однотипных частиц. В частности, важной характеристикой частиц является **время полураспада**, т. е. время, в течение которого популяция однотипных частиц сокращается наполовину. Уменьшение численности такой популяции происходит по экспоненте, а период полураспада составляет примерно 0,693 от среднего времени жизни.

Еще один способ классификации элементарных частиц - по их участию в фундаментальных взаимодействиях. Все частицы, обладающие сильным взаимодействием, называются *адронами* - «сильными». Они также участвуют в слабом и гравитационном взаимодействиях. Адроны бывают двух разновидностей - электрически заряженные и нейтральные. Наиболее известными адронами являются протоны и нейтроны, составляющие ядра атомов. Остальные адроны - короткоживущие - распадаются либо менее чем за одну миллионную долю секунды за счет слабого взаимодействия, либо за время порядка 10^{-23} с - за счет сильного.

Частицы, участвующие в слабом взаимодействии и не участвующие в сильном, называются *лептонами* («легкие»). Наиболее известный из лептонов - электрон - по-видимому, не имеет внутренней структуры и поэтому может быть отнесен к «истинно элементарным частицам». Другой хорошо известный лептон, не имеющий заряда - нейтрино - частица, имеющая исключительно высокую проникающую способность. Несмотря на неосязаемость, нейтрино занимает особое положение среди других элементарных частиц, так как является наиболее распространенной частицей Вселенной, которая представляет собой «море» нейтрино, в котором изредка встречаются «вкрапления» в виде атомов.

В настоящее время понятие «элементарного» стало достаточно условным. Частицы называют элементарными по традиции, на самом деле каждый такой «элемент» - сложная материальная система. Всякая частица распадается на несколько других, те в свою очередь также распадаются и т.д. Характерная особенность частиц, относящихся к разряду элементарных, - то, что они способны превращаться друг в друга, порождать друг друга в различных процессах взаимодействия.

С существованием элементарных нестабильных частиц связан процесс рождения и уничтожения частиц. Число частиц связано с характеристиками поля соотношения неопределенностей. Согласно квантовой теории поля, невозможно такое состояние, когда нет и поля, и частиц, т. е. невозможна пустота. Строго говоря, поле не может перестать существовать, и в своем наименьшем энергетическом состоянии оно выступает как вакуум. Современная наука трактует вакуум как наименьшее энергетическое состояние всех полей, как форму материи, лишенную и вещества, и излучения, но характеризующуюся активностью, возникновением и уничтожением виртуальных частиц и способностью находиться в одном из многих состояний с сильно различающимися энергиями и давлениями (отрицательные). Т. е. для вакуума характерны не свободные, самостоятельные, наблюдаемые, а виртуальные частицы, порождаемые и сразу же поглощаемые им. Некоторые ученые полагают, что физический вакуум и есть базовая форма материи, которая в определенных, неизвестных нам условиях способна порождать стабильные элементарные частицы и легкие атомы, давая начало той материи, которая воспринимается нашими органами чувств.

5.4. Типы физического взаимодействия в природе

В настоящее время известно четыре основных взаимодействия. Под взаимодействием понимается развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена материей и движением. Для существования вещества необходимы не только частицы, которые входят в его структуру, но и частицы склеивающих полей – ядерного, электромагнитного, гравитационного. Бозон, глюон, фотон, гравитон – это безмассовые, виртуальные частицы-переносчики.

К основным характеристикам фундаментальных взаимодействий относят их интенсивность и радиус действия, то есть расстояния, на которых данное взаимодействие проявляет себя заметным образом:

- гравитационные;
- электромагнитные;
- слабые;
- сильные.

В своей повседневной жизни человек постоянно подвержен электромагнитным и гравитационным силам. Что касается сильных и слабых взаимодействий, то они стали известны человеку только в первой трети XX века в связи с изучением радиоактивности и осмыслением результатов бомбардировок атомов различных элементов α -частицами.

Гравитационные взаимодействия существуют между всеми телами. В макром мире гравитационные взаимодействия огромного количества частиц, составляющих массу тела, складываются и порождают макроскопическую силу гравитации, которая проявляется как основная сила во Вселенной.

Без гравитационного взаимодействия не было бы не только галактик, звезд, планет, но и вся Вселенная не могла бы эволюционировать, поскольку гравитация

является объединяющим фактором, обеспечивающим единство Вселенной. Благодаря гравитационным взаимодействиям происходит образование космических систем. Гравитационные силы способствуют процессу концентрации рассеянной во Вселенной материи и включению ее в новые этапы эволюции. В микромире гравитационные взаимодействия настолько слабы, что до сих пор их не удалось экспериментально обнаружить.

Природа гравитации до настоящего времени полностью не ясна. Квантовая теория гравитации объясняет действие тяготения как результат обмена между телами мельчайшими частицами, не обладающими массой - гравитонами (экспериментально они не обнаружены). Общая теория относительности трактует гравитацию как искривление пространства-времени.

Электромагнитные взаимодействия имеют место между любыми электрически заряженными частицами. Электромагнитные силы могут быть как силами отталкивания, так и силами притяжения. В больших телах (Солнце) количество положительных и отрицательных зарядов почти одинаково, поэтому силы почти компенсируются. В малых масштабах электромагнитные силы доминируют. Атомы, молекулы и макроскопические тела обладают устойчивостью благодаря электромагнитным силам. Все химические реакции осуществляются за счет электромагнитных взаимодействий, приводящих к перераспределению атомов в молекулах и связей между ними, а также к перестройке электронных оболочек атомов. В процессе электромагнитного взаимодействия электроны и атомные ядра соединяются в атомы, атомы – в молекулы. Электромагнитные взаимодействия совершаются через обмен фотонами, а так как фотоны не имеют массы, то дальность таких взаимодействий ничем не ограничена. Например, магнитное поле Земли простирается далеко за ее пределы в космическое пространство.

Слабые взаимодействия существуют только в микромире и проявляются лишь при крайне малых расстояниях между частицами (не более 10^{-16} см) - этим они отличаются от гравитации и электромагнетизма, действующих на больших расстояниях. Поэтому слабые взаимодействия не могут влиять на макроскопические тела (устойчивость которых обеспечивают электромагнитные взаимодействия).

Они вызывают превращения одних частиц в другие, часто приводя продукты реакции в движение с высокими скоростями. Наблюдаются при некоторых видах столкновений частиц и их распаде. Например, входящие в состав атома протоны и электроны представляют собой стабильные частицы: они существуют до тех пор, пока не столкнутся с другими частицами, в результате чего произойдет аннигиляция. В противоположность этому, распад нейтронов может произойти самопроизвольно в любой момент, происходит преобразование нейтронов в протоны в атомах радиоактивных веществ и приводит к их превращению в атомы других элементов, а возникающие в ходе распада электроны испускаются в виде мощного излучения (бета-распад - одна из форм радиоактивности).

Без слабых взаимодействий не были бы возможны ядерные реакции в недрах звезд, не происходили бы вспышки сверхновых и необходимые для жизни тяжелые элементы не могли бы распространиться во Вселенной. Проявлением слабого взаимодействия является «взрыв сверхновой», который происходит в недрах «старой» звезды в результате коллапса ее ядра. При этом испускается огромное количество нейтрино, которые обладают только слабым взаимодействием и имеют исключительно высокую проникающую способность. Например, проникая сквозь землю, редкое нейтрино задерживается ею, в сравнении с проникающими способностями протонов и нейтронов (участвующих в сильных взаимодействиях): они задерживаются свинцовым листом толщиной несколько сантиметров.

Сильные (ядерные) взаимодействия являются самыми мощными. ни происходят на уровне ядер и представляют собой взаимное притяжение и отталкивание их составных частей. Именно сильные взаимодействия удерживают вместе протоны и нейтроны в составе атомного ядра, а порождаемые ими процессы протекают с очень большой интенсивностью, т. е. «сильно». На расстоянии порядка 10^{-13} см ядерные силы действуют как силы притяжения, преодолевающие кулоновские силы отталкивания, возникающие между одноименно заряженными протонами. Однако на меньших расстояниях порядка 10^{-14} см ядерные силы превращаются в силы отталкивания. Тем самым обеспечивается определенная устойчивость атомного ядра. Без сильных взаимодействий не существовали бы атомные ядра, а звезды не могли бы генерировать за счет ядерной энергии теплоту и свет.

По мере увеличения расстояния между частицами взаимодействие между ними убывает. Если интенсивность сильного взаимодействия принять за единицу, то относительная интенсивность электромагнитного взаимодействия имеет порядок 10^{-2} , слабого - 10^{-10} , гравитационного - 10^{-31} . Таким образом, сильное взаимодействие в 100 раз сильнее электромагнитного, в 10^{14} раз сильнее слабого, и в 10^{31} раз сильнее гравитационного.

Таблица 1

Сравнительные характеристики фундаментальных взаимодействий

Структура	Тип эволюции	Взаимодействие	Интенсивность взаимодействия	Длительность взаимодействия	Радиус действ.
2	3	4	5	6	
Мегамир					
Метагалактика	космическая	гравитацион.	10^{-31}	1	-
Груп. галактик	космическая	гравитацион.			

		ская	он.			
	Галактики	космиче ская	гравитаци он.			
	Звезды	космиче ская	гравитаци он.			
	Планеты, кометы, астер.	геологи ческ.	гравитаци он.			
Макромир						
	Сооб. живых. организмов	биологи ческ.	электрома гн.	0^{-2}	0^{-20}	1
	Живые организмы	биологи ческ.	электрома гн.			
Микромир						
	Микроск. тела (клетки)	биологи ческ.	электрома гн.			
	Молекулы	химичес кая	электрома гн.			
0	Атомы	физичес кая	электрома гн.			
1	Ядра атомов, элем. част.	физичес кая	сильное, слабое, электросл аб.	0^{-14}	0^{-23} 0^{-9}	0^{-13} 0^{-16}
2	Частицы переносчики взаимодействий	физичес кая	сильное, слабое, электросл аб.			

Макромир						
	Сооб. живых. организмов	биологи ческ.	электрома гн.	0^{-2}	0^{-20}	1
	Живые организмы	биологи ческ.	электрома гн.			
Микромир						
	Микроск. тела (клетки)	биологи ческ.	электрома гн.			
	Молекулы	химичес кая	электрома гн.			
0	Атомы	физичес кая	электрома гн.			
1	Ядра атомов, элем. част.	физичес кая	сильное, слабое, электросл аб.	0^{-14}	0^{-23} 0^{-9}	0^{-13} 0^{-16}
2	Частицы переносчики	физичес кая	сильное, слабое,			

	взаимодействий		электросл аб.			
--	----------------	--	------------------	--	--	--

Для большинства объектов Вселенной характерны все типы фундаментальных взаимодействий. Для структуры каждого типа существует определяющее взаимодействие, которое обеспечивает устойчивость данной структуры (таблица 1).

Фундаментальные взаимодействия, рассматривавшиеся вначале как не связанные друг с другом, имеют тенденцию к объединению (увеличением энергии, мы живем в мире относительно низких энергий). Прежде всего объединяются электромагнитное и слабое взаимодействия, образуя электрослабое⁴. В последние годы разрабатывается идея, согласно которой в основе всех четырех взаимодействий лежит одно фундаментальное взаимодействие – суперсила, доказательством существования которого служит тот факт, что при очень высоких температурах (или энергиях) все четыре взаимодействия объединяются в одно.

⁴ Стивен Вайберг и Абдус Солам - Нобелевская премия 1979 г.

6. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ И ПРИНЦИП СИММЕТРИИ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

6.1. Принцип симметрии и законы сохранения в природе

В природе существует небольшое количество фундаментальных законов, которые играют важную роль во всех естественных науках. Однако исторически они были впервые открыты, сформулированы известными учеными-физиками, поэтому иногда их рассматривают как чисто физические законы, а это, в принципе, неверно. К числу этих законов можно отнести закон сохранения материи, закон сохранения импульса, заряда и т.д. и т.п. В этой связи остановимся на данной теме более подробно.

Закон сохранения материи может быть сформулирован следующим образом: различные виды материи могут переходить друг в друга, но общее количество материи всегда остается неизменным. Первая формулировка ЗСМ дана в 1748 г. М.В. Ломоносовым в его знаменитом письме к Л. Эйлеру: «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что, сколько у одного тела отнимается, то столько же присовокупляется к другому».

Одним из способов существования материи является движение. К середине XIX в. был установлен принципиальный факт - все формы движения материи превращаются друг в друга в строго определенных количественных соотношениях. Например, при превращении теплоты в работу всегда реализуется один и тот же механический эквивалент теплоты - отношение механической энергии к соответствующему количеству теплоты: $J=4,1868$ Дж/кал. То обстоятельство, что различные формы движения материи переходят одна в другую в строго определенных соотношениях, позволило ввести общую меру различных форм движения материи - она называется *энергией*.

Различают следующие виды энергии:

- механическая (кинетическая) - энергия движения макроскопических тел;
- тепловая - энергия беспорядочного движения молекул и атомов;
- электрическая - энергия, связанная с перемещениями электронов между атомами;
- магнитная - энергия, возникающая между электрически заряженными частицами;
- химическая - энергия, вызываемая движением электронов внутри атомов;
- ядерная (атомная) - энергия, обусловленная строением ядер атомов;
- потенциальная - энергия, связанная с действием физических полей.

Закон сохранения и превращения энергии утверждает: все виды энергии способны переходить друг в друга, причем в строго определенных количественных соотношениях.

Экспериментальное подтверждение этого закона было получено разными учеными (В. Гесс - переход химической энергии в тепловую; Дж. Джоуль и Э.Х. Ленц - переход электрической энергии в тепловую; Ю.Р. Майер и Дж. Джоуль - взаимопревращения механической энергии и теплоты). Открытие закона

сохранения и превращения энергии, связавшего воедино все взаимодействия природы, имело большое значение для физики и всего естествознания.

Законы сохранения массы и сохранения энергии являются частными случаями **закона сохранения и превращения материи**, одного из фундаментальных законов природы.

Закон сохранения электрического заряда состоит в том, что в замкнутой системе тел при любых взаимодействиях алгебраическая сумма электрических зарядов всех тел остается постоянной.

В природе не может возникнуть электрический заряд одного знака: появление положительного заряда сопровождается появлением равного ему по величине отрицательного заряда. Физическое появление электрического заряда обусловлено переходом элементарно заряженных частиц - электронов - от одного тела к другому: тело, потерявшее электрон, уменьшает свой отрицательный заряд, а получившее - увеличивает. При встрече электрона и его античастицы - позитрона - происходит их взаимное исчезновение (аннигиляция), при этом закон сохранения электрического заряда выполняется, так как алгебраическая сумма зарядов электрона и позитрона равна нулю.

Закон сохранения импульса состоит в том, что в замкнутой системе тел сумма импульсов остается постоянной при любых взаимодействиях тел.

Закон сохранения момента импульса утверждает, что постоянным будет только суммарный момент импульса (если к телам этой системы не приложены моменты внешних сил).

Основные законы сохранения могут быть выведены из принципов симметрии. Симметрия в физике - это свойство физических величин оставаться неизменными при определенных преобразованиях, которым могут быть подвергнуты входящие в них величины. Согласно теореме Эмми Нетер, каждому преобразованию симметрии соответствует некая сохраняющаяся величина. И в этой теореме она доказала, что из однородности пространства и времени вытекают законы сохранения энергии и импульса, а из изотропности пространства - закон сохранения момента импульса. Например, ход физических процессов не зависит от их места и времени⁵. Законы сохранения обладают симметрией относительно следующих преобразований системы:

- перенос системы в пространстве как единого целого - означает эквивалентность (равноправие) всех точек пространства, т. е. его однородность; из этой симметрии вытекает закон сохранения импульса;

- поворот системы как единого целого - эквивалентность всех направлений в пространстве, т. е. его изотропность; свойства пространства одинаковы по всем

⁵ Они происходят сегодня точно так же, как и вчера. Не влияют на физические процессы переносы экспериментальных установок на какое-либо расстояние или же их разворот в ту или иную сторону. Математически это означает, что если в уравнение подставить Δt вместо t , Δx , Δy , Δz вместо x , y , z и др. то эти уравнения не изменят свой вид. Иначе говоря, уравнения движения инвариантны относительно пространственных (Δx , Δy , Δz) и временных сдвигов (Δt). Каждому пространственно-временному сдвигу соответствует определенный закон сохранения.

направлениям – из инвариантности законов физики относительно этого преобразования вытекает закон сохранения момента импульса;

- изменение начала отсчета (сдвиг во времени) – симметрия этого преобразования означает неизменность физических законов во времени; т. е. все моменты времени равноправны, и можно взять любой за начало отсчета времени. Из инвариантности физических законов относительно этого преобразования вытекает закон сохранения энергии. Пример: если бы сила притяжения тел к земле изменялась со временем (т. е. не все моменты времени были бы равноправны), то энергия не сохранялась бы. Мы могли бы поднимать тела вверх в моменты времени, когда сила притяжения минимальна, и опускать их вниз в моменты увеличения этой силы. Выигрыш в работе был бы налицо, и можно было бы создать вечный двигатель;

- переход к другой инерциальной системе отсчета – смысл этой симметрии – независимость физических явлений от выбора инерциальной системы отсчета. Законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета;

- существуют также дискретные преобразования пространства-времени, состоящие в одновременном выполнении трех преобразований;

- симметрия относительно начала отсчета – изменение пространственных координат точек (x, y, z) на противоположные ($-x, -y, -z$); зеркальная симметрия – отражение пространства в зеркале не меняет физических законов;

- изменение знака времени на противоположный в уравнениях, описывающих динамику физической системы; это означает, что все соответствующие процессы в природе обратимы (действует только на уровне макромира). На уровне микромира наблюдается необратимость процессов, имеющая статистическое происхождение и связанная с неравновесным состоянием Вселенной;

- замена всех частиц на античастицы.

Справедлива теорема, согласно которой уравнения квантовой теории поля не меняют своего вида при одновременном проведении трех преобразований. Из нее следует: частицы могут быть заменены античастицами; масса и время жизни частиц и античастиц одинаковы; электрические заряды частиц и античастиц равны по величине и противоположны по знаку и др.

6.2. Основные законы природы в термодинамике

Среди всех видов энергии особое место занимает тепловая: любой вид энергии переходит в тепловую, однако тепловая энергия превращается в другие виды энергии с некоторыми ограничениями и всегда не полностью. Дело в том, что тепловая энергия - это энергия неупорядоченного, хаотического движения, в то время как другие виды энергии связаны с упорядоченным движением. Порядок легко превращается в хаос, гораздо сложнее превратить хаос в порядок.

В XIX в. возникла наука, изучающая законы взаимопревращения различных видов энергии в тепловую, - **термодинамика**. Ее возникновение связано с тем, что к тому времени основной формой энергии, используемой в промышленности и на транспорте, стала тепловая энергия. В физике началось активное изучение вопросов преобразования различных видов энергии в тепловую и тепловой энергии в механическую.

С позиции неравновесной термодинамики трактуется такое уникальное явление природы, как жизнь, имеются попытки распространить основные законы природы на развитие общества. Поэтому необходимо иметь качественное представление о фундаментальных законах природы, являющихся продуктами обобщения опыта человечества и работы человеческой мысли на протяжении столетий.

6.2.1. Первое начало термодинамики (закон сохранения энергии в термодинамике)

Превращение движения материи⁶ происходит при изменении параметров системы: температуры, давления, объема, количества частиц, химического состава. При этом в окружающей среде изменяется беспорядочное движение микрочастиц и движение массы тел, т. е. выделяется или поглощается энергия.

Следует уяснить различие между двумя формами передачи энергии - теплотой и работой⁷.

Если изменяются параметры системы, то выделяется или поглощается теплота и совершается работа. Закон сохранения энергии говорит о том, что алгебраическая сумма теплоты и работы для данного изменения параметров - величина постоянная:

$$Q - A = \Delta U = \text{const.}$$

Величина ΔU получила название внутренней энергии⁸. Изменение внутренней энергии является функцией состояния системы. Эти утверждения отражают закон сохранения энергии, **первое начало термодинамики**. Рассмотрим эту систему в схематической форме.

⁶ Перераспределение атомов, электронов, изменение скоростей движения молекул и их количества и природы, возникновение излучения и т. д.

⁷ При выделении или поглощении теплоты соответственно увеличивается или уменьшается беспорядочное движение микрочастиц в окружающей среде и не возникает никакой другой, кроме этой, формы движения материи. Но работа, как направленное движение тел, возникнув вследствие исчезновения какой-либо формы движения материи, превращается в движение первоначальной или другой формы материи. Например: при механическом движении проводника в магнитном поле возникает направленное движение электронов; при переходе электронов с одного энергетического уровня атома на другой, т. е. совершение ими работы под действием сил со стороны положительного заряда ядра атома, сопровождается возникновением электромагнитного поля — излучения атома. Важно также понять, что увеличение беспорядочного движения микрочастиц в какой-либо системе возможно тогда, когда эта система поглощает теплоту, а уменьшение беспорядочного движения частиц в системе сопровождается выделением теплоты из этой системы.

⁸ Под внутренней энергией системы понимается та энергия (как кинетическая, так и потенциальная), которая заключена в телах, составляющих эту систему. Она отражает способность системы к изменению количества движения за счет изменения движения некоторых или всех форм материи, которые составляют эту систему.

Имеются три системы: S_1 , S , S_2 , причем система S_1 совершает над системой S работу, величина которой $\Delta A > 0$, а система S_2 передает системе S тепло в количестве $\Delta Q > 0$ (системы S_1 и S_2 выступают для системы S в качестве среды). Обозначим приращения внутренних энергий этих систем через ΔU_1 , ΔU , ΔU_2 соответственно. Очевидно, что $\Delta U_1 = -\Delta A$, $\Delta U_2 = -\Delta Q$. Согласно закону сохранения энергии, общее количество энергии объединенной системы должно оставаться неизменным, т. е. $\Delta U_1 + \Delta U + \Delta U_2 = 0$, откуда

$$\Delta U = -\Delta U_1 - \Delta U_2 = \Delta A + \Delta Q,$$

$$\text{получаем } \Delta U = \Delta A + \Delta Q$$

Итак, приращение внутренней энергии системы равно сумме совершенной над ней работы и сообщенной ей теплоты. Это утверждение составляет первый закон термодинамики.

Если поменять ролями системы S и S_1 (т. е. считать, что система S совершает работу над системой S_1), тогда величина этой работы есть $\Delta A_1 = -\Delta A$ и согласно уравнению $\Delta U = \Delta A + \Delta Q$ получаем:

$$\Delta A_1 = \Delta Q - \Delta U.$$

Таким образом, работа, совершаемая термодинамической системой над внешними телами, может осуществляться либо за счет получения ею тепла извне, либо за счет уменьшения ее внутренней энергии. Отсюда следует невозможность построения «вечного двигателя» первого рода, то есть машины, которая совершала бы работу без потребления энергии извне: если $\Delta Q = 0$, то работа может осуществляться только за счет уменьшения внутренней энергии термодинамической системы, которая, в конце концов, исчерпается.

При всех изменениях, происходящих в изолированной системе, общая энергия системы остается постоянной. Энергия не создается и не исчезает, а только переходит из одной формы в другую - суть **закона сохранения энергии**. Это формулировка закона сохранения энергии Ю.Р. Майера и Г. Гельмгольца, ученых, которым принадлежит главная роль в становлении данного закона.

Закон сохранения энергии в термодинамике отражает закон сохранения количества движения материи, которое измеряется суммой теплоты и работы, возникающих при изменении движения, и имеет важное философское и мировоззренческое значение.

Математическая формулировка первого закона термодинамики говорит о постоянстве суммы теплоты и работы, но не об их соотношении. Соотношение теплоты и работы зависит от способа проведения процесса. Поэтому говорят, что теплота может «переходить» в работу и наоборот. Первое начало термодинамики при всей его фундаментальности и значимости отражает лишь закон сохранения энергии для замкнутых термодинамических систем, но ничего не говорит о направлении термодинамических процессов, которые происходят в этих системах. Между тем, информация о направлениях термодинамических процессов является крайне важной как с точки зрения понимания процессов возникновения и эволюции вселенной, эволюции Солнечной системы, Земли, возникновения и эволюции жизни на Земле.

6.2.2. Понятие энтропии

Ответы на вопросы о путях развития термодинамических процессов дает второй закон термодинамики: возрастания энтропии в системе.

Чтобы понять суть этого закона, рассмотрим структуру тела, состоящего из частиц - атомов, молекул или ионов. При абсолютном нуле по шкале Кельвина не существует никакой формы теплового движения этих частиц (частицы расположены в определенном порядке). При нагревании и возрастании температуры начинают появляться различные колебательные движения частиц. При дальнейшем повышении температуры и поглощении теплоты начинает появляться поступательное движение частиц - тело плавится, и его структура становится более неупорядоченной по сравнению со структурой твердого тела.

При дальнейшем нагревании частицы переходят в газовую фазу, в которой они равномерно распределяются по всему пространству, совершая при этом поступательное, вращательное и колебательное движения. Газовая фаза соответствует наибольшей неупорядоченности частиц.

Каждой структуре, т. е. каждой степени разупорядоченности частиц данного вещества или системы соответствует своя температура T и своя поглощенная этим веществом или системой теплота. В 1854 году немецкий физик Р. Клаузиус ввел понятие энтропии как меры необратимого рассеяния теплоты в термодинамических системах. Количество этой теплоты, приходящейся на один градус, получило название энтропии:

$$S = Q / T \text{ Дж/К.}$$

При пересчете на 1 моль вещества энтропия имеет размерность $[S]$ Дж/моль*К.

Энтропия является мерой хаоса, беспорядка системы: чем больше хаоса, беспорядка системы, тем больше ее энтропия.

Если тело при постоянной температуре поглотило некоторое количество теплоты Q , то этому процессу соответствует увеличение энтропии этого тела на величину $\Delta S = Q/T$ и увеличение соответствующей степени беспорядка в структуре тела или тел, составляющих систему. И наоборот: если в системе произошло увеличение беспорядка - возросло число молекул, появилось газообразное вещество, возросло число атомов в молекуле, то увеличилась его энтропия, и тело поглотило из окружающей среды количество теплоты $Q = T \Delta S$. Из окружающей среды при этом ушло такое же количество теплоты, а беспорядок в структуре окружающей среды вследствие этого уменьшился, она стала более упорядоченной, т. е. энтропия окружающей среды понизилась на ту же величину, но с обратным знаком: $n \cdot \Delta S$. При этом насколько уменьшилась внутренняя энергия окружающей среды, настолько возросла внутренняя энергия тела. Таким образом, вывод: если при химической реакции произошло изменение энтропии реагирующей системы, т. е. если изменился атомный состав молекул или их число, или произошло изменение в фазовом составе, то этому соответствует выделение в окружающую среду или поглощение из нее энергии только в форме теплоты $Q = T \Delta S$.

Следующее рассуждение также имеет принципиальный характер.

Пусть при необратимом протекании реакции (например, взаимодействие оксида азота (II) с кислородом в открытом сосуде $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$) в окружающую среду выделилось количество теплоты Q . Так как единственным видом работы является работа $A = P\Delta V$, то $Q = \Delta H$.

При реакции уменьшилось число молекул, следовательно, уменьшилась энтропия этой реагирующей системы. Только за счет этого система потеряла количество теплоты, которое выделилось в окружающую среду. Эта выделившаяся теплота составной частью вошла в общее количество выделившейся теплоты ΔH . Но это количество теплоты, приобретенное окружающей средой, компенсируется убылью части внутренней энергии реагирующей системы, потерянной ею в форме теплоты и равной той же величине $T \Delta S$.

Разность между общим количеством теплоты, выделенной в окружающую среду ΔH , и количеством теплоты, переданной окружающей среде в результате только изменения энтропии реагирующей системы, $\Delta H - T \Delta S$ представляет собой количество энергии, которая может быть передана окружающей среде в различных формах (теплота, полезная работа) в зависимости от способа проведения процесса. Эта разность обозначается ΔG и называется **изменением энергии Гиббса**: $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$.

При обратимом способе проведения процесса это количество энергии передается окружающей среде в форме максимальной полезной работы. При этом количество выделившейся или поглотившейся теплоты равно $T \Delta S$.

При необратимом способе проведения процесса это количество энергии передается окружающей среде в форме теплоты, количество выделившейся или поглотившейся теплоты составляет $Q = T \Delta S$.

Если процесс осуществляется неравновесным путем, то часть количества энергии ΔG передается окружающей среде в форме полезной работы, а часть - в форме теплоты. При этом теплота, равная $T\Delta S$, также передается окружающей среде.

Энергия, равная произведению $T\Delta S$, возникающая при изменении упорядоченности реагирующей системы, изменении энтропии этой системы, передается окружающей среде только в форме теплоты.

6.2.3. Второе начало термодинамики

Природа стремится перейти из менее вероятного состояния в более вероятное - так сформулировал второй закон Людвиг Больцман (1886). Он нашел, что энтропия пропорциональна логарифму термодинамической вероятности W^9 . В статистической термодинамике энтропия S состояния системы определяется через термодинамическую вероятность W этого состояния по формуле М.Планка, где R - постоянная Больцмана $= 1,38 \cdot 10^{-23}$ кДж/К

$$S = R \ln W.$$

⁹ Термодинамической вероятностью некоторого состояния системы понимается число W элементарных исходов к общему числу состояний и поэтому она пропорциональна термодинамической вероятности этого состояния.

Поскольку увеличение энтропии эквивалентно увеличению W , то возрастание энтропии означает переход системы от менее вероятных состояний к более вероятным. Наиболее вероятное состояние термодинамической системы – состояние теплового равновесия, при котором прекращаются все виды теплообмена и температура всех составляющих термодинамической системы одинакова. Она соответствует максимуму энтропии. Поэтому энтропия не только характеризует направленность природных процессов (выражением является закон роста энтропии в замкнутых системах), но также является мерой беспорядка в системе, состоящей из большого числа частей. Рост энтропии означает рост хаоса, а уменьшение энтропии – уменьшение хаоса и, следовательно, увеличение упорядоченности системы.

Второе начало термодинамики отражает направление самопроизвольного протекания термодинамических процессов. Для их протекания не требуется действия каких-либо сил и затраты работы со стороны внешней среды. В изолированной системе самопроизвольно протекают те процессы, при которых энтропия этой системы возрастает, т. е. возможно протекание только тех процессов, при которых возрастает разупорядоченность, хаотичность системы. Высшая степень хаотичности - равномерное, равновероятное распределение частиц в системе. Формально, при передаче теплоты Q от горячего тела с температурой $T_{гор}$ к холодному телу с температурой $T_{хол.}$, энтропия горячего тела уменьшилась на величину:

$$\Delta S_{гор} = Q/T < 0.$$

А энтропия холодного тела возросла на величину $\Delta S_{хол} = Q/T > 0$, но, так как $T_{хол} < T_{гор}$, возрастание энтропии $\Delta S_{хол}$ больше убыли энтропии $\Delta S_{гор}$. И в целом - $\Delta S_{гор} + \Delta S_{хол} > 0$, т. е. при самопроизвольном процессе энтропия всей системы, включающей эти тела, возросла.

Выше говорилось, что часть энергии, ΔG , возникающая при реакции, может передаваться окружающей среде либо в форме теплоты, либо в форме работы. Если эта энергия выделяется в форме теплоты, т. е. $\Delta G < 0$, то разупорядоченность всей изолированной системы возрастает, и такая реакция принципиально возможна. Проводя реакцию в каком-либо аппарате обратимым путем, можно это беспорядочное движение превратить в направленное движение тел - полезную работу. Поэтому возможно самопроизвольное протекание таких реакций, при которых можно получить полезную работу. Для этого изменение энергии Гиббса должно быть меньше нуля.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ - условие самопроизвольного протекания реакции в открытых системах.

В заключение можно привести определение второго начала термодинамики одного из творцов термодинамики Рудольфа Клаузиуса: **энергия мира постоянна; энтропия стремится к максимуму** (это утверждение, строго говоря, относится лишь к изолированной системе).

7. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ, СТРУКТУРЕ И ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ

7.1. Космологические модели Вселенной

7.1.1. Космологические постулаты. Стационарная модель Вселенной Эйнштейна

Целостное представление о Вселенной формируется на основе изучения ее космологических моделей. Все современные космологические модели базируются на, так называемом, космологическом уравнении Эйнштейна, которое описывает пространственно-временную геометрию Вселенной.

При построении любой модели всегда делаются упрощающие предположения. Основные упрощающие предположения, сделанные Эйнштейном при выводе им космологического уравнения, - это космологические постулаты Вселенной. Рассмотрим эти постулаты.

Постулат однородности Вселенной означает равномерность в среднем распределения в ней вещества (или одинаковость в среднем плотности материи). Поскольку основная масса вещества Вселенной сосредоточена в галактиках, то постулат однородности может быть переформулирован следующим образом: в каждом достаточно большом объеме Вселенной содержится приблизительно одинаковое число галактик (под «достаточно большим» объемом понимается куб с ребром не менее 300 млн. световых лет). Действительно, при переходе к всё большим объемам Вселенной наблюдается более однородная картина распределения в ней вещества. Согласно наблюдений, Вселенная неоднородна в малом, но однородна в большом, т. е. для нее характерна ячеистая структура¹⁰. Кроме того, найдены огромные объемы пространства, в которых галактик пока не обнаружено. Пространственной моделью такой структуры может служить кусок пемзы, которая неоднородна в небольших выделенных объемах (в ней есть вещество и пузырьки воздуха), но однородна в больших объемах. В крупномасштабной структуре Вселенной не существует каких-то особых, чем-то выделяющихся мест или направлений и вещество распределено сравнительно равномерно.

Постулат изотропности Вселенной состоит в том, что в ней не существует выделенных направлений, т. е. все физические свойства пространства одинаковы по всем направлениям. До настоящего времени не отмечалось никаких нарушений этого условия. Таким образом, постулат изотропности так же, как и постулат однородности, вполне правдоподобен.

История науки знает множество моделей эволюции Вселенной и отдельных ее частей. К концу XIX века сформировалась убежденность в том, что Вселенная неизменна и бесконечна в пространстве и времени (**стационарная**

¹⁰ Если составить «карту», где каждая галактика изображается точкой, то скопления галактик будут выглядеть, как цепочки точек, эти цепочки соединяются и пересекаются, образуя ячеистый узор, т. е. галактики распределены не равномерно, а сосредоточены вблизи границ ячеек, внутри которых галактик почти нет.

космологическая модель). Для построения такой модели были использованы принципы классической механики и евклидовой геометрии. Стационарность Вселенной означает неизменность в среднем ее основных характеристик: массы, плотности и объема. Такое предположение соответствовало общепринятым взглядам на Вселенную в начале XX в.

В начале XX века А. Эйнштейном была создана общая теория относительности (ОТО). При решении космологического уравнения, полученного в рамках ОТО, в 1916 году Эйнштейн ввел в него так называемый «космологический член» λ , физический смысл которого состоит во введении «сил отталкивания», компенсирующих силы тяготения, что обеспечивает стационарность Вселенной. Таким образом, постулат стационарности математически эквивалентен наличию в космологическом уравнении космологического члена λ . Найдя решение космологического уравнения (с космологическим членом), Эйнштейн получил все основные характеристики Вселенной. В частности, Вселенная Эйнштейна оказалась конечной. Однако впоследствии выяснилось, что один из постулатов, на которых базировался Эйнштейн, постулат стационарности Вселенной, ошибочен: Вселенная *нестационарна*.

7.1.2. Модель расширяющейся Вселенной А.А. Фридмана. Обнаружение явления разбегания галактик Э. Хабблом. Формула Хаббла

Модель расширяющейся Вселенной была сформулирована отечественным ученым математиком Александром Александровичем Фридманом (1888-1925 гг.) в 1922-1923 гг. Он установил, что космологическое уравнение Эйнштейна имеет решение без введения в него космологического члена (так называемое нестационарное решение). И изучая уравнения общей теории относительности Эйнштейна, математически доказал, что Вселенная не может находиться в стационарном положении, и в зависимости от плотности вещества в ней: она либо расширяется, либо сжимается, т. е. модель Вселенной Фридмана носит нестационарный характер. Вначале Эйнштейн с недоверием воспринял этот результат. Но через некоторое время великий ученый признал правоту Фридмана.

Выводы Фридмана через 7 лет были подтверждены экспериментальными фактами. В 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл обнаружил смещение спектральных линий в спектрах всех наблюдаемых галактик (факт разлета скоплений звезд, галактик - чем дальше от нас та или иная галактика, тем приходящее от нее электромагнитное излучение сильнее смещено к красному концу спектра). Это явление получило название «**красное смещение**».

Ученые объяснили «красное смещение» с помощью эффекта Доплера. Это физическое явление было открыто в 1842 году австрийским физиком Кристианом Допплером (1803-1853 гг.) и состоит в том, что частота излучения, измеряемая наблюдателем, зависит от скорости движения источника излучения волн.

Эффект Доплера гласит: при удалении от нас какого-либо источника колебания воспринимаемая нами частота колебаний уменьшается, а длина волны, соответственно, увеличивается, и при этом происходит «покраснение» спектра.

Поскольку у каждой длины волны свой цвет, а все цвета - это спектр (радуга), наибольшая длина у красного, наименьшая - у фиолетового. Каждому цвету соответствует определенный диапазон волн: красному – 630 нм; желтому – 570 нм; синему – 435 нм; фиолетовому – 390 нм. Определяют спектр цвета с помощью специального прибора – спектроскопа. Т. е. по спектру можно узнать, приближается или удаляется от нас данная галактика. Если удаляется, то линии в ее спектре смещены к красному концу спектра (красное смещение), а если приближается – к фиолетовому (фиолетовое смещение). Каждый знаком с одним из проявлений эффекта Доплера - звуковым явлением: сигнал (тон гудка) приближающегося поезда пронзителен, а удаляющегося - менее резкий (низкий). Эффект Доплера наблюдается не только в звуковых явлениях, но и при распространении световых и радиосигналов, т. к. эти явления принадлежат к волновым процессам. А отличаются они один от другого частотой колебаний в волне.

Из наблюдений Хаббл следовал вывод: Вселенная находится в состоянии расширения, значит, она находится не в стационарном положении, а эволюционирует.

«Красное смещение» входящих от галактик излучений свидетельствовало об их удалении от Земли. Но так как наша Галактика не занимает никакого исключительного положения во Вселенной (и, во всяком случае, не является ее центром), то отсюда следует, что все галактики удаляются друг от друга (явление «разбегания галактик»). В дальнейшем был установлен характер «разбегания галактик»: оно происходит не в пространстве, а представляет собой расширение самого пространства, причем внутrigалактические расстояния практически не меняются, а межгалактические расстояния между любыми двумя галактиками все время увеличиваются - расширяется межгалактическая среда в целом.

Сравнение расстояний до галактик со скоростями их удаления позволило Хабблу в 1929 году вывести следующее соотношение:

$$V = H * L,$$

где V - скорость удаления галактики,

H - расстояние до галактики / измеряемое в парсеках $1 \text{ пк} = 3,1 * 10^{16} \text{ м}$,

L - постоянная Хаббла, равная по современным оценкам $75-80 \text{ км/с} * 10^6 \text{ пк}$.

Чем дальше от нас галактика, тем с большей скоростью она движется. Смысл постоянной Хаббла выясняется из следующего примера. Представим себе, что галактики не удаляются, а, наоборот, сближаются друг с другом. Через какой промежуток времени произойдет их встреча? Место слияния галактик можно считать сингулярностью. Иначе говоря, мы можем узнать возраст Вселенной.

Из закона Хаббла следует, что

$$T = L/v = 1/H,$$

т. е. величина, обратная постоянной Хаббла, есть возраст Вселенной. Примем, что $H = 76 \text{ км/с} * 10^6 \text{ пк}$, где $1 \text{ пк} = 3,1 * 10^{16} \text{ м}$. Простой расчет показывает, что в таком случае возраст Вселенной равен 13,5 млрд. лет.

Разбегание галактик служит подтверждением предсказанного А.А. Фридманом на математической основе факта нестационарности Вселенной, которое является одним из самых выдающихся достижений космологии XX века.

7.1.3. Теоретическое моделирование будущего Вселенной. Зависимость типов эволюции от критической плотности материи

Будут ли галактики разбегаться вечно? На разбегающиеся галактики определяющее влияние оказывают силы тяготения, т. е. силы притяжения. В состоянии ли они затормозить движение галактик? Существует два основных «сценария» дальнейшей эволюции Вселенной. Расчеты показывают, что расширение Вселенной зависит от плотности вещества во Вселенной. Критическая плотность вещества во Вселенной $\rho_{кр}=10^{-29}$ г/см³.

Модель «открытой» Вселенной. Если средняя плотность вещества меньше чем критическая (10^{-29} г/см³): $\rho < \rho_{кр}$, то «побеждает» кинетическая энергия, и мы живем в открытой бесконечной Вселенной, в которой галактики будут удаляться друг от друга. По мере расширения пространства средняя плотность материи при этом будет уменьшаться. Со временем звезды будут остывать, и все меньше будет образовываться новых звезд. Через 10^5 лет все звезды завершают свой жизненный цикл и превращаются либо в черных карликов, нейтронные звезды, либо в черные дыры. Заканчивается эра светящегося вещества. И через огромный промежуток времени черные дыры начнут испаряться, выбрасывая в окружающее пространство потоки частиц и излучение. На последней стадии существования материи Вселенная будет представлять собой безбрежное море разреженного излучения.

Модель «пульсирующей» Вселенной. Если средняя плотность космического вещества больше, чем $\rho_{кр}$: $\rho > \rho_{кр}$, то «берет верх» потенциальная энергия, и мы живем в пульсирующей Вселенной. В данной модели расширение Вселенной замедлится, произойдет остановка, а затем она начнет сжиматься (галактики замедлили бы свой ход и стали двигаться навстречу друг другу) и ее объем сократится до некоего сверхплотного вещества. Сжатие Вселенной повторяет расширение, но только в обратном порядке. Что же дальше, т. е. после сжатия в точку? Возможно ли повторение цикла, и будет ли он повторением предыдущих? Однозначных ответов на эти вопросы нет. При каждом новом цикле могут образовываться другие элементарные частицы, что коренным образом отразится на характере развития. Также в случае повторения цикла никакой информации о предыдущем цикле не остается: когда вещество сжимается до сверхплотного состояния, молекулы и атомы распадаются на элементарные частицы, которые также претерпевают качественные изменения. В таком состоянии материя как бы «забывает» свое прошлое, и после следующего расширения все начинается заново. «Повторение циклов» - это одна из гипотез, которую нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Пока все данные науки свидетельствуют в пользу «открытой» модели. Однако еще не оценена плотность «скрытой» материи (остывшие звезды, черные

дыры, нейтрино, межгалактический газ). Вопрос о соотношении между ρ и $\rho_{кр}$ остается открытым, как и вопрос о характере Вселенной.

7.1.4. Зависимость пространственной бесконечности Вселенной от величины средней плотности материи

Вопрос о пространственной бесконечности Вселенной сводится к определению знака кривизны пространства. Кривизна 3-мерного пространства - понятие более сложное, чем кривизна 2-мерной поверхности. Но если принять первые два космологических постулата Эйнштейна - постулат однородности и постулат изотропности Вселенной, - тогда кривизна пространства и будет скалярной величиной, причем в один и тот же момент времени кривизна пространства является постоянной. Формула для нахождения кривизны пространства имеет вид

$$K = H^2 / c^2 * \rho - \rho_{кр} / \rho_{кр}$$

где H - постоянная Хаббла, c - скорость света в вакууме, ρ - средняя плотность вещества во Вселенной (плотность материи), $\rho_{кр}$ - критическая плотность вещества.

Так как постоянная Хаббла H и средняя плотность вещества ρ меняются с течением времени, то со временем меняется и значение кривизны пространства, но знак кривизны остается неизменным в течение всей эволюции Вселенной.

Перейдем теперь к описанию геометрии Вселенной: возможны два основных случая.

1. $\rho > \rho_{кр}$: тогда, как следует из формулы, кривизна пространства положительна. В этом случае во Вселенной реализуется эллиптическая геометрия. Такая Вселенная конечна, замкнута и безгранична («замкнутый мир»).

Конечность Вселенной означает конечность ее объема. В таком мире содержится конечное число элементарных частиц, звезд, галактик.

Замкнутость Вселенной состоит в замкнутости ее геодезических составляющих. В этом случае радиосигнал, идущий по любому направлению (по геодезической, возвращается в первоначальную точку, «обогнув» всю Вселенную (аналогично меридиану на сфере).

Безграничность мира означает отсутствие у него границы, т. е. «стенки», за которой ничего нет.

Примером конечного, замкнутого, но безграничного мира является обычная сфера (ее геодезические линии дуги большого круга), однако сфера является двумерным пространством. Наглядно представить 3-мерную замкнутую и безграничную Вселенную невозможно, но можно математически изучать ее свойства.

2. $\rho < \rho_{кр}$: в этом случае кривизна пространства отрицательна, и во Вселенной реализуется гиперболическая геометрия (геометрический образ - псевдосфера). Такая Вселенная бесконечна, она содержит бесконечное число элементарных частиц, звезд, галактик.

Итак, вопрос о геометрии физического пространства сводится к определению знака его кривизны, что, в свою очередь, зависит от соотношения средней и критической плотности материи. Это же условие определяет

дальнейшую эволюцию Вселенной. Таким образом, в бесконечной Вселенной разбегание галактик никогда не прекращается, а в конечной - разбегание галактик сменится их сбеганием.

7.2. Концепция Большого Взрыва. Первичный синтез ядер. Происхождение химических элементов

7.2.1. Большой взрыв: модель горячей Вселенной. Основания для концепции Большого взрыва

Самый фундаментальный вопрос, который стоит перед естествознанием, - это вопрос о происхождении природы, Вселенной, всего существующего. Как образовалась наша Вселенная, как развивалась, как эволюционировала, как появились химические элементы? Как они разбросаны по Вселенной? На какие-то из этих вопросов есть ответы, на какие-то ответы еще ищутся.

На сегодняшний день в природе открыто 116 химических элементов. Самыми распространенными элементами во Вселенной являются водород и гелий. Как они образовались? Как образовались другие элементы?

В настоящее время общепризнанной теорией развития Вселенной является теория Большого взрыва. Автором этой теории является американский астрофизик русского происхождения Георгий Гамов. В основе концепции Большого взрыва лежит факт нестационарности Вселенной, состоящей в том, что в результате «разбегания» галактик ее объем постоянно увеличивается, а средняя плотность материи уменьшается. Экстраполяция к прошлому приводит к выводу, что некогда (приблизительно 15-20 млрд. лет назад) вся Вселенная была сосредоточена в чрезвычайно малом объеме и имела плотность 10^{14} кг/см³, т. е. такую же плотность, как у атомного ядра. А еще раньше она представляла сверхплотную частицу, имеющую плотность порядка 10^{93} кг/см³ и температуру около 10^{27} К. Это состояние называется сингулярностью.

Как образовалась эта сингулярность? Почему она взорвалась? На эти вопросы естественные науки не имеют сегодня ответов, и вряд ли они будут получены в ближайшее время. Скорее всего, ответить на эти вопросы принципиально невозможно.

Но что же известно более или менее достоверно? Во-первых, Вселенная образовалась не ранее 10 млрд. лет и не позднее 20 млрд. лет тому назад. Состояние сингулярности было неустойчивым, и оно привело к колоссальному взрыву, который носит название Большой взрыв. Вероятнее всего, Большой Взрыв произошел примерно 15 млрд. лет тому назад. Во-вторых, вся дальнейшая эволюция Вселенной достаточно хорошо описывается в рамках существующего естественнонаучного знания, согласуется с экспериментальными данными по структуре и состоянию наблюдаемой нами части Вселенной.

7.2.2. Вселенная в первые мгновения после Большого взрыва. Первичный синтез ядер

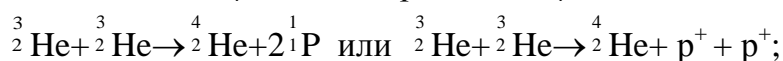
В первоначальный момент времени после Большого взрыва ($t=0$) Вселенная представляла огромный огненный шар гигантской плотности, заполненный

электромагнитным излучением и имеющий крайне высокую температуру. Начиная с момента времени «нуль», шар начал расширяться и охлаждался с течением времени по закону

$$T=A*t^{-\frac{1}{2}},$$

где T – температура в мегаэлектронвольтах, A – некоторая постоянная величина, t – время (возраст Вселенной) в секундах.

Согласно приведенной формуле, в момент времени $t_1=10^{-4}$ с температура Вселенной была примерно $T=10^{12}$ К (100 МэВ), а в момент времени $t_2=1$ с - $T=10^{10}$ К (1МэВ). При охлаждении происходило образование всех типов элементарных частиц. Почти все элементарные частицы, имеющие время жизни $T<1$ с, образовались к моменту времени $t_2=1$ с, после распадов элементарных частиц расширяющееся первичное облако ($t_2=1$ с) было наполнено электронами, протонами, нейтрино, позитронами и нейтронами. Затем, при еще большем охлаждении ($T\approx 10^7$ К), начались реакции цикла водородного горения, т. е. реакции термоядерного синтеза с участием изотопов водорода, в результате которого образовались ядра гелия.



где ${}^1_1\text{P}$; ${}^2_1\text{D}$ – изотопы ядер атомов водорода (протий, дейтерий);

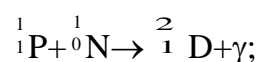
${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$ – изотопы ядер атомов гелия;

γ - гамма-квант, ν - нейтрино, p^+ - позитрон.

Нижние цифры у химических символов означают электрический заряд (в элементарных зарядах), верхние – массу ядер (в атомных единицах массы).

Из ядер, лишенных электронных оболочек – ионов – образовалась раскаленная ионизированная плазма, состоящая на 70 % из водорода и на 30 % из гелия. Первые 100 тыс. лет своего существования Вселенная является бесструктурной – ее целиком заполняет постепенно остывающая водородно-гелиевая плазма. Лишь когда температура плазмы опускается ниже 4000 К, начинается образование атомов легких элементов (при более высокой температуре кинетическая энергия электронов превышает энергию связи между ними).

С участием нейтронов происходили ядерные реакции второй цепочки реакций ядерного синтеза – цикла нейтронного горения, которые продолжались при значительно более низких температурах, чем реакции цикла водородного горения:



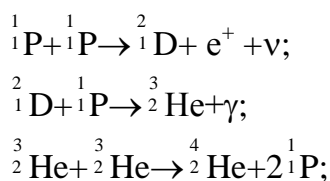
Это реакции с участием элементарных частиц протонов и нейтронов, в результате которых образовались изотопы водорода дейтерий и тритий, а также изотопы гелия и другие частицы типа нейтрино, антинейтрино и гамма-квантов (γ). Таким образом, первоначально образовался газ, состоящий в основном из ядер и изотопов водорода и гелия (${}^3_2\text{He}$, ${}^4_2\text{He}$). В таком первичном газе (до начала образования звезд) было примерно 30 % He и 70 % изотопов водорода. Эти расчеты хорошо согласуются с экспериментальными данными по распространённости этих изотопов во Вселенной в наше время.

7.2.3. Образование галактик

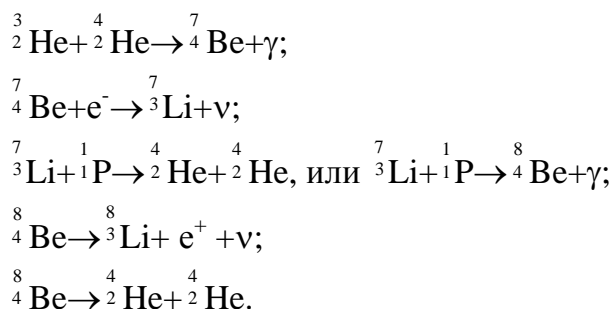
Распространяющийся огненный шар был неоднороден по плотности. Очевидно, существовали флуктуации плотности в плазменной структуре. Схематически этот процесс выглядел следующим образом. Незначительные уплотнения газа, вызванные случайными процессами, в дальнейшем растут, притягивая к себе окружающее вещество: происходит гравитационная конденсация. В результате возникают локальные уплотнения вещества, они постепенно растут, образуя плоские слои вещества. Из этих гигантских сгустков путем дальнейшей фрагментации образуются меньшие сгустки, которые постепенно эволюционируют в галактики, раскаленная плазма конденсируется в атомы, формируя звезды и т. д. Образование галактик и звезд происходило на сравнительно позднем этапе эволюции Вселенной, когда ее размеры составили 1-10 % от современных.

7.2.4. Происхождение химических элементов и образование звезд

Участки с большой плотностью стали зародышами первых звёзд – протозвёзд. Под действием сил гравитации протозвёзды собирали вокруг себя дополнительное количество газа. По мере того, как начинала образовываться «протозвезда», она все сильнее и сильнее сжималась силами собственного гравитационного притяжения, температура в центре протозвезды достигала $T \approx 10^7 \text{K}$, а плотность - $\rho \approx 10^5 \text{кг/м}^3$, и вновь начинался цикл водородного горения:



затем «включились» реакции термоядерного синтеза с образованием более тяжелых химических элементов, типа бериллия и лития ${}^7_3\text{Li}$.

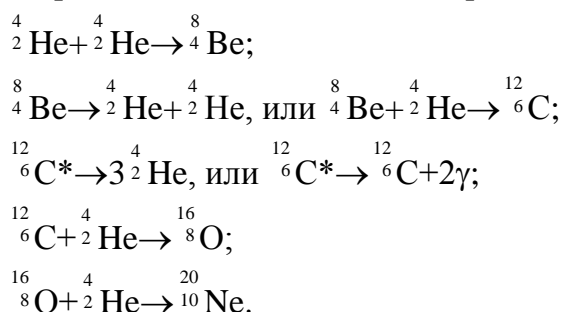


Самое важное в реакции термоядерного синтеза заключается в том, что они экзоэнергетические, так как в них выделяется тепло – энергия, необходимая для осуществления других реакций термоядерного синтеза.

Реакции этого цикла идут в звёздах, имеющих запас водорода, то есть в тех, в которых водород ещё полностью не «выгорел». Эти звёзды относятся к типу звезд так называемой главной последовательности, к ним, в частности, относится и наше Солнце. По мере выгорания водорода в звезде реакции водородного цикла в центре звезды прекращаются, там остаётся один гелий, а водород (более легкий газ) находится в тонком слое, окружающем шар, здесь ещё идут реакции водородного цикла. Размеры внешнего шарового слоя при этом увеличиваются. В конце концов, диаметр звезды увеличивается, температура и давление в ней понижаются настолько, что и реакции водородного цикла практически прекращаются. В этом случае энергия излучения звёзд мала, поэтому силы гравитации сжимают звезду.

Вследствие сжатия звезды температура и плотность вещества в её центре возрастают за счет разогрева центральной части, газовое облако на периферии звезды принимает еще большие размеры. За счет больших размеров охлаждение верхних слоев звезды будет значительным, поэтому изменится её цвет и она превратится из ярко-желтой в красного гиганта или сверхгиганта.

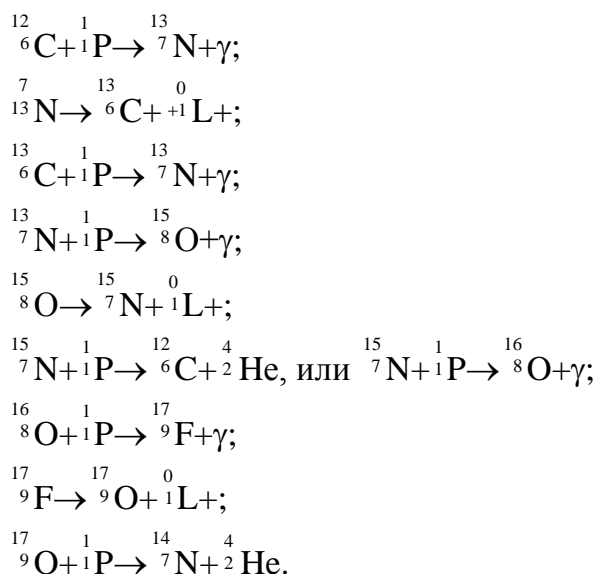
По мере сжатия центральной части красного гиганта температура возрастет до $T \approx 10^8 \text{ K}$, а плотность вещества достигнет $\rho \approx 10^8 \text{ кг/м}^3$. В этот момент ядра гелия в центре звезды начнут сливаться друг с другом в цепочке ядерных реакций и начнутся реакции цикла гелиевого горения следующего типа:



В результате этих реакций в недрах звезд появляются новые химические изотопы углерода (${}^{12}_6\text{C}$), кислорода (${}^{16}_8\text{O}$), неона (${}^{20}_{10}\text{Ne}$).

В реакциях цикла гелиевого горения лишь небольшая часть массы гелия $\sim 0,1\%$ преобразуется в энергию. Но этой энергии оказывается достаточно, чтобы препятствовать гравитационному коллапсу звезды, в результате которого звезда может превратиться в космический объект другого типа – черную дыру (радиус гравитационного поля для Земли 89 см). Вместе с тем, хотя гравитационный коллапс, таким образом, предотвращается, красные гиганты остаются нестабильными в течение длительного времени. Нестабильная звезда в этой фазе может выбросить из себя большое количество газа, состоящего из водорода, гелия, углерода, кислорода, неона.

Этот выброс газа (облако газа) может стать зародышем новой звезды или планетной системы. Когда вследствие гравитационного сжатия температура и плотность звезды возрастут настолько, то в них могут начаться реакции термоядерного синтеза побочного CNO-цикла, в которой водород будет превращаться в гелий. Схема реакций CNO-цикла выглядит следующим образом:



Таким образом, в реакциях CNO-цикла образуются изотопы более тяжелых химических элементов (по сравнению с водородом и гелием) - азота (${}^{14}_7\text{N}$), кислорода (${}^{16}_8\text{O}$), фтора (${}^{17}_9\text{F}$). То есть звезды являются своеобразными химическими реакторами, в которых идет процесс образования практически всех известных в природе химических элементов. Коротко подводя итоги вышесказанному, можно отметить следующее.

- Самыми первыми химическими элементами, образовавшимися после Большого взрыва, были изотопы водорода и гелия.
- Водород и его изотопы (протий, дейтерий и тритий) в звездах первого поколения («протозвездах») после первичного синтеза ядер превратились в гелий.
- Из гелия в «красных гигантах» образовались углерод и кислород.
- Газы, выброшенные из «красных гигантов» при взрывных процессах в них, образовали звезды второго поколения, которые уже содержали в себе водород, гелий, углерод, азот, неон.
- В звездах второго поколения идут реакции побочного CNO цикла, в результате которых образуются изотопы ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$ и ${}^{15}_7\text{N}$ и ${}^{17}_9\text{F}$.
- Если со звездой второго поколения в процессе ее эволюции случится взрыв, то образовавшиеся в ней ядра химических элементов вновь выбрасываются в межзвездное пространство, а из выброшенных газов образуются звезды третьего поколения и т. д.



Рис. 9. Периоды эволюции Вселенной

Возникает вопрос: если звезды образовались примерно в одно и то же время, почему они находятся на разных стадиях эволюции? Все дело заключается в массе звезд. В более массивных звездах все эволюционные процессы протекают гораздо быстрее, чем в мелких звездах. Кроме того, образование звезд и звездных систем идет непрерывно, т. е. и в настоящее время образуются звезды и звездные системы. Свидетельство тому - регистрируемые время от времени вспышки новых и «сверхновых» звезд.

Расчеты Г. Гамова показали, что Вселенная в своей эволюции проходит определенные этапы, в ходе которых происходит образование химических элементов и структур. Схематично периоды развития Вселенной поясняет схема, изображенная на рис. 9.

7.2.5. Дополнение концепции Большого взрыва теорией инфляции

Современная наука допускает и иной сценарий зарождения Вселенной, которая могла образоваться из вакуума, т. е. существует иной сценарий ее зарождения (инфляционная модель). Данную модель разработали американские ученые А.Гут и П.Стейнхард. Эта теория основана на квантовой космологии – применении квантовой механики к Вселенной в целом.

В этой модели начальное состояние Вселенной является вакуумным. По представлениям классической физики, вакуум – это пространство, в котором отсутствуют реальные частицы. Раз нет реальных частиц, то пространство пусто, и в нем не может содержаться энергия, даже минимальная, т. е. это абсолютная пустота.

Однако отсутствие вещества не означает отсутствие поля. Современная наука трактует вакуум как состояние материи с наименьшей энергией при отсутствии вещества.¹¹ Для нее характерны не свободные, самостоятельные, наблюдаемые, а виртуальные частицы, порождаемые и сразу же поглощаемые им. В квантово-полевым смысле поле есть не что иное, как совокупность виртуальных частиц. Т. е. физический вакуум – это наименьшее энергетическое состояние всех полей, форма материи, лишенная вещества и излучения, но характеризующаяся активностью, возникновением и уничтожением виртуальных частиц и способностью находится в одном из многих состояний с сильно различающимися энергиями и давлениями, причем эти давления отрицательные.

В соответствии с корпускулярно-волновым дуализмом, колебания полей обязаны порождать частицы. Квантовые эффекты могут на очень короткое время приостанавливать действие закона сохранения энергии. В течение этого промежутка времени энергия может быть использована на «рождение частиц». Такие переходы называют виртуальными. Виртуальные переходы в вакууме соответствуют рождению виртуальных частиц, время жизни которых $\sim 10^{-30}$ с. Природа виртуальных частиц такова, что они, возникнув, через некоторое время должны быть поглощены. Предположительно при определенных условиях они способны превращаться в реальные.

Теория инфляции объясняет механизм Большого взрыва через понятие «ложный вакуум». Согласно данному сценарию, вначале Вселенная находилась в состоянии ложного вакуума. Он наделен необычными свойствами: способен создать гигантскую силу космического отталкивания, обеспечивающую ускоряющееся расширение Вселенной, при этом само расширение формирует возрастание энергии вакуума. Давление внутри вакуума не положительно, а отрицательно, это приводит к тому, что гравитационные силы становятся силами отталкивания. И под действием сил отталкивания вакуум невообразимо быстро расширяется, приблизительно за 10^{-30} с его размеры увеличиваются в 10^{30} раз.

¹¹ Применительно к теории поля принцип неопределенности Гейзенберга утверждает невозможность одновременного точечного определения напряженности поля и числа частиц. Раз число частиц равно нулю, то напряженность поля не может равняться нулю, иначе оба параметра будут известны, и принцип неопределенности будет нарушен.

Такой тип расширения, рассмотренный Аланом Гутом, был назван им инфляцией. Раздувание Вселенной происходит молниеносно. В результате расширения сам вакуум охлаждается (состояние вакуума распадается), а заключенная в нем гигантская энергия высвобождается в виде излучения. Излучение в результате своего расширения охлаждается, что приводит к возникновению элементарных частиц, вещества, атомов водорода и т. д. Для вакуума с отрицательным давлением характерны флуктуации, именно они и являются начальными состояниями будущих галактик и их скоплений.

Благодаря полученному первоначальному импульсу, приобретенному в процессе инфляции, расширение Вселенной продолжается, но неуклонно замедляется. Постепенное замедление расширения Вселенной это единственный след, который сохранился до настоящего времени от начальных моментов Большого взрыва.

Различие между этапами эволюции Вселенной в инфляционной модели и модели Большого взрыва касается только первоначального этапа порядка 10^{-30} с, далее между этими моделями принципиальных расхождений в понимании этапов космической эволюции нет. Различия в объяснении механизмов космической эволюции связаны с расхождением в мировоззренческих установках.

7.2.6. Антропный принцип в космологии

Способен ли человек познать происхождение Вселенной?

В различных формулировках антропного принципа в космологии речь идет о единстве космоса и человека и той роли, которую выполняет последний в этом единстве. Внимание привлекают два факта:

1. Сама возможность человеческого существования обеспечивается характером космологических законов и зависит от значений фундаментальных физических констант (гравитационная постоянная, постоянная Планка, электрическая, магнитные постоянные, постоянная Больцмана и др.). Малейшие вариации значения последних несовместимы с реальностью человеческой жизни.

2. Человек – существо космическое, он познает мир доступным ему способом. В научном отношении человеку доступно лишь то, что он способен познать. Иначе говоря, как существо, способное к пониманию, человек занимает во Вселенной центральное положение.

Таким образом в соответствии с приведенными фактами по крайней мере три суждения не вызывают особых сомнений:

- человек – существо космическое;
- человек познает Вселенную доступным ему образом;
- в качестве познающего существа человек не имеет на Земле альтернативы.

Выделяют слабый и сильный антропный принципы. *Слабый* антропный принцип гласит: то, что человек может наблюдать, ограничено условиями его существования. *Сильный* антропный принцип: доступная нам Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателя – разумного существа – человека.

Согласно слабому АПК, человек наблюдает то, что ему доступно, и в таком понимании он фактически совпадает с приведенным выше вторым суждением и, следовательно, не выходит за его пределы. Из слабого АПК как бы следует вывод о возможности существования чего-то такого, например других Вселенных, что недоступно человеку из-за специфической его природы. Такой вывод не выдерживает критики: экспериментальные факты, дополненные соответствующими теориями, позволяют заглянуть во все уголки, доступные человеку. Сам вопрос о существовании решается на основании теоретических и экспериментальных данных. Последние не позволяют судить о чем-либо другом, кроме того, что освоено наукой. Желание покинуть науку – это прямой путь в мистику. Именно наука позволяет человеку познавать прошлое и обеспечивать свое максимально отдаленное от настоящего будущее.

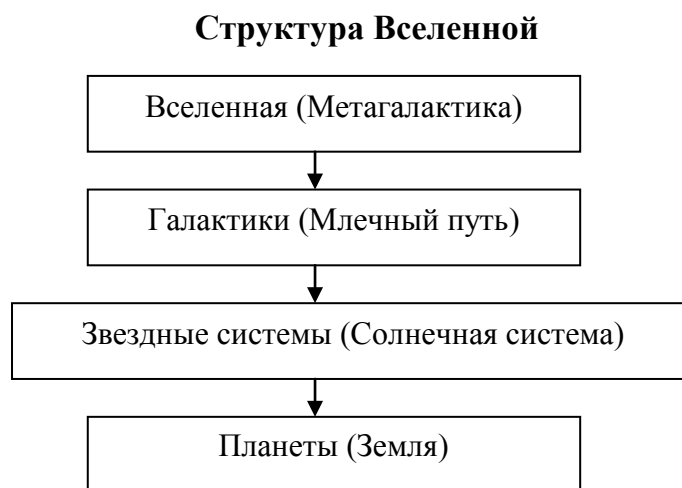
7.3. Общая картина Вселенной

7.3.1. Структура Вселенной

Вселенной на самых разных уровнях, от условно элементарных частиц и до гигантских сверхскоплений галактик, присуща структурность. Современная структура Вселенной является результатом космической эволюции, в ходе которой из протогалактик образовались галактики, из протозвезд – звезды, из протопланетного облака – планеты.

Структура Вселенной схематично может быть представлена следующим образом:

Схема 1



Метагалактика представляет собой совокупность звездных систем – галактик, а ее структура определяется их распределением в пространстве, заполненном чрезвычайно разреженным межгалактическим газом и пронизываемом межгалактическими лучами.

Галактика – гигантская система, состоящая из скоплений звезд и туманностей, образующих в пространстве достаточно сложную конфигурацию. Современная астрономия и астрофизика зарегистрировали $N_G \approx 10^{10}$ галактик. В

нашей Галактике насчитывается более 100 млрд. звезд ($N_a \geq 10^{11}$), а во всей наблюдаемой части Вселенной насчитывается приблизительно $N_a \approx N_v * N_a \geq 10^{20}$ звезд.

7.3.2. Наша галактика. Другие галактики

Наша Галактика называется «Млечный путь», представляет собой спиралеобразное образование (рис. 10).

Диаметр этого диска $3 \cdot 10^4$ парсек. Концентрация вещества (звезд) увеличивается в направлении ядра и плоскости Галактики и убывает к периферии. В ядре галактики сосредоточены самые старые звезды, возраст которых приближается к возрасту галактики. Звезды среднего и молодого возраста расположены в диске галактики. В центре галактики и ее спиральных рукавах интенсивно идут процессы звездообразования. Наша звезда Солнце – маленький желтый карлик - находится далеко от центра Галактики. Все звезды, в том числе Солнце, участвуют во вращении вокруг оси галактики, перпендикулярной ее экваториальной плоскости. Солнце совершает полный оборот приблизительно за 200 млн. лет.

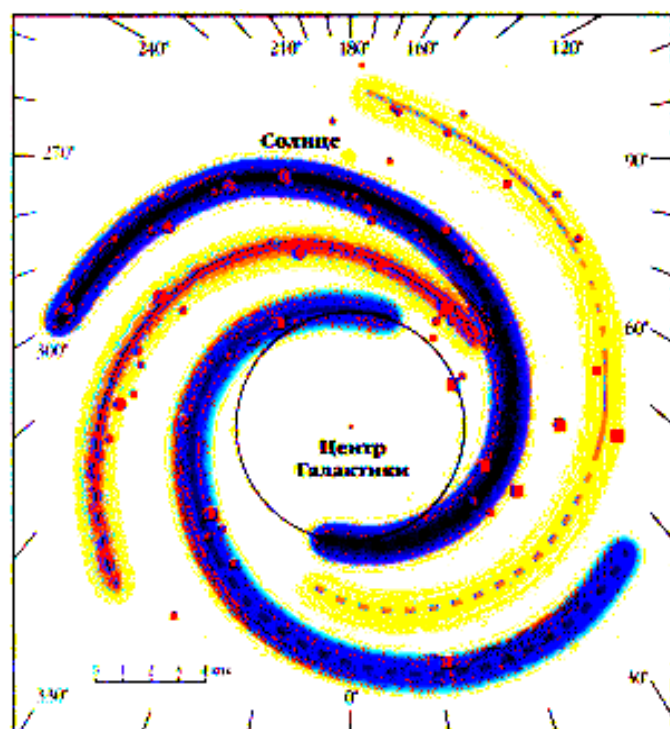


Рис. 10. Схематичное изображение Млечного пути

Пространство между спиральными рукавами заполнено пылью, газом, излучениями, которые составляют около 1 % от массы Галактики. В межзвездном пространстве находится газ, в основном, водород в нейтральном и ионизированном состоянии. Галактика вращается вокруг своего ядра с переменной угловой скоростью и, как показывают экспериментальные наблюдения, поступательно движется (вместе с другими галактиками).

Все многообразие видов галактик можно классифицировать по различным признакам. Самый простой признак классификации – по внешней форме.

Классификация типов галактик по форме принадлежит американскому астроному Б. Хаббл. По Б. Хаббл, все галактики можно разделить на:

– эллиптические (Е-типа) – обладают пространственной формой эллипсоида с разной степенью сжатия. Они являются наиболее простыми по структуре: распределение звезд равномерно убывает от центра. Различают 8 подгрупп эллиптических галактик (от E0 до E7). По мере возрастания номера увеличивается «вытянутость» эллипса;

– спиральные (S-типа) – представлены в форме спирали, включая спиральные ветви, которые, в свою очередь, делятся на нормальные спирали (Sa) и пересеченные спиральные системы (Sb). Это самый многочисленный вид галактик, к которым относится и наша галактика – Млечный путь;

– неправильные, или иррациональные, галактики – не обладают выраженной формой, в них отсутствует центральное ядро.

Различают также взаимодействующие галактики – они обычно находятся на небольших расстояниях друг от друга, связаны «мостами» из светящейся материи, иногда как бы пронизывают одна другую.

Некоторые галактики обладают исключительно мощным радиоизлучением, превосходящим видимое излучение. Это радиогалактики, интенсивность излучения которых в радиодиапазоне в тысячи и даже миллионы раз больше, чем у обычных галактик. В качестве примера можно назвать такие галактики, как шаровая галактика в созвездии Центавра, Лебедь А в созвездии Лебедя. Причины этого излучения – взрывообразные процессы, происходящие в ядрах галактик, или иной механизм образования звезд, чем тот, который мы рассмотрели выше.

Другим интересным классом космических объектов являются квазары (от QUASAR) – звездоподобные источники радиоизлучения. Эти объекты находятся далеко за пределами Галактики, однако светимость квазаров в сотни раз превышает светимость нашей Галактики с ее более 100 млрд. звезд. Квазары – мощные источники инфракрасного (ИК), ультрафиолетового (УФ) и рентгеновского излучения. Их спектр излучения не похож на спектр излучения обычных звезд. В настоящее время открыто примерно 4000 квазаров. Считается, что квазары – это ядра активных галактик, т. е. таких галактик, которые находятся на ранних стадиях своей эволюции.

7.3.3. Современные представления о рождении и эволюции звезд

На современном этапе эволюции Вселенной вещество в ней находится преимущественно в звездном состоянии. Звезды представляют собой гигантские плазменные образования различной величины, температуры, с разной характеристикой движения.

Процесс рождения звезды

Вероятная картина рождения звезд такова: зарождение звезд происходит в результате гравитационной конденсации вещества межзвездной среды, в результате сгущения облаков диффузных туманностей, которые формируются

внутри галактик. Под действием сил гравитации возникает их уплотнение и превращение в шаровые образования - зарождается протозвезда.

Затем под действием гравитационных сил протозвезда медленно сжимается, что ведет к повышению температуры в ее недрах. Когда температура в недрах протозвезды достигнет 10^7K (около 10 млн. градусов К), ее сжатие прекращается, начинаются реакции термоядерного цикла. Протозвезда становится самосветящейся, т. е. превращается в звезду. Под воздействием огромных давлений и температур в недрах звезд происходят термоядерные реакции, результатом которых является превращение водорода в гелий с выделением огромных энергий¹². В начале стационарной стадии в атмосферы звезды преобладают водород (75 %), гелий (20 %), небольшое количество более тяжелых химических элементов.

Этапы эволюции звезд

1. У любой звезды существует период стабильности – когда гравитационные силы, сжимающие звезду, уравниваются упругими силами газового давления, возникающими при сгорании водорода. В данный период звезда сохраняет свои основные параметры. Судьба звезды определяется ее массой. Для звезды большей массы излучение имеет огромную мощность, поэтому звезда быстро расходует запасы своего водорода. Время жизни массивных звезд – несколько миллионов лет, в то время как звезды малой массы живут миллиарды лет. Время жизни звезд спектрального класса G (к которому относится Солнце) составляет 13-15 млрд. лет.

2. По мере выгорания водорода в недрах звезды ее ядро начинает медленно сжиматься, и когда весь водород «выгорает», образуется гелиевое ядро, а термоядерная реакция идет в прилежащем слое. В результате температура ядра резко повышается, а когда она достигает $2 \cdot 10^7\text{K}$, начинается превращение гелия в углерод с последующим преобразованием в более тяжелые элементы, включая железо. Из-за резкого повышения температуры гелиевого ядра и его уплотнения силы газового давления, действующего вовне, увеличиваются. В результате внешняя оболочка начинает расширяться, резко повышается температура ее внешних слоев и светимость. Оболочка разбухает до колоссальных размеров, и звезда переходит в стадию **красного гиганта**.

3. Если масса звезды составляет менее 1,2 массы Солнца, звезда «сбрасывает» часть наружной оболочки и переходит в состояние с очень большой плотностью – в **белого карлика**. Белый карлик как бы вызревает внутри красного гиганта, «сброшенные» поверхностные слои которого образуют планетарную туманность. Белые карлики - это сгустки чрезвычайно плотной плазмы, средняя плотность вещества приблизительно в 100 млн. раз превышает плотность воды, в сотни тысяч раз больше земной плотности. Такую плотность можно получить

¹² По теплотворной способности реакция синтеза гелия из водорода составляет около 150 млрд. калорий на 1 кг водорода – это вдвое больше теплотворной способности урана при его делении и в 20 млн. раз теплотворной способности угля при его сгорании.

утрамбовав грузовой автомобиль в объем наперстка. Радиус приблизительно в 100 раз меньше, чем радиус той звезды, продолжением судьбы, которой он является.

Белый карлик, постепенно остывая, излучает все меньше и меньше энергии, светимость его падает, гравитационные силы сжимают вещество, и, наконец, он перестает излучать. Так белые карлики постепенно переходят в разряд «**черных карликов**» - в мертвые холодные звезды огромной плотности и небольшого размера (размер меньше размера Земли, а масса сравнима с солнечной).

4. Если масса звезды составляет 1,2-2,5 массы Солнца, то она отделяет от себя оболочку не плавно и спокойно, а взрывообразно; светимость звезды возрастает за несколько дней в сотни миллионов раз, и под действием гравитационных сил звезда сжимается до ничтожных размеров, порядка 10 км в диаметре, а ее плотность превышает плотность атомного ядра. Такая звезда состоит из плотно «упакованных» нейтронов, т. е. превращается в **нейтронную звезду** с температурой поверхности порядка 1 млн. градусов.

Плотность нейтронные звезды превосходит в десятки тысяч и даже в миллионы раз плотность белых карликов. Они образуются при высоких температурах и плотностях, что обуславливает рост кинетической энергии электронов и их захват протонами, в результате чего последние превращаются в нейтроны. В итоге число нейтронов в десятки раз превосходит число протонов. Температура внутри нейтронной звезды составляет миллиарды кельвинов. В нейтронной звезде давление плазмы уравнивает гравитационное притяжение. Однако в них также продолжается процесс взаимопревращения химических элементов, но происходит он, в основном, за счет электронного захвата. В конечном счете, нейтронная звезда рассеивается, «впрыскивая» в межзвездное пространство новые порции химических элементов.

5. Если масса звезды превышает более чем в три раза массу Солнца, то на последнем этапе своей эволюции звезда теряет устойчивость, и, в отличие от нейтронных звезд, гравитационное притяжение становится доминирующим динамическим фактором, что приводит к гравитационному коллапсу (давление в недрах звезды таково, что звезда будет сжиматься с катастрофической скоростью, приближающейся к скорости света, и, уплотняясь, она оказывается как бы «раздавленной» собственной массой, превращаясь за несколько секунд в сверхплотную точку), таким образом возникают **черные дыры**.

Гравитационный коллапс развивается в том случае, если тело массой m приобретает радиус меньше так называемого гравитационного радиуса r_g , определяемого согласно формуле:

$$r_g = 2Gm/c^2,$$

где G гравитационная постоянная, c – скорость света. Гравитационный радиус Земли приблизительно равен 0,9 см, а Солнца – 3 км.

Черная дыра создает вокруг себя гравитационное поле громадной силы, поле тяготения настолько сильно, что вторая космическая скорость для находящихся в этой области тел должна превышать скорость света, т. е. из черной дыры ничто не может вылететь:

ни излучение, ни частицы, ибо в природе ничто не может двигаться со скоростью, большей скорости света.

Ранее черные дыры считались ненаблюдаемыми. Теперь же наука располагает фактами, которые достаточно убедительно свидетельствуют об их существовании. В представлениях о черных дырах много гипотетического, недостаточно проверенного, поэтому оснований, позволяющих абсолютизировать понятие «черная дыра», нет, так как его толкование изменяется и уточняется. Долгое время считалось, что «черные дыры» - абсолютно поглощающие объекты, но в начале 70-х годов XX века, когда были приняты во внимание квантовые эффекты, выяснилось, что они должны излучать в окружающее пространство потоки вещества и антивещества, электромагнитные волны, испускаемые виртуальными частицами, которые сами при этом «погибают» в черной дыре. Вокруг них происходит как бы «вскипание вакуума», а внешне это выглядит, как постепенное испарение и стягивание «черной дыры». Сильное гравитационное поле черной дыры может вызывать бурные процессы при падении в них газа. Газ при падении в поле тяготения черной дыры образует закручивающийся вокруг неё быстро вращающийся уплощенный диск. При этом колоссальная кинетическая энергия частиц, разгоняемых тяготением сверхплотного тела, частично переходит в рентгеновское излучение, и поэтому излучению черная дыра может быть обнаружена. Наблюдать черные дыры можно также с помощью гравитационного микролинзового эффекта.

7.4. Солнечная система

7.4.1. Солнце

Солнечная система состоит из центральной звезды – Солнца – и обращающихся вокруг него планет и малых тел – астероидов и комет. Границей Солнечной системы считается внешняя граница Облака Оорта. Диаметр Солнца 1,4 млн. км; расстояние от Солнца до Земли – 149,6 млн. км. Наблюдения за поверхностью Солнца показывают, что оно вращается вокруг собственной оси и делает полный оборот за 25,4 земных суток. Вся солнечная система движется в мировом пространстве в направлении к созвездию Лиры со скоростью 20 км/с.

Солнце – это звезда спектрального класса G2, желтый карлик, представляет собой раскаленный плазменный шар, температура поверхности которого около 6000 К, во внутренних слоях она выше – около 15000 К. Возраст Солнца примерно 5 млрд. лет, его радиус – 696000 км, а масса – $2 \cdot 10^{30}$. Ученые подсчитали количество энергии, падающей на 1 квадратный метр поверхности Земли за 1 секунду. Один квадратный метр поверхности, находящейся на расстоянии 150 миллионов км от Солнца, получает в секунду 1370 Вт/м². Светимость Солнца равна $4 \cdot 10^{26}$ Вт. На долю Земли приходится менее 10^{-9} этой энергии.

Поверхность Солнца имеет сложную структуру. Условно выделяют: фотосферу, хромосферу и корону. Перенос энергии от нагретых внутренних областей солнца наружу происходит преимущественно за счет излучения. Нагретый слой передает энергию лежащему выше более холодному слою. Тот

поглощает ее и вновь излучает при чуть более низкой температуре. На поверхности Солнца есть конвективная зона, занимающая 15 % радиуса. В этой области происходит процесс конвективного перемешивания: горячие потоки ионизированного газа поднимаются к поверхности звезды, а холодные опускаются. Вследствие этого на ее поверхности периодически образуются и исчезают вспышки, протуберанцы, солнечные пятна, появление которых сопровождается магнитными аномалиями.

7.4.2. Строение Солнечной системы

Солнечную систему образуют 9 планет, вращающихся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, которые лежат примерно в одной плоскости, десятки спутников планет, тысячи астероидов, сотни комет и бесчисленное количество метеоритных тел. Каждая следующая планета удалена от Солнца примерно в два раза дальше, чем предыдущая. С ростом расстояния от Солнца ослабляется интенсивность его излучения, это ведет к значительному снижению температуры на периферии Солнечной системы.

Примерно 99,9 % массы солнечной системы содержится в Солнце, а остальная часть (0,1 %) в основном сосредоточена в четырех планетах-гигантах (Юпитере, Сатурне, Уране, Нептуне). Масса Земли, крупнейшей из четырех планет земной группы (Меркурия, Венеры, Земли, Марса), составляет лишь 1/38 массы Юпитера и 1/329000 массы Солнца. Более подробная количественная информация о планетах представлена в таблице 2.

Таблица 2

Параметры планет и их орбит (d и m Земли приняты за единицу)

Планета	Диаметр	Масса	Средняя плотность г/см ³	Период обращения, годы	Расстояние от Солнца (а.е.)	Спутники	Состав
1	2	3	4	5	6	7	8
Меркурий	0,38	0,05	5,4	0,24	0,38	-	Силикаты, жел
Венера	0,95	0,82	5,2	0,61	0,72	-	Силикаты, жел
Земля	1,00	1,00	5,5	1,0	1,0	2	Силикаты, жел
Марс	0,53	0,11	3,9	1,88	1,52	4	Силикаты, жел
Астероиды					сред	6	Силикаты, жел
Юпитер	1,18	1,8	1,3	11,8	5,20	7	Силикаты, жел
Сатурн			0,7	29,4	9,54	1	Силикаты, жел
						5	Н ₂ , Не,

н	Уран	,42	,5	1,3	84,0	19,1	8	силикаты Н ₂ , Не,
	Непту	,08	,5	1,7	164,	30,0	1	силикаты Н ₂ , Не,
он	Плут	,85	,7	0,7	247,	39,4	4	силикаты Н ₂ , Не, Н ₂ О, силикаты льд
		,24	,06					ы, силикаты

Планеты – это небесные тела, обращающиеся вокруг звезд. Они, в отличие от звезд, не излучают света, а светят отраженным звездным светом. Четыре планеты-гиганта сильно отличаются от четырех планет земной группы по размерам и химическому составу. Планеты-гиганты велики, газообразны, разрежены, богаты водородом, а планеты земной группы малы, тверды, плотны. Объяснение этих различий довольно простое. Планеты-гиганты состоят из мало изменившегося первичного вещества, из которого сформировалась солнечная система, а планеты земной группы (вследствие небольшой массы) потеряли большую часть газов, составлявших основу первичного вещества. Они имеют вторичные атмосферы, возникшие после образования планет (исключение Меркурий). Самая внешняя планета, Плутон, очевидно, составляет исключение из этой схемы. Вероятно, она является спутником планеты другой звездной системы.

Меркурий – ближайшая к Солнцу планета. Атмосферы не имеет. Поверхность Меркурия днем нагревается максимум до +450⁰С, а ночью охлаждается до –170⁰С. Средняя температура в момент меркурианского полдня составляет около +350⁰С. Большая часть поверхности Меркурия покрыта кратерами диаметром в десятки километров и более, они образовались в результате интенсивной метеоритной бомбардировки. Самый крупный из известных кратеров на Меркурии – это бассейн Жары диаметром около 1300 м. Образовавший его метеорит имел от 50 до 10 км в поперечнике.

Венера – вторая от Солнца планета. Венера вращается в сторону, обратную той, в которую вращается большинство планет. Она окутана плотной атмосферой, состоящей из углекислого газа (97 %), вследствие этого на поверхности планеты практически нет суточных и сезонных колебаний температуры (последствия парникового эффекта). Атмосферное давление на поверхности 96 кг/см³, температура около 500⁰ С. В этих условиях жидкая вода существовать не может, да и водяного пара в атмосфере Венеры мало (1 %). На высоте 49-70 км над поверхностью расположен слой облаков. Облачный слой оранжево-желтого цвета: крупные молекулы углекислого газа рассеивают именно эту часть солнечного цвета. В них содержатся аэрозольные частицы серной кислоты, а также водяной пар. С востока на запад дует ураганный ветер (100-140 м/с), с уменьшением

высоты скорость ветра уменьшается. Большая часть поверхности Венеры – это равнины, горы (перепад высот 2-3 км) занимают около 15 % поверхности. Поверхность Венеры относительно более гладкая, чем поверхность Луны. Спутников не имеет.

Земля – это третья от Солнца планета. У Земли есть спутник – Луна, которая движется вокруг Земли на среднем удалении 384000 км. Она повернута к Земле всегда одной стороной, и период ее обращения вокруг Земли равен периоду ее вращения вокруг своей оси. Диаметр Луны 3476 км, из-за малой массы у Луны нет атмосферы, что в сочетании с большой продолжительностью суток, приводит к тому, что на экваторе температура поверхности в полдень достигает $+130^{\circ}\text{C}$, а ночью опускается до -150°C . притяжение Луны стабилизирует климат на Земле. Она ограничивает колебания оси земного шара относительно плоскости эклиптики. В настоящее время ось наклонена к этой плоскости на 23° . Наклон оси определяет смену времен года. Например, при угле наклона 85° Солнце было бы почти в зените над Северным полюсом, Южное же полушарие надолго оставалось бы погруженным во тьму.

Марс – четвертая от Солнца планета. На звездном небе он выглядит как немигающая точка красного цвета. По диаметру он почти вдвое меньше Земли и Венеры. У него есть углекислая атмосфера, но она разреженная, что исключает устойчивое существование здесь жидкой воды – она либо испарится, либо замерзнет. На экваторе Марса максимальная дневная температура поверхности превышает 0°C и может достигнуть до $+25^{\circ}\text{C}$, однако в ночное время температура даже на экваторе опускается до -90°C , а на полюсах достигает -130 - -140°C , что ниже не только температуры конденсации льда воды, но и точки замерзания CO_2 . Полярные шапки Марса состоят из сухого льда, водяного льда с примесью минеральной пыли. У Марса есть два спутника – Фобос и Деймос. Они движутся вокруг планеты на расстоянии 9378 и 23459 км соответственно. Они имеют неправильную форму и в своем орбитальном положении остаются повернутыми к планете всегда одной и той же стороной. Размеры Фобоса составляют около 27 км, а Деймоса – около 15 км. Поверхность спутников Марса покрыта многочисленными кратерами.

Юпитер – пятая от Солнца планета. Под атмосферой (1000 км) из водорода и гелия находится жидкая оболочка из жидкого молекулярного водорода, под ней – оболочка из металлического водорода, а в центре предполагается небольшое силикатное (?) ядро. Известно 16 спутников Юпитера – четыре крупных (Ио, Европа, Ганимед, Каллисто – открыл их Г. Галилей) и 12 малых. Ближайший к Юпитеру спутник Ио обращается вокруг планеты примерно на таком же расстоянии, как Луна вокруг Земли. Ио, как и другие спутники Юпитера, обращена всегда к нему одной и той же стороной. Ио – это мир вулканов, которые извергаются сейчас, ее поверхность покрыта вулканическими потоками серы. Причина этого – разогрев недр Ио приливными возмущениями со стороны Юпитера. Поверхность Европы покрыта слоем льда воды, рассеченным протяженными трещинами. Считается, что слой льда имеет толщину до 100 км, а

под ним может находиться океан жидкой воды, покрывающий основное каменное тело этого спутника.

Сатурн – шестая от Солнца планета. Характерная особенность Сатурна – это его кольца. Множество концентрических колец образуют систему, лежащую в плоскости экватора планеты. Удивительно, что при ширине этой системы (от края до края с планетой посередине) более 270 тыс. км ее толщина, по видимому, всего 100 м. Кольца состоят из фрагментов льда воды размером от нескольких сантиметров до нескольких метров. Известно 17 спутников Сатурна – один большой (Титан), шесть промежуточного размера и 10 малых. Титан – единственный из спутников планет Солнечной системы, обладающий развитой атмосферой. Он обращается вокруг Юпитера на расстоянии, в 3 раза большем, чем Луна от Земли.

Уран – седьмая от Солнца планета, вращается вокруг нее лежа на боку. Он гораздо меньше Юпитера, и в его недрах давление, необходимое для образования металлического водорода, не достигается. Поэтому предполагается, что у Урана вместо оболочки из металлического водорода есть оболочка из воды или льда воды. У Урана есть система колец, лежащая в плоскости экватора планеты. В отличие от почти сплошного «слоя» колец Сатурна кольца Урана тонкие, отстоящие друг от друга на значительном расстоянии. Известно 15 спутников Урана – крупных нет, пять промежуточных по размеру (Миранда, Ариель, Умбриель, Титания, Оберон) и 10 малых.

Нептун – восьмая от Солнца планета, бирюзово-синий газовый шар. Известно восемь спутников Нептуна – один крупный (Тритон), остальные малые. Тритон обращается вокруг Нептуна почти на таком же расстоянии, как Луна от Земли. Его диаметр 2705 км. Тритон состоит из смеси льдов и силикатов.

Плутон – это девятая планета Солнечной системы. Она резко отличается от планет-гигантов и в настоящее время считается частью пояса Койпера. Орбита Плутона эксцентричная, часть своего пути вокруг Солнца Плутон проводит внутри орбиты Нептуна. Сведений о рельефе и геологическом строении Плутона нет. Температура поверхности планеты составляет примерно -240°C , поверхность сложена льдом азота с примесью льда метана и льда монооксида углерода. У Плутона есть крупный спутник – Харон. Они смотрят друг на друга каждый одной и той же стороной, образуя систему из двух тел, вращающихся вокруг общего центра масс.

Астероиды (мелкие планеты) Солнечной системы отличаются от больших планет своими малыми размерами и направленной формой. Большинство из них находятся в области между орбитами Марса и Юпитера, образуя пояс астероидов. Самый крупный из астероидов – Церера – в поперечнике имеет 768 км.

Кометы – небесные тела с малой массой, движущиеся вокруг Солнца по сильно вытянутым эллиптическим орбитам. В комете выделяют твердое ядро, его разреженное окружение и хвост, состоящий из газов и пыли. Ядро кометы представляет собой глыбу льда с мельчайшими металлическими частицами. При

приближении к Солнцу под действием тепла происходит разложение ядра с образованием его окружения и хвоста кометы.

Метеориты – небесные тела, имеющие размеры 5 и 10 км.

7.4.3. Гипотеза происхождения Солнечной системы

По общепринятым оценкам Солнечная система образовалась примерно 5 млрд. лет тому назад.

Под действием сил гравитации газопылевая туманность, имевшая форму диска, начинала сжиматься. В результате сжатия туманность приобрела вращение, по мере уменьшения размеров облака его вращение ускорялось. Плотность вещества в центре диска была максимальной, и здесь выделились центральное ядро – протосолнце – и область, которая с течением времени под действием центробежных сил уплощалась и превращалась в диск, – протопланетное облако. Вследствие дальнейшего сжатия протосолнце разогрелось до температуры 6000 К, при которой стали возможными термоядерные реакции. Протопланетное облако было неустойчивым, в нем возникали неустойчивости, которые приводили к образованию колец, а газовые кольца превращались в газовые сгустки – протопланеты. Протопланеты сжимались, твердые пылинки сближались, сталкивались, образовывали тела все больших и больших размеров. При этом образование планет земной группы и планет гигантов шло по-разному. Таким образом, Солнечная система возникла на основе продуктов жизнедеятельности звезд предыдущих поколений, скапливавшихся в газово-пылевых облаках.

7.4.4. Астрономические условия, необходимые для существования жизни на планете (в пределах Солнечной системы)

Жизнь может существовать не на любой планете. Необходимые для этого условия имеют вид некоторых ограничений на параметры планеты.

Ограничения по массе. Жизнь не может развиваться на планете малой массы (Меркурий, Луна): если масса небесного тела мала, то оно не способно удержать атмосферу, необходимую для жизни. Другая крайность - планета слишком большой массы. Если масса планеты превышает 1/20 массы Солнца, то на ней начинаются ядерные реакции, ведущие к ее разогреву до температур, при которых жизнь невозможна. Даже планета с массой более 1/1000 солнечной массы непригодна для жизни, так как ее атмосфера является очень плотной и лучи Солнца не могут пробиться сквозь нее (Юпитер, Сатурн и др. гиганты Солнечной системы). Из планет Солнечной системы массу, годную для развития жизни, имеют, кроме Земли, Венера и Марс.

Ограничения по температуре. Если принять предположение о том, что жизнь должна быть основана на химии углерода, то температура среды не должна превышать предела стабильности органических молекул. Например, аминокислоты разрушаются при температуре 250°C, поэтому реальный температурный предел жизни должен быть значительно ниже указанного, так как большие молекулы со сложной трехмерной структурой более чувствительны к

нагреванию, чем малые. Для жизни на поверхности Земли верхний температурный предел близок к 100°C. Известно, что для развития жизни также неблагоприятны и слишком низкие температуры.

Температура на поверхности планеты в основном определяется двумя параметрами: светимостью родительской звезды и расстоянием до нее. Для каждой звезды можно выделить некоторую область, за границу которой не должны выходить орбиты планет, чтобы температурные условия на них допускали существование жизни - так называемую *зону жизни*. Если планета находится к центральной звезде ближе границы зоны жизни, то температура на ее поверхности будет слишком высокой для существования жизни, а если дальше границы - то слишком низкой. Примерами могут служить Меркурий и Уран и Нептун. Для Солнца в его зоне жизни находятся, кроме Земли, еще две планеты - Венера и Марс. Орбита Земли близка к середине зоны жизни.

Температурные условия на планете, а значит, и условия развития жизни на ней, чрезвычайно чувствительны к расстоянию до центральной звезды. Расчеты показывают, что если бы Земля находилась ближе к Солнцу на 8 млн. км, то процесс конденсации воды из атмосферы не мог бы осуществиться. Тогда не могло бы произойти и образование океанов, в которых появились первые формы жизни. С другой стороны, если бы Земля находилась дальше от Солнца всего на 2 млн. км, то на ней происходили бы интенсивные процессы образования ледников, что сделало бы невозможным развитие высших форм жизни.

Ограничения по форме траектории. Согласно первому закону Кеплера, все планеты движутся по эллипсам. Если эллипс сильно вытянут, тогда планета то подходит близко к своей звезде, то удаляется от нее. В результате на поверхности планеты возникают большие колебания температуры, что губительно отражается на живых организмах. Идеальный случай - когда планета вращается практически по круговой орбите, в этом случае больших перепадов температуры на поверхности планеты не происходит. Кроме того, круговая орбита обеспечивает относительное постоянство радиации, получаемой планетой от центральной звезды.

Ограничения по возрасту. Жизнь на Земле развивалась более 3,5 млрд. лет, причем первые 3 млрд. лет ее темп был очень низким. Высокоорганизованные формы жизни появились лишь в последние 0,5 млрд. лет, поэтому можно ожидать присутствия высокоорганизованных форм жизни только на планетах, обращающихся вокруг достаточно старых звезд. Причем годятся не любые из них, а только звезды второго поколения, богатые теми химическими элементами, которые необходимы для биосинтеза - углеродом, кислородом, азотом, серой, фосфором.

Особую роль для возникновения жизни сыграло также наличие крупного и расположенного близко к Земле спутника - Луны, который стабилизирует ее вращение, уменьшает возможность «вихляний» вокруг оси, что приводило бы к непредсказуемым изменениям климата. Такие скачки условий также помещали бы

возникновению жизни, а также приливы и отливы, вызываемые Луной, создают на берегах океанов влажную зону – именно здесь жизнь смогла выйти на сушу.

Земля, по сравнению с другими планетами, несет сравнительно мало крупных кратеров от столкновений с астероидами. Некоторые ученые предполагают, что орбита нашей планеты расположена так удачно, что огромный Юпитер своим мощным гравитационным полем «выметает» с пути Земли почти все крупные астероиды. Если бы не газовый гигант, частая бомбардировка из космоса, вероятнее всего, затруднила бы появление немикроскопических форм жизни на нашей планете.

Далее мы более подробно рассмотрим особенности строения и эволюции нашей Земли, поскольку, во-первых, эта планета наиболее полно и подробно изучена, во-вторых, на ней зародились все известные на сегодняшний день формы жизни, включая человека.

8. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

8. 1. Геологическая шкала времени

В комплекс естественных наук макромира, в первую очередь, входят науки о природе Земли.

Именно планета Земля в настоящее время является местом и необходимым условием существования человечества. По этой причине геологические концепции играют важную роль в мировоззрении человека. Данные концепции возникли не самопроизвольно, они являются итогом серьёзных научных изысканий.

Планета Земля - это уникальный космический объект. В его изучении центральное место занимает идея эволюции Земли. Для изучения проблемы эволюции Земли обратимся к такому важному количественно-эволюционному параметру, как геологическое время. Изучение этого параметра довольно-таки затруднительно и осложняется тем обстоятельством, что время жизни человеческого индивидуума составляет ничтожную долю возраста Земли. Существуют различные способы определения геологического времени, главные среди них – литологические, биостратиграфические и радиологические.

Литологический способ определения геологического времени был впервые разработан датским врачом и натуралистом Н. Стенсеном (Стено) в 1669 году. Литология – это наука об осадочных горных породах (известняки, бокситы, торф, уголь). Геологическое время по этому способу определяют по накоплениям осадочных горных пород в морях и океанах, речных отложений в приустьевых участках побережья. Осадочные породы откладываются в виде слоев или пластов. Согласно концепции Стено, в серии нормально залегающих пластов вышележащий пласт моложе нижележащих, а секущие их трещины и минеральные жилы еще моложе.

Главная идея Стено такова: слоистая структура пород поверхности Земли представляет собой пространственное отображение геологического времени (которое, разумеется, также обладает определенной структурностью).

Биостратиграфический способ определения геологического времени за основу принимает останки древних организмов: флоры и фауны. По аналогии с литологическим способом, слой, залегающие выше, считаются более молодыми. Эту закономерность установил английский ученый У. Смит в 1813 году, именно он составил первую геологическую карту Англии с разделением горных пород по возрасту. В отличие от литологических слоев биостратиграфические признаки присутствуют по всей оболочке Земли в целом.

На основе лито- и биостратиграфических данных неоднократно делались попытки создать единую шкалу геологического времени. Эти попытки не увенчались успехом, т. к. по этим данным можно определить отношение «старше - моложе», но затруднительно определить, на сколько лет один слой сложился раньше другого.

Радиологический способ определения геологического времени (метод изотопной хронологии). Идея радиологического измерения времени была предложена в начале XX века П. Кюри и Э. Резерфордом.

Возраст геологических объектов определяется исходя из соотношения в них материнского и дочернего изотопов радиоактивного элемента.

$$t = (T_{1/2} / \ln 2) * (1 + D/P)$$

где, t – время радиоактивного распада (равен возрасту тех пород, которые содержат радиоактивные элементы); $T_{1/2}$ – период полураспада (промежуток времени в течение которого число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое); D – число ядер стабильных нуклидов; P – число нераспавшихся радиоактивных ядер.

Таким образом, по соотношению материнских и дочерних изотопов (D/P) можно судить о возрасте геологических объектов.

Радиоуглеродный метод применяется для определения возраста органических остатков. Радиоактивный изотоп углерода ^{14}C имеет период полураспада 5730 лет. Изотоп углерода ^{14}C образуется в земной атмосфере в результате бомбардировки ядер азота ^{14}N космическими нейтронами. В результате в растениях и животных до тех пор, пока они совершают вещественный обмен с атмосферой, содержится такая же концентрация ^{14}C (в расчете на 1 млн. атомов ^{12}C), как и в атмосфере. В мертвых организмах обмен веществ с атмосферой прекращается, и содержание в них углерода ^{14}C начинает падать. Чем меньше это содержание, тем больше возраст биологических останков. Этот метод удобен для оценки возрастов в тысячи и десятки тысяч лет.

8.2. Строение Земли

Современная Земля представляет собой слегка сплюснутый по полюсам шар, полярный радиус которого равен 63556,78 км, а экваториальный - 6378,16 км.

Масса Земли $5,98 \cdot 10^{24}$ кг, планета движется почти по круговой орбите радиусом 149,6 млн. км со средней скоростью около 30 км/с. Период ее обращения вокруг Солнца 365,25 суток, период обращения вокруг собственной оси - 23 часа 56 минут 4,09 секунд.

К этим двум видам движения следует добавить еще три:

- обращение Земли вокруг общего с Луной центра масс. Один оборот система Земля-Луна вокруг общего центра масс совершает за 27 суток и 8 часов;
- движение вместе с солнечной системой вокруг центра Галактики (галактический год равен 280 млн. лет);
- разбегание галактик во Вселенной.

Методом изотопной хронологии установлено, что возраст Земли 4,6 млрд. лет.

Строение Земли изучают, в основном, по сейсмическим данным, получаемым при регистрации колебаний, вызываемых землетрясениями и атомными взрывами. При этих процессах возникают упругие волны двух типов: продольные (распространяются в любой среде) и поперечные (распространяются

только в твердых телах и могут быть зафиксированы с помощью приборов). Если бы недра Земли были однородны, то порожденные взрывом или землетрясением продольные и поперечные волны должны были бы, слегка ослабнув, дойти до любой точки поверхности Земли. Этого не происходит. Результаты исследований показывают, что Земля неоднородна и состоит из слоев разной плотности, причем через внутренние слои упругие поперечные волны не проходят, так как внутри Земли есть жидкие оболочки (рис.11).

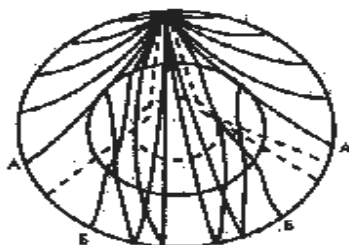


Рис. 11. Схема распространения упругих волн в недрах Земли

Строение Земли очень сложное, мы рассмотрим структуру Земли лишь в обобщенном виде. Поскольку Земля имеет форму шара, то ее структурные оболочки обычно представляют в виде сферных оболочек (рис.12).



Рис. 12. Строение Земли

Согласно современным представлениям, ядро Земли состоит из внутреннего и внешнего ядер. Мантия Земли состоит из верхней, средней и нижней мантии, отделенных друг от друга разделами I и II. Земная кора отделена от верхней части мантии, превратившейся в результате остывания в горную породу, разделом Мохоровичича.

Земная кора, раздел Мохоровичича и верхняя часть мантии образуют литосферу. К литосфере примыкает астеносфера. Над земной корой находится атмосфера, а области океанов, морей образуют гидросферу. Магнитное поле Земли образует ее магнитосферу.

Внутреннее ядро Земли представляет собой шар диаметром 2500-3000 км и имеет кристаллическую структуру. По мере удаления от поверхности увеличивается сжатие, которому подвергается вещество. Более чем на 90 % ядро состоит из железа, к такому выводу пришли американские геофизики Р. Кохе и Л. Штихруде, изучая характер распространения сейсмических волн внутри земного шара. Это весьма специфический кристалл: его температура достигает 5000 К, но благодаря гигантскому давлению он сохраняет свою кристаллическую породу. Расчеты показывают, что давление в ядре может достигать 3 млн. атмосфер. При этом многие вещества металлизуются.

Внутреннее ядро Земли обладает анизотропными свойствами: оно пропускает сейсмические волны в одном направлении с большей скоростью, чем в другом. Если эти волны бегут в экваториальной плоскости, с востока на запад или наоборот, то затрачивают на этот путь (с учетом сплюснутости Земли) на 4 секунды больше, нежели волны, пересекающие Землю от полюса Южного до Северного. Эту особенность можно объяснить кристаллической структурой твердого ядра, характерной для железа. Твердое ядро «плавает» в жидкой оболочке. Но вопрос о состоянии внутреннего ядра до сих пор остается дискуссионным.

Внешнее ядро было открыто в 1936 году. По современным геофизическим данным, внешнее ядро представляет собой вращающиеся потоки расплавленного железа и никеля (находясь в жидком состоянии, оно не пропускает упругие поперечные волны, пропуская продольные). Давления на этой глубине превышают 500 000 атмосфер. Электрический проводник – железо – циркулирует во внешнем ядре так энергично, что, подобно гигантскому генератору, рождает магнитное поле Земли. Внешнее ядро, по-видимому, содержит жидкое железо, его оксиды, примеси кремния и никеля и их соединений с серой и кислородом.

Мантия Земли главным образом состоит из относительно прочной каменной породы (состоящей в основном из оксидов кремния, магния и железа). На долю мантии приходится около 67 % общей массы планеты. Температура мантии на границе с земной корой – около 500 К, на границе с ядром – свыше 2000 К. Несмотря на царящую там очень высокую температуру, мантийное вещество находится не в расплавленном состоянии, потому что большое давление на глубине препятствует этому. Но тепло делает свое дело: мантия приобретает пластичность, вязкость, и в этом походит на пластилин.

Для всей мантии характерны интенсивные конвективные движения (являются результатом сложного взаимодействия механического движения Земли и гигантской конвекции тепла в ее внутренних слоях). Конвекционные потоки в мантии циркулируют очень медленно – несколько сантиметров в год, а в нижней мантии еще медленнее – там скорость перемещения вещества измеряется

миллиметрами в год (многие сотни миллионов лет пройдут, прежде чем циркулирующая масса совершит полный оборот). Какие пути выбирают горячие потоки магмы внутри Земли и как выглядят конвекционные системы, мы можем только предполагать. Характер этого движения и определяет особенности литосферных процессов (тектоники образования океанических впадин, горных хребтов, изменения форм и очертаний материков и других).

Литосфера не монолитна, а состоит из плит, они как бы впаяны в вещество мантии, однако деформация астеносферы допускает скольжение по ней литосферных плит. Крупнейшие литосферные плиты - Тихоокеанская, Северо-Американская, Южно-американская, Африканская, Евразийская, Индо-Австралийская, Антарктическая. Толщина литосферных плит составляет под дном океанов всего 5-10 км, под континентами – до 70 км. Перемещение плит составляет 1-5 см в год, однако за миллионы лет такого плавания плиты проделали путь в тысячи километров и примерно пять раз кардинально меняли географию поверхности Земли, образуя новые материки. Измерения, которые проводились со спутников, показали, что в нашу эпоху наибольшую скорость развивает Южно-американская плита, ее юго-западный край движется в сторону Тихого океана со скоростью 17 см в год.

Границы плит (места стыков) – это зоны самой высокой тектонической, сейсмической и вулканической активности, их называют огненными кольцами Земли. Здесь плиты, скользя по астеносфере, царапают одна другую, надвигаются друг на друга (выдавливая земную твердь в виде горных хребтов – Кавказ, Гималаи; либо одна плита подползает под другую - западное побережье Южной Америки, Курило-Камчатская дуга), иногда ломаются, и тогда дрожит вся Земля (при этом происходят мощные землетрясения). На дне Мирового океана границы, ограничивающие плиты, образованы срединно-океаническими хребтами (цепи горных хребтов), между ними находятся трещины, разломы - рифты, и глубокими океаническими желобами.

Приводом «машины», передвигающей земную кору, состоящую из плит, являются конвекционные потоки (восходящие потоки расплавленной магмы). Поднимаясь вверх, потоки наталкиваются на нижнюю поверхность земной коры. При этом они расходятся и тащат вместе с собой в разные стороны лежащие над ними тектонические плиты. Под материками, где толщина коры 30-70 км, тепло скапливается. И оно начинает воздействовать снизу на кору, примерно как газовый резак на металл: расплавляет, режет ее на части. Потоки магмы в своем движении захватывают с собой эти части континента и разводят их друг от друга.

Земная кора – внешняя оболочка Земли, имеет толщину менее 10 км под океанами, более 35 км под материками. Образуется за счет движения литосферных плит, разрушения и выветривания горных пород и осадконакопления. Породы земной коры по происхождению делятся на три типа:

– изверженные, образованные при застывании магмы (базальты, граниты и др.);

- осадочные, возникшие при осадке частиц, разрушенных ветром и водой, - галька, щебень, известняки, бокситы, торф, уголь, нефть и др.;
- метаморфические, образуются в глубинных слоях литосферы при перекристаллизации, изменении первоначального состава магматических и осадочных пород в условиях высоких температур и давлений с участием газов растворов – кварциты, мрамор и др.

Все три типа пород образуют слоистую структуру земной коры. Выделяют три основных слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Постоянные движения литосферы в вертикальном и горизонтальном направлениях делают эту слоистость достаточно условной.

Земная кора делится на океаническую – плотную и однородную - и континентальную, более легкую, имеющую неоднородный минеральный состав.

Чем глубже ученые заглядывают в недра Земли, тем туманнее картина. Надежнее всего выводы, относящиеся к коре под океанами. Океаническая кора находится в непрерывном движении. Возраст самых старых участков дна океана не превышает 200 миллионов лет, следовательно, если Земле 4,6 млрд. лет, то океанское дно много раз обновлялось. Океаническая кора состоит в основном из базальтов.

Континентальная кора сложена в основном из гранитов и магматических пород, содержащих преимущественно кварц, кальциевый полевой пат, слюду и др. Сверхглубокая скважина, пробуренная в Кольском полуострове, была первой, которая пересекла границу, отделяющую слой протерозоя от самых древних слоев – архея. Было замечено, что с глубиной растет содержание водорода и гелия и падает доля углеводородных газов. Примечательно и то, что в тепловом потоке, идущем из недр, примерно половина его обязана своим происхождением распаду радиоактивных элементов (температура – 180°C).

Гидросфера состоит из вод океанов, морей, рек, озер, подземных источников и материковых льдов, а также воды, содержащейся в связанном состоянии в гидросиликатах. Масса гидросферы составляет 1/1000 всей массы Земли. Большая часть гидросферы сосредоточена в Мировом океане. Средняя глубина океанов 3711 м, а наибольшая – 11022 м (Марианский желоб в Тихом океане). Среднегодовая температура поверхности вод океанов $17,5^{\circ}\text{C}$. Мировой океан занимает 70,8 % земной поверхности. В океанической воде растворены едва ли не все элементы таблицы Менделеева, преобладают хлор и натрий.

Вода обладает большой теплоемкостью, т. е. требуется значительная энергия для небольшого изменения температуры воды. Моря и океаны являются гигантскими термостатами, сглаживающими суточные и сезонные колебания температуры. Слой воды толщиной 1 см поглощает 94 % падающей на ее поверхность солнечной энергии. Суточные изменения температуры над поверхностью океана не превышают 1°C , годовые - не достигают 10°C . Удельная теплоемкость воды больше, чем у любого другого вещества, поэтому за счет циркуляции воздушных масс в атмосфере и морских течений солнечная энергия переносится из теплых зон в холодные. Резкие суточные колебания температуры в

районах великих пустынь связаны с отсутствием водяного пара в воздухе. Сухой воздух лишен водяного пара, способного сдержать быстрое ночное охлаждение песка.

На пресные воды приходится менее 1 % всех вод, сосредоточенных в верхних геосферах Земли. Основной запас пресной воды содержится в подземных водах. Вода как растворитель играет основную роль в существовании жизни. Уникальные свойства воды связаны с малым размером молекулы и ее полярностью, наличием слабых водородных связей. Общая масса снега и льда на Земле составляет 0,0004 % от массы всей Земли. Этого достаточно для того, чтобы покрыть всю поверхность планеты слоем снега и льда толщиной 53 метра. Если эта масса растает, то уровень океана поднимется на 64 метра. Современный уровень океана установился 7000 лет назад. Колебания уровня океана за последние 200 миллионов лет по данным геологических исследований не превышали ± 100 м относительно современного.

Атмосфера Земли это ее воздушная оболочка. Четкая верхняя граница атмосферы отсутствует. В атмосфере выделяют пять слоев:

– тропосфера (толщина на экваторе достигает 16-18 км): воздух в тропосфере постоянно перемешивается, здесь сосредоточены основные массы водяного пара;

– стратосфера (доходит до 55 км): водяного пара нет, здесь присутствует интенсивная циркуляция воздушных масс. На высоте от 20 до 30 км находится слой озона, предохраняющий живые организмы от вредного для них коротковолнового излучения;

– мезосфера (достигает высоты 80 км): у верхней границы температура достигает 80-90⁰С;

– ионосфера (расположена до высоты 800 км);

– экзосфера (простирается от ионосферы до 2000-3000 км), температура в ней достигает порядка 2000⁰С.

Атмосфера содержит (в весовых процентах) 78 % азота, 21 % кислорода, 1% составляют вместе взятые инертные газы, 0,03 % - углекислый газ и примеси.

Для атмосферы Земли характерен парниковый эффект, обусловливаемый поглощением молекулами воды, углекислого газа и озона теплового излучения нагретой солнечными лучами поверхности планеты. Техногенная деятельность человека резко увеличивает содержание в атмосфере углекислого газа. В атмосфере образуются облака, дождь, снег, циклоны, антициклоны, все то, что определяет погоду. Атмосфера снабжает живые организмы кислородом для дыхания, защищает от космических излучений и метеоритов.

Магнитосфера Земли выходит за пределы земного шара и в космосе способна отклонять от Земли заряженные частицы, летящие от Солнца. Состояние магнитосферы Земли определяется взаимодействием магнитного поля Земли с потоками космических частиц. Конфигурация силовых линий магнитного поля такова, что движущиеся по ним частицы попадают в так называемые ловушки, курсируя от Северного полушария в Южное и обратно. На поверхности Земли

магнитное поле помогает навигаторам, а также птицам находить путь на юг, на север. С магнитным полем Земли связаны яркие красочные сияния в небе полярных областей (так называемые полярные и северные сияния).

8.3. Химическая эволюция Земли

Развитие Земли можно рассмотреть как историю химических элементов, в процессе которой сложились определенные пропорции количественных соотношений атомов. Основными источниками сведений о распространенности химических элементов служат данные о составе Солнца, полученные с помощью спектрального анализа, и результаты лабораторных химических анализов материала земной коры, метеоритов, пород поверхности Луны и планет. Принято выражать количество атомов какого-либо химического элемента по отношению к кремнию в разных природных системах, поскольку кремний принадлежит к обильным и труднолетучим элементам.

С ростом порядкового номера в Периодической системе химических элементов распространенность элементов убывает неравномерно, причем элементы с четным порядковым номером более распространены, чем с нечетным, особенно элементы с массовым числом, кратным 4, например, He, C, O, Ne, Mg, Si, S, Ar, Ca. Ряд максимумов соответствует элементам с ядрами, у которых число протонов или нейтронов равно 2, 8, 20, 50, 82, 126. Этим «магическим» числам соответствуют заполненные ядерные оболочки, характеризующие устойчивые ядра. Основную часть внутренних планет и метеоритов составляют нелетучие элементы солнечного вещества - Si, Fe, Ca, Al, Ni, Na. Проводя сравнения, Виноградов показал в 1962 году, что эти пороодообразующие элементы планет и метеоритов непосредственно выброшены Солнцем, а не захвачены из других областей Галактики. Некоторые различия в составе планет связаны с вторичными процессами и тем, что элементы входят в разные соединения, пребывая в разных агрегатных состояниях. Особенно близок состав нелетучей части элементов Солнца и наиболее распространенных каменных метеоритов - хондритов. Летучая часть солнечного вещества, существующая в виде газов при $T > 0$, при низких температурах переходит в твердое состояние, а атомы газов вступают в соединения.

Инертные газы в соединения не вступают, оставаясь и при низких температурах в газообразном состоянии. Земля и метеориты сохранили летучие элементы в той степени, в какой они проявляли свою активность, поэтому инертные газы, как на Земле, так и в метеоритах, встречаются редко. Что касается изотопного состава C, O, Si, Cl, Fe, Ni, Co, Ba, K, Cu, то он одинаков как на Земле, так и в метеоритах.

Таким образом, все тела солнечной системы построены из небольшого числа элементов и имеют единое происхождение.

К важнейшим свойствам Земли, определяющим ее происхождение и химическую эволюцию, относится радиоактивность. Все первичные планеты были радиоактивны. Подвергаясь радиоактивному нагреву, они испытывали

химическую дифференциацию, которая завершилась формированием внутренних металлических ядер у планет земной группы (рис.13).

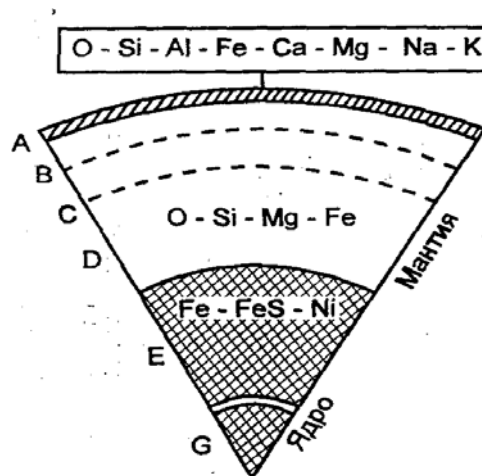


Рис.13. Схема формирования ядер планет земного типа

Остатки металлической и сульфидно-металлической фаз, сохранившиеся в первичных мантиях, стекали в центральные области и сформировали четкие границы ядер. Литофильные элементы переходили вверх, дегазация мантии при выплавлении легкоплавких фракций приводила к базальтовым расплавам, которые тоже изливались на поверхности планет.

Газовые компоненты, вырывающиеся вместе с ними, дали начало первичным атмосферам, которые смогли удержать только крупные планеты. Наиболее массивная среди внутренних планет, Земля прошла сложный путь химической эволюции. Самопроизвольный распад неустойчивых атомов отражает эволюцию вещества Земли и события эпохи рождения химических элементов.

С такой точки зрения особенно важны следующие радиоактивные изотопы: U-238 – изотоп урана; Ph-206 – изотоп плутония; Th-232 – изотоп тория; R-40 – изотоп радия, - которые самопроизвольно распадаются.

При таких распадах выделяется тепло. Наиболее радиоактивной является алюмосиликатная кора Земли. Выделяемое Землей радиогенное тепло колеблется от $2,3 \cdot 10^{20}$ до $10,4 \cdot 10^{20}$ кал/г. Земля теряет свое тепло в окружающее пространство путем излучения и теплопроводности. Радиоактивность является существенным фактором теплового баланса Земли. Из законов радиоактивного распада следует, что в прошлом радиоактивность была существенно выше. Так, 4,5 млрд. лет назад урана (U-238) на Земле было в 2 раза больше, чем сейчас, следовательно, и энергии он выделял больше. Кроме тория, урана и калия, видимо, существовали недолговечные радиоактивные изотопы с периодом полураспада менее ста миллионов лет. Примерами их могут быть I-129 с периодом полураспада 17,2 млн. лет, превращающийся в Хе-129, U-236, Th-232. Можно предположить, что присутствовали и сверхтяжелые трансурановые ядра, пока неизвестные и не полученные в лаборатории (с ростом номера элемента неустойчивость

трансурановых резко растет). Таким образом происходила и происходит химическая эволюция Земли.

8.4. История развития геологических концепций

В истории геологических наук о Земле можно выделить следующие этапы: геологические взгляды со времен античности – до сер. XVII века; становление науки (XVII-XVIII вв.); классический (XIX—60-е годы XX в.) и неклассический (60-е годы XX в. - настоящее время).

Первоначальными геологическими идеями были идеи о шарообразности Земли (на это указывали наблюдения лунных затмений), об изменяемости облика Земли (смена с течением времени суши и моря, роль вулканической деятельности) и о климатической зональности. В данный период становления геологии не приходится говорить о сколько-нибудь развитой теории: наблюдения имеют характер созерцаний, а их интерпретация сродни обыденным рассуждениям.

Характер геологического знания существенно изменяется вместе со становлением классической физики. Кроме приборной составляющей из физики в геологию переходили и способы теоретической интерпретации. Например, с помощью механики Ньютона Х. Гюйгенсом была разработана теория колебаний физического маятника и связанные с ней методики измерения ускорения свободного падения и силы тяжести. Это позволило по характеристикам гравитационного поля Земли судить о ее форме и внутреннем, недоступном прямому наблюдению строении. Она позволила также дать объяснение морским приливам - так были заложены основы океанологии. Эта же теория, выразив закономерности движения планет Солнечной системы, привлекла внимание к вопросу об эволюции Земли.

В XVII и XVIII вв. геология как наука еще не сложилась в самостоятельный институт. Но уже появляются ученые, которым удается в яркой форме выделить своеобразие, специфику именно геологических идей. В этом смысле можно выделить Н. Стено (1638-1686 гг.) - в качестве изобретателя структурной геологии и М.В. Ломоносова (1711-1765 гг.), который был не только физиком, но и геологом (он одним из первых сформулировал идею униформизма, определил решающую роль внутреннего тепла Земли, поднятия и опускания суши). Для данного периода характерны разрозненные идеи, не объединенные в концептуальное целое.

В конце XVII в. ученые достигают определенных успехов в биостратиграфии и петрографии¹³ - начинается этап научной геологии, в котором уже различают сложные по возрасту и времени образования осадочные породы. На базе этих наук проводится геологическое картирование, что предполагает значительную обобщающую работу.

Если стратиграфические методы были ориентированы на геологические макроструктуры, то петрография, минералогия и геохимия занимаются изучением геологических микроструктур, что связано с использованием различных методик

¹³ науки о составе и происхождении горных пород, их минеральном и химическом составе

химии, кристаллооптических измерений (по ним судят о группах симметрии кристаллов), рентгеноструктурного анализа.

Для классической геологии характерны следующие концепции: нептунизм, плутонизм, катастрофизм, униформизм, эволюционизм, мобилизм. С их помощью геологи стремились объяснить массив известных им фактических данных.

По концепции **нептунизма**, все горные породы отложились в виде осадков из Всемирного океана. Земля пассивна, геологически активен океан. Основателем нептунизма был немецкий геолог Абрахам Г. Вернер (1749-1817 гг.). Согласно его утверждению, в последовательности формирования пород базальт залегает на угольных пластах, а фундаментом всех пород являются граниты. Открытие базальтов, покоившихся на гранитных породах, было невозможно увязать с нептунизмом.

Плутонизм видел динамический исток всех явлений во внутреннем тепле Земли, вызывающем землетрясения и извержения вулканов. Основателем плутонизма был английский геолог Джеймс Геттон (Хаттон) (1726-1797 гг.). Что касается базальта, то, как предполагали плутонисты, он не осаждался из воды, а был лавой, которая, излившись на поверхность Земли, застывала. Плутонизм оказался довольно плодотворной концепцией, содержащей, в частности, идеи о дегазации Земли и источниках рудообразования.

В рассматриваемых концепциях активность Земли связывается лишь с одной из геосферных оболочек.

Катастрофизм. В дальнейшем появилась новая идея, суть которой состояла в том, чтобы оценить эволюцию Земли в целом с позиции одного глобального принципа. Французский зоолог и геолог Ж. Кювье (1769-1832 гг.) попытался проанализировать судьбу ископаемых позвоночных. Рассматривая последовательную смену фаун, он обратил внимание на их различия - последовательно залегающие слои содержали резко отличающиеся друг от друга окаменелости. Научно объяснить природу фаун и переходов от ранних фаун к более поздним он не мог, поэтому предположил, что каждая фауна есть результат нового творения Создателя. Позвоночные животные не видоизменяются - раз появившись, они существуют в первозданном виде вплоть до своего вымирания.

По большому счету, понятие геологического изменения не возвышается Кювье до значения принципа. Оснований отождествлять катастрофизм Кювье с современной теорией катастроф нет. Однако среди катастрофистов были ученые,

которые связывали скачкообразные геологические изменения с влиянием природных сил, отсутствующих в геологическом настоящем. Однако в XIX веке последовательное развитие идея природного катастрофизма не получила.

Против катастрофистов выступали **униформисты**. Основателями униформизма считаются Дж. Геттон и Ч. Лайель (1797-1875 гг.). Выражение «Униформизм» означал, что геологические явления в прошлом были точно такими же, как в настоящее время. От этого тезиса пришлось отказаться перед лицом следов явных биосферных и орогенических катаклизмов, случившихся в геологическом прошлом. Вместо термина «униформизм» стали использовать

термин «**актуализм**» - на основе изучения современных геологических явлений, используя сравнительно-исторический метод, можно судить о прошлых геологических процессах. Геологическое прошлое отличается от геологического настоящего, но они едины.

Отказавшись от тезиса «о единообразии геологических явлений», актуалисты настаивали на постоянстве законов. Изменчивы явления, но не законы. Актуалисты XIX века считали, что наука так же незыблема, как и обнаруживаемые ею законы. Им были чужды представления об изменчивости самого научного знания. Современный актуалист не станет настаивать на постоянстве законов природы. Он лишь подчеркнет, что все возможные знания о прошлом можно получить, интерпретируя факты, в том числе следы прошлого в настоящем.

Эволюционизм. Основателем является французский естествоиспытатель Ж.Б. Ламарк (1744-1829 гг.) и Ч.Р. Дарвин (1809-1882 гг.). Они не признавали божественного вмешательства в историю Земли. Отказавшись от идеи божественного совершенства, они придерживались идеи совершенства. Поэтому для них было важно выявить линии эволюционного совершенства в самой природе. Их интересовала не просто эволюция, а направленность эволюции. Именно в этой связи появилась дарвинистская идея естественного отбора: в борьбе за существование выживают наиболее приспособленные к среде особи. Линии эволюции ученые стремились представить посредством плотной упорядоченности последовательности фактов.

К началу XX века шли дальнейшие разработки концепции эволюционизма. Рассматривались в деталях как эволюция каждой геосферной оболочки в отдельности, так и их взаимодействия в целом. Геологический эволюционизм получает существенную поддержку со стороны мобилизма.

Концепция мобилизма. Основателями являются английский геофизик О.Фишера и немецкий геофизик Альфред Вегенер. Согласно их взглядам в противовес концепции фиксизма континентов, дно океанов и острова находятся отнюдь не в строго фиксированном положении, а дрейфуют. Еще в XVIII веке удивительное совпадение очертаний береговых линий западного побережья Африки и восточного побережья Южной Америки наводило некоторых ученых на мысль о том, что континенты «гуляют» по планете. В 1912 году Вегенер подробно изложил свою гипотезу континентального дрейфа, согласно которой относительное положение континентов менялось на протяжении истории Земли. Одновременно он выдвинул множество аргументов в пользу того, что в далеком прошлом континенты были собраны вместе в суперконтинент Пангея. Но эта теория не была воспринята всерьез. В 50-60-е годы XX в. идеи мобилизма получили фактическое подтверждение.

В дальнейшем геологические исследования показали, что возраст океанической коры (не более 150 млн. лет) моложе возраста континентов (2-2,5 млрд. лет). Были обнаружены рифовые зоны (трещины, растяжения), из которых извлекались лишь молодые базальты. Осмысление этих фактов выразилось в концепции **неомобилизма**, авторами которой были американский геолог Г. Хесс

(1962), американский геофизик Р. Дитц (1961). Согласно этой концепции, океаническая кора относительно молода, расширяется и погружается в мантию в зонах глубоководных желобов, континенты дрейфуют под действием конвективных течений магмы.

Постепенно неомобилизм был преобразован в **концепцию тектоники литосферных плит**. Эта концепция имеет эволюционный характер. В концепции тектоники литосферных плит не только описывается движение литосферных плит, но и рассматриваются его динамические причины.

К началу 70-х годов XX века в геологии:

- существенно возрос динамический потенциал, выразившийся в анализе причин явлений;
- она выступает как синтез междисциплинарных исследований: географических, геохимических, геобиологических и др.;
- геологическая картина мира связывается со взаимодействием геосфер;
- ее фактуальный потенциал возрос настолько, что оказалась возможной разработка концепции глобальной эволюции Земли. По сути, именно **глобальный эволюционизм** определяет концептуальный облик современной геологии.

Рассмотрим альтернативные глобальному эволюционизму концепции.

Концепция сжатия Земли была выдвинута французским геологом Э. де Бомоном в 1852 г. Она оставалась распространенной до середины XX века. В концепции контракции складчатость горных цепей объяснялась сжатием Земли в результате ее остывания. Подтвердить эту гипотезу в XX в. геофизическими данными не удалось.

Концепция расширения Земли была разработана венгерским исследователем О. Хильгенбергом (1933) и южно-африканским астрономом Дж. Холмом (1935). Они объясняли современное расположение материков расширением Земли. (Некогда обволакивавший Землю суперконтинент, Пангея, раскололся на материки. Предполагалось, что радиус Земли времен Пангеи составлял около 4400 км, но в таком случае должен был существовать могучий динамический фактор, раздвинувший поверхность Земли, который не был обнаружен.)

Концепция фиксизма - представляет собой вариант концепции расширения Земли: положения континентов считаются фиксированными, решающая роль придается вертикально направленным тектоническим движениям.

Последние три десятка лет геология существует в новом качестве: она органически сомкнулась с целым рядом наук, в том числе физикой и химией и др. – этап неклассической геологии. Например, представления о земном магнетизме (идею предложил У. Гильберт в 1600 г., хотя об источнике данного явления ему ничего не было известно): современный геолог, рассуждая о магнетизме, вынужден обратиться к земному ядру (к плотной упаковке атомов во внутренней его части), ему придется вспомнить электронную конфигурацию атомов железа и

спин электронов, а для расчета движений частиц в магнитных ловушках понадобятся математические достижения.

8.5. Концепция глобальной эволюции Земли

В концепции глобальной эволюции Земли в объяснении динамики развития геосферных оболочек большое значение придается: однородности химического состава первичной земли; изменению ее термодинамических состояний под воздействием энергетических потоков; приобретению расплавленным веществом Земли подвижных состояний, приводящих к химико-плоскостной дифференциации земного вещества; образованию в результате дифференциации вещества Земли ее геосферных оболочек; эволюции геосферных оболочек.

Схематично рассмотрим этапы глобальной эволюции Земли. Эволюцию Земли можно представить как последовательность появляющихся вслед друг за другом стадий. Отсчет геологического времени ведется от начала процесса образования Земли (рис.14).

1 стадия (4,7-4 млрд. лет назад). Согласно современным представлениям, образование Земли происходит путем гравитационной конденсации из рассеянного в окосолнечном пространстве холодного газопылевого облака, содержавшего все известные в природе химические элементы. В первичном составе содержалось много металлического железа (около 13 %) и его двухвалентной окиси (около 24 %). Железо появилось отчасти за счет межзвездной материи, из которой образовалась Земля, и захвата ею метеоритов.

Облако это начало сжиматься и постепенно превратилось в шар из расплавленного вещества. Когда поверхность несколько остыла, она превратилась в твердую кору. Падение крупных сгустков вещества вызывало нагрев прото-Земли и ее расслоение (тяжелые породы, содержащие никель и железо опускались глубже, за несколько сотен миллионов лет формируя ядро, а легкие каменные породы образовывали кору). В процессе гравитационного сжатия, распада радиоактивных элементов Земля разогревается еще больше.

Литосфера сразу после своего образования имела небольшую толщину и была очень неустойчивой. Она снова поглощалась мантией, разрушалась в эпоху так называемой великой бомбардировки.

Дегазация Земли приводит к началу образования атмосферы, состоящей в основном из метана, аммиака и углекислоты. В конце фазы за счет конденсации водяного пара начинается образование гидросферы, т. е. атмосфера и гидросфера выделяются из недр планеты, поскольку вода и газы входят в состав земных пород.

То есть, было время 4,6-4,0 млрд. лет назад Земля не была дифференцирована на геосферные оболочки. Они являются результатом дифференциации вещественного состава первичной Земли. Возникнув однажды, они приобретают самостоятельность и становятся геодинамически активными и подобно всем космическим объектам, проходят этапы эволюции и умирают.

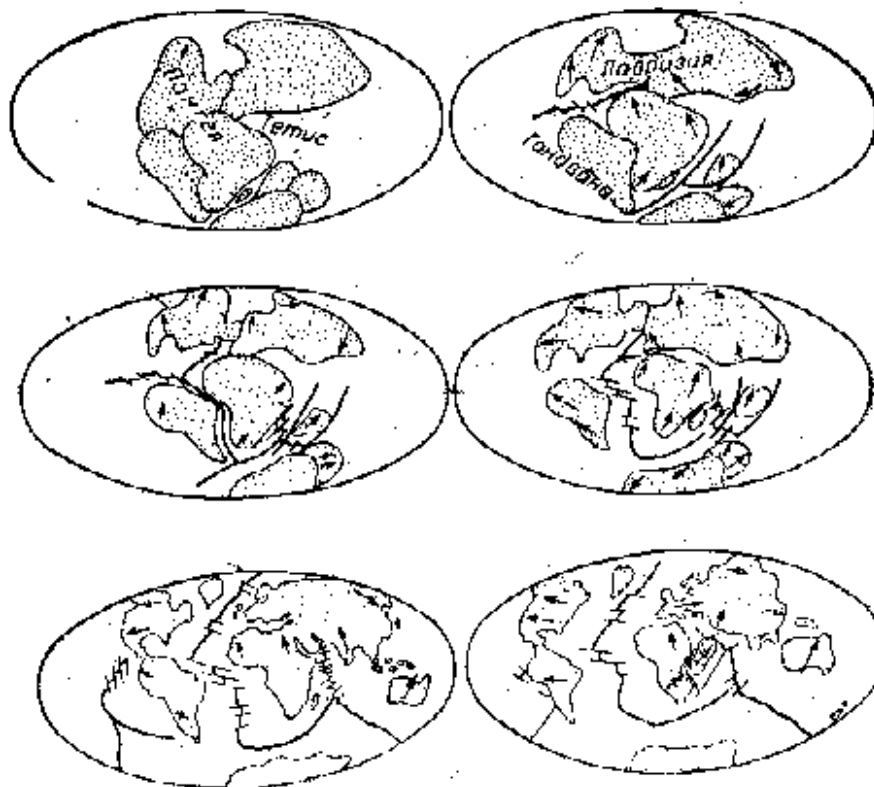


Рис.14. Перемещение и развитие континентов

2 стадия (4-3,5 млрд. лет назад). Возникают первые острова и протоконтиненты, сложенные из горных пород, содержащих преимущественно кремний и алюминий – сложилась легкая и, следовательно, «непотопляемая» гранитная кора. Острова суши незначительно возвышаются над еще очень мелководными океанами. Профессор В. Фриш из университета в Тюбингене (Германия) выдвинул следующую гипотезу: на Земле в ее «молодые» годы породы, как и теперь, претерпевали изменения, но тогда все происходило много быстрее, так как больше энергии поступало на поверхность из глубинных недр. Горячая планета много раз покрывалась корой, которая быстро разрушалась потоками магмы, идущими снизу. Часть обломков тонула, а более легкие оставались наверху. Эти циклы повторялись, легкие породы скапливались, из них и сформировались континенты.

3 стадия (3,5-2,7 млрд. лет назад). Железо собирается в центре Земли и образует ядро, которое обуславливает возникновение магнитосферы. Продолжается формирование континентальной коры.

4 стадия (2,8-2,3 млрд. лет назад). Образуются единый суперконтинент Пангея, находящийся вблизи Северного полюса, и единый суперокеан – Панталасса.

5 стадия (2,2-1 млрд. лет назад). Вследствие сложных механических движений и процессов, протекающих внутри Земли, происходит охлаждение коры и литосферы. Это приводит к распаду суперконтинента на микроплиты, пространство между которыми заполняют вулканы и осадочные породы. В

результате возникают складчато-надводные системы и образуется новый суперконтинент Пангея I. Органический мир представлен сине-зелеными водорослями, фотосинтезирующая деятельность которых способствует обогащению атмосферы кислородом.

6 стадия (1700-650 млн. лет назад). Происходит распад Пангеи I, она разделяется на два материка: Гондвану (куда вошли Южная Америка, Африка, Мадагаскар, Индия, Австралия и Антарктида) и Лавразию (включающую Северную Америку, Гренландию, Европу и Азию, кроме Индии). Их разделяет море Тетис. В это время наступают первые ледниковые эпохи. Органический мир представлен многоклеточными бесскелетными организмами, появляются первые скелетные организмы.

7 стадия (650-280 млн. лет назад). Горный пояс Аппалачей в Америке соединяет Гондвану с Лавразией – образуется Пангея II. Гондвана дважды охватывается оледенением. Обозначаются контуры палеозойских океанов – Палеоатлантического, Палеотетиса, Палеоазиатского. Появляются рыбы, земноводные. Растения и животные выходят на сушу.

8 стадия (208-130 млн. лет назад). Пангея II пронизывается все более густой сетью континентальных рифов, щелевидных растяжений земной коры. Начинается раскалывание Пангеи II. При этом Африка сместилась меньше других. Южная Америки и Индостан отделяются от Африки; Южная Америка устремилась на Запад, и на ее западном краю стала быстро расти горная цепь Анды или Кордильеры (южноамериканская плита столкнулась с мощной тихоокеанской плитой, и как более легкая, оказалась надвинутой на нее). Индостан отделился от Австралии и Антарктиды и врезался в азиатский материк лоб в лоб. От этого столкновения родились Гималаи. Наконец, Австралия отделяется от Антарктиды.

Происходит освоение суши покрытосеменными растениями. В животном мире господствующее положение занимают земноводные и пресмыкающиеся, появляются первые птицы и млекопитающие. В конце периода погибают многие группы животных. Причины этих явлений видят обычно либо в столкновении Земли с астероидом, либо в резком усилении вулканической деятельности.

9 стадия (280 млн. лет – 600 тыс. лет назад). Изменениям подвергается общая конфигурация материков и океанов, в частности, Евразия отделяется от Северной Америки, Антарктида отделяется от Южной Америки. Распределение материков и океанов близко к современному. В начале периода климат на Земле теплый и влажный, конец же периода характеризуется резкими климатическими контрастами. Вслед за оледенением Антарктиды происходит оледенение Арктики. Складываются фауна и флора, также близкие к современным. Появляются первые предки *Homo sapiens*.

10 стадия (современность). Продолжается процесс химико-плоскостной дифференциации земного вещества. Гипотеза дрейфа материков, выдвинутая в 1912 году Альфредом Вегенером, была подтверждена исследованием дна океана и магнитных свойств лавовых потоков на его поверхности. В 1960 году американский геолог Гарри Хесс предположил, что горячее мантийное вещество

поднимается под срединно-океаническими хребтами, распространяется в стороны от них, разрывая и расталкивая литосферные плиты. Мантийное вещество заполняет образовавшиеся трещины – рифты. Обломки коры опускаются вниз, а затем всплывают, возможно, образуя новые острова. То есть продолжается процесс химико-плоскостной дифференциации земного вещества, который преобразует состояние всех геологических оболочек Земли. На снимках Красного моря, сделанных из космоса, отчетливо видно, что на морском дне через трещины в земной коре поступает с больших глубин горячая магма. Она расширяет щель, увеличивает расстояние между берегами.

Дальнейшее остывание Земли приведет к прекращению тектонической деятельности и остыванию планеты под лучами Солнца. Дальнейшая эволюция планеты Земля будет зависеть от эволюции Солнца и возможности его перехода в состояние белого карлика, которое будет сопровождаться гигантским выбросом излучения, которое опалит Землю и, вероятнее всего, уничтожит многие формы жизни на Земле. Но если это и произойдет, то не раньше, чем через 500 млн. лет.

Далее мы более подробно остановимся на вопросах и проблемах зарождения и эволюции жизни на планете Земля, рассмотрим различные биологические концепции.

9. ХИМИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

9.1. Исторические аспекты становления химии

Алхимия складывалась в эпоху эллинизма на основе слияния прикладной химии египтян с греческой натурфилософией. В средневековой алхимии выделялось две тенденции. Первая – это мистифицированная алхимия, ориентированная на химические превращения и, в конечном счете, на доказательство возможности человеческими усилиями осуществлять космические превращения. Алхимики на основе весьма поверхностных представлений о химическом экспериментировании пытались получить философский камень, способствующий превращению веществ в золото и серебро, приготовить эликсир долголетия и создать универсальный растворитель. В основе их работы лежало представление о том, что исходное материальное начало, материя, хаотично, бесформенно и потенциально содержит в себе все тела, минералы и металлы. Порожденные первоматерией тела могут быть превращены друг в друга.

Вторая тенденция была больше ориентирована на конкретную практическую технохимию: открытие способов получения различных кислот, «царской водки», селитры, сплавов ртути с металлами, многих лекарственных веществ, создание химической посуды и др.

Во второй половине XVII века алхимическая традиция постепенно исчерпывает себя. В течение более чем тысячи лет алхимики исходили из уверенности в неограниченности количества превращений веществ, в том, что любое вещество можно превратить в любое другое вещество. Однако главные цели оказались недостижимыми. Все более укреплялось представление о том, что существует некоторый предел, граница взаимопревращения веществ. Этот предел определяется составом химических веществ. В XVII – XVIII вв. химия постепенно становится наукой о качественных изменениях тел, происходящих в результате изменения их состава.

Все это происходит на фоне развития технической химии: металлургия, стеклоделие, производство керамики, бумаги, спиртных напитков и открытия новых химических веществ. Начиная с XV века представление о мире химических веществ быстро расширяется. Развитие промышленности дает импульс к созданию химических производств, а это, в свою очередь, стимулирует развитие научной химии.

9.2. Специфика химического знания

Планета Земля и все ее сферы являются гигантской химической лабораторией, в которой протекает огромное количество самых разнообразных физических и химических процессов. Одно из первых определений химии как науки дал М.В. Ломоносов: «Химическая наука рассматривает свойства и изменения тел., состав тел., объясняет причину того, что с веществами при химических превращениях происходит». По Д.И. Менделееву, химия – это учение об элементах и их соединениях. Химия – это комплекс наук о веществах, их

свойствах и превращениях друг в друга. Необходимо учитывать тот факт, что химия является не просто суммой знаний о веществах, а упорядоченной, постоянно развивающейся системой знаний. Химия как наука с момента своего зарождения ставила перед собой практические цели (алхимия: получение золота, серебра, поиски универсального растворителя; получение из природных веществ цемента, стекла, бетона, красителей, лекарств, взрывчатых веществ, горюче-смазочных материалов, пластмасс, химических волокон и др.). Развитие химических знаний стимулируется необходимостью получения человеком различных веществ с необходимыми свойствами для своей жизнедеятельности. Исследование же химических и физических свойств искусственно синтезированных веществ ставит перед учеными следующую задачу – выяснить, от каких факторов зависят свойства получаемых веществ и возможно ли заранее предугадать свойства этих соединений. Таким образом, основной двуединой проблемой химии является получение веществ с заданными свойствами и выявление способов управления свойствами вещества.

Химия – это наука, главным критерием которой является подтверждаемость. Каждый химик вынужден интерпретировать природу химических веществ и реакций на основе определённой теории. Но эта теория не может быть любой, она должна подтверждаться. Например, теория флогистона (особого горючего вещества) так и не нашла подтверждения. Эту теорию опроверг Лавуазье, он доказал теоретически и эмпирически, что в процессах горения, дыхания и обжигания металлов принимает участие не флогистон, а кислород. Химическая наука имеет место лишь там, где используемый метод интерпретации подтверждается данными экспериментов. Теоретической основой классической химии выступает атомно-молекулярное учение. Теоретической же основой неклассической, современной химии является квантовая теория.

Современную картину химических знаний объясняют с позиций четырех концептуальных систем.

1. Учение о составе – исследование различных свойств веществ в зависимости от их химического состава, определяемого их элементами.

2. Структурная химия – связана с исследованием структуры, т. е. способа, характера взаимодействия составных элементов вещества. Эксперимент доказывает, что свойства полученных в результате химических реакций веществ зависят не только от элементов, но и от взаимосвязи и взаимодействия элементов в процессе реакции.

3. Учение о химических процессах – представляет собой исследование внутренних механизмов и условий протекания химических процессов.

4. Эволюционная химия – в ее основе лежит принцип самоорганизации химических систем, т. е. принцип применения химического опыта высокоорганизованной живой природы.

9.3. Учение о составе вещества и уровень структурной химии

Для определения свойств веществ необходимо установить, из каких элементов они состоят. Примерно до середины XVII века не был известен ни один химический элемент. Лишь в 1660-е годы Роберт Бойль положил начало современному представлению о химическом элементе как о «простом теле». Для получения химического элемента как «простого тела» использовался метод разложения сложных тел – прокаливание, образовавшуюся окалину рассматривали как «простое тело», или элемент. Такое ошибочное представление было связано с теорией флогистона. Эта теория послужила толчком к многочисленным исследованиям. Появились точные методы количественного анализа вещества, способствовавшие открытию истинных химических элементов, благодаря этому были открыты фосфор, кобальт, никель, водород, фтор, азот, хлор, марганец и кислород. Первую попытку систематизации открытых к тому времени химических элементов предпринял французский химик Антуан Лавуазье. В свою систему элементов он включил кислород, водород, серу, фосфор, семь известных в то время металлов, известь, магнезию, глинозем и кремнезем. Эта систематизация оказалась ошибочной и в дальнейшем была усовершенствована Д.И. Менделеевым, который исходил из принципа, что любое точное знание представляет систему. Такой подход позволил ему в 1869 году открыть периодический закон и разработать Периодическую систему химических элементов. В его системе основной характеристикой элементов является атомная масса. В соответствии с атомной массой он расположил химические элементы в систему и показал, что их свойства находятся в периодической зависимости от атомной массы. Более того, он предсказал существование неизвестных элементов, оставив для них пустые клетки в своей таблице. Это обобщение давало новые представления об элементах, но в силу того, что еще не было известно строение атома, физический смысл его был недоступен. Дальнейшее развитие науки позволило уточнить, что свойства химических элементов зависят от их атомного номера, определяемого зарядом ядра. Это означает, что не атомная масса, а именно заряд ядра обеспечивает индивидуальность химического элемента. Например, изотопы углерода ^{12}C и ^{14}C отличаются друг от друга атомной массой, но, тем не менее, они оба относятся к одному химическому элементу – углероду. В этой связи можно дать следующее определение химического элемента: это определенный вид атомов, обладающих одинаковым зарядом ядра. К настоящему времени сложилось определенное представление о структуре атома и атомного ядра и о квантово-механических свойствах составляющих их частиц.

Вопросы, связанные с химическими соединениями, длительное время не вызывали споров в среде химиков (считалось ясным, что следует относить к химическим соединениям, а что - к смесям). Еще в начале XIX века французский ученый Жозеф Пруст установил закон постоянства состава. Долгое время этот закон считался абсолютной истиной, однако впоследствии были найдены доказательства существования химических соединений переменного состава (бертоллиды - Н.С. Курнаков). К ним Н.С. Курнаков отнес соединения, состав

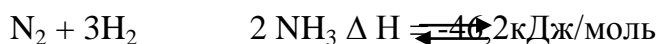
которых зависит от способа их получения, например, соединения таких двух металлов, как магний и серебро. В дальнейшем ученые пришли к выводу, что природа соединения, т. е. характер связи атомов в его молекуле, зависит от их химических связей, определяемых обменным взаимодействием валентных электронов. В связи с этим претерпело изменение и классическое определение молекулы: молекулой называют наименьшую частицу вещества, которая в состоянии определять его свойства и в то же время может существовать самостоятельно. Однако к молекулам теперь также относят также разнообразные квантово-механические системы (ионные, атомные монокристаллы, полимеры и другие макромолекулы).

В 1860 году русским химиком А.М. Бутлеровым была создана теория химического строения вещества, возник более высокий уровень развития химических знаний – структурная химия. Характер любой системы зависит не только от состава и строения элементов, но и от их взаимодействия. Именно А.М. Бутлеров заметил, что в химических соединениях большую роль играет энергия, с которой вещества связываются между собой. В настоящее время на уровне структуры молекулы понимается и пространственная, и энергетическая упорядоченность. В настоящее время под структурой подразумевают упорядоченную связь и взаимодействие между элементами системы, благодаря которой возникают новые целостные ее свойства.

9.4. Химические процессы, самоорганизация химических систем

Перед химической наукой стоит принципиальная задача – научиться управлять химическими процессами. Химический процесс представляет собой последовательную смену различных качественных состояний химической системы на пути получения вещества с заданными физико-химическими свойствами. Учение о скоростях и механизмах химических реакций называется химической кинетикой.

К условиям протекания химических процессов относятся, прежде всего, термодинамические факторы, характеризующие зависимость реакций от температуры, давления и т. д. В еще большей степени характер и особенно скорость реакций зависят от кинетических условий, которые определяются наличием катализаторов и других добавок к реагентам, а также влиянием растворителей, стенок реактора и других условий. Например, реакция получения аммиака:



Вначале аммиак не удавалось получить ни с помощью высокого давления, ни при высокой температуре, и только использование в качестве катализатора губчатого железа с добавками оксидов алюминия, калия, кальция, кремния привело к успеху. Однако эта реакция сопряжена с большими технологическими трудностями. И только в присутствии металлоорганического катализатора синтез аммиака происходит при обычной температуре и нормальном атмосферном давлении.

Большинство химических реакций имеет свойство обратимости, они не доходят до конца и заканчиваются установлением химического равновесия. Направление смещения химического равновесия при изменениях концентрации реагирующих веществ, температуры и давления (в случае газовых реакций) определяется в соответствии с принципом Ле-Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, производится какое-либо внешнее воздействие, то оно благоприятствует протеканию той из двух противоположных реакций, которая ослабляет воздействие. Поясним это на примере синтеза аммиака.

1. Если внешнее воздействие выражается в увеличении концентрации азота или водорода, то оно благоприятствует реакции, вызывающей уменьшение концентрации этих веществ, и, следовательно, равновесие сместится в сторону образования аммиака.

2. Поскольку прямая реакция протекает с выделением теплоты, повышение температуры смеси благоприятствует протеканию реакции с поглощением теплоты, и равновесие сместится в сторону исходных веществ; понижение температуры вызовет смещение равновесия в сторону продукта реакции.

3. Увеличение давления должно благоприятствовать процессу, ведущему к уменьшению числа молекул, поэтому в данном случае равновесие сместится в сторону продукта реакции. Очевидно, уменьшение давления сместит равновесие в сторону исходных веществ.

Эволюционная химия вошла в теорию и практику сравнительно недавно. Предполагается, что, используя принципы химии организмов, можно будет создать новое управление химическими процессами, а это позволит более экономично использовать имеющиеся в природе материалы и извлекать из них большую пользу. Исследования в настоящее время направлены на выяснение материального состава организмов и происходящих в них химических процессов. И.Я. Берцелиус первым установил, что основой живого является биокатализ, т. е. присутствие различных природных веществ в химической реакции, способных управлять ею, замедляя или ускоряя ее протекание. Для решения проблемы биокатализа и использования его результатов в промышленных масштабах химическая наука разработала ряд методов – изучение и использование приемов живой природы, применение отдельных ферментов для моделирования биокатализаторов, освоение механизмов живой природы, развитие исследований с целью применения принципов биокатализа в химической технологии.

В эволюционной химии также рассматривается проблема «самоорганизации» систем. Понятие «самоорганизация» означает упорядоченность существования материальных динамических, т. е. качественно изменяющихся систем. В отличие от понятия «организация», оно отражает особенности существования динамических систем, которые сопровождаются их восхождением на все более высокие уровни сложности и системной упорядоченности, или материальной организации. Тот факт, что катализ играет решающую роль в процессе перехода от химических систем к биологическим (на

предбиологической стадии эволюции), в настоящее время подтверждается многими данными и аргументами. В процессе самоорганизации предбиологических систем шел отбор необходимых элементов для появления жизни и ее функционирования. Из более 100 химических элементов, открытых к настоящему времени, только шесть элементов-органогенов: углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера, их доля в структуре органических соединений составляет 97 %. В основу живых организмов природа заложила углерод. Он способен организовывать связи с элементами, противостоящими друг другу, и удерживать их внутри себя. Углерод, по сравнению с другими химическими элементами, обладает уникальными возможностями: образует как ковалентные, так и ионные связи, которые легко активизируются, но в то же время достаточно прочны.

Работы Б.Б. Белоусова и А.М. Жаботинского по исследованию автокаталитических реакций, выполненные в шестидесятые годы XX века, стали отправным пунктом изучения процессов самоорганизации. На определенном уровне развития природы возникают автокаталитические системы. Случайно появившаяся молекула катализатора начинает управлять ходом химического процесса и воспроизводить себе подобные молекулы. Этот процесс уже носит упорядоченный характер и осуществляется под воздействием возникшей ранее информации. По причине воздействия внешних факторов могут возникнуть сбои, искажения структур, благодаря этому может возникнуть множество автокаталитических процессов, конечным продуктом которых является одно и то же вещество. Происходит конкуренция различных автокаталитических процессов, исход которой определяет скорость синтеза и энергетика. Появление автокаталитических реакций и повышение уровня информационных связей повысило скорость упорядочения материи и образования все более сложных, информационно насыщенных соединений.

Автокаталитические системы со временем становятся основой простейших самоорганизующихся биохимических систем. Появляется циклическая организация процессов. Первичная химическая реакция дает продукт, который становится исходным для последующей реакции и в то же время является катализатором для первой реакции и управляет ее развитием. С реакцией второго уровня происходит аналогичный процесс. Над первым циклом как бы надстраивается второй и управляет первым. Конечный продукт второго цикла становится исходным продуктом для третьего и т. д. Процессы, протекающие на вышележащем уровне, управляют процессами нижележащего уровня. Создается пирамида циклов, управление которыми осуществляется по принципу обратной связи. Такую структуру немецкий ученый М. Эйген назвал гиперциклом. Ученые предполагают, что этот механизм лежал в основе перехода от косной материи к примитивному самовоспроизводящемуся живому веществу, а период формирования иерархических самоуправляющихся автокаталитических циклов называют ранним этапом предбиологической эволюции вещества.

В 1969 году А.П. Руденко разработал теорию химической эволюции, в основу которой были положены идеи самоорганизации и саморазвития каталитических систем и самосовершенствования катализаторов в процессе синтеза.

10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

10.1. Исторические аспекты развития биологии

10.1.1. Античные воззрения на органический мир

Античные натурфилософы в своих трудах строили различные гипотезы, объяснявшие происхождение и развитие органического мира. В тот период времени существовало два различных подхода.

Религиозный подход исходил из того, что возникновение жизни не могло осуществиться естественным образом, а является следствием божественного акта творения, и поэтому всем существам свойственна особая, независимая от материального мира «жизненная сила», которая и направляет все жизненные процессы.

Наряду с этим подходом сложился материалистический подход, в основе которого лежало представление о том, что живое может возникнуть из неживого под влиянием естественных факторов. Например, согласно учению **Анаксимандра**, живые существа образуются из апейрона по тем же законам, что и вещи неорганической природы. Он считал, что животные родились первоначально из влаги и земли, нагретых солнцем. Первые животные были покрыты чешуей, но, достигнув зрелости, они вышли на сушу, чешуя их лопнула, и, освободившись от нее, они начали вести свойственный каждому из них образ жизни. Также он считал, что все виды животных возникли независимо друг от друга.

Согласно теории происхождения живого **Эмпедокла** жизнь началась на планете Земля задолго до того, как народилось Солнце. В тот период на Земле непрерывно шли обильные дожди, в результате которого поверхность Земли превратилась в тинообразную массу. Из недр земли периодически прорывался огонь, который поднимал вверх комья тины, принимавшей различную форму. В этом взаимодействии земли, воды, воздуха и огня создавались растения. А со временем стали появляться отдельные части и органы животных форм. Все эти органы, беспорядочно носящиеся в пространстве, соединяясь друг с другом, образовывали самые различные создания, большинство из которых было нежизнеспособным и недолговечным. Остались лишь те немногие целесообразно устроенные организмы, которые могли питаться и размножаться, поэтому сохранились до наших дней. При всей примитивности этой картины нельзя не отметить в ней рациональных представлений, предвидевших дарвиновскую идею естественного отбора.

Мировоззрение **Аристотеля** проникнуто теологизмом и отрицанием эволюционизма. Любой организм – это некое законченное целое, представляющее собой реализацию определенной формы. Он состоит из многих неоднородных частей, каждая из которых выполняет определенную функцию, необходимую для поддержания жизнедеятельности всего организма. Выполнение этой функции – это и есть цель, ради которой этот орган существует. Орган состоит из многих однородных частей. Рука – из костей, нервов, мяса и др. Эти однородные вещества

и представляют собой материю. Органический рост – это актуализация возможностей, скрытых в исходной материи.

Аристотель не только описывал мир живого, он заложил основы систематизации, группируя виды не только по сходству, но и по родству. Всех животных он подразделял на кровяных и бескровных. Кровяные: живородящие (человек, киты, четвероногие); яйцеродные (птицы, яйцекладущие четвероногие, змеи и рыбы); бескровные (мягкотелые, панцирные, моллюски, насекомые, пауки и черви). Он также выделял живых существ, которые, по его мнению, занимали промежуточное положение – это губки, медузы, асцидии.

В античности происходит постепенное накопление эмпирических биологических знаний. К представителям пифагорейской школы относится **Алкмеон Кротонский** – основоположник античной анатомии и физиологии. Он первый начал анатомировать трупы животных для научных целей.

С именем **Гиппократ** связан наиболее интенсивный период развития биологии и медицины. Он развивает идею о естественных причинах болезней, выделяя факторы среды, возраст больного, образ жизни, наследственность и др. Он считал, что нужно лечить не болезнь, а больного, поэтому все назначения должны быть строго индивидуальными. Свод Гиппократ сложился в Косской медицинской школе. Лишь некоторые из трактатов Свода могут быть приписаны самому Гиппократу, большинство из них было написано его учениками и последователями. **Герофил** - в первой половине III в. до н. э. считался величайшим греческим врачом. Выше всего он ставил наблюдение и опыт. Он занимался изучением строения и функционирования нервной системы, провел четкое разделение между артериями и венами, выяснил значение пульса, дал подробное описание анатомии глаза, других органов тела, внес существенный вклад в разработку анатомической терминологии, уделял большое внимание фармакологии.

10.1.2. Развитие биологии в эпоху Средневековья и Возрождения

Сознание средневекового человека не было ориентировано на выявление объективных закономерностей природы. Оно было ориентировано на повторение, воспроизведение и обоснование некоторых исходных абстрактных образов религиозной значимости. В области биологии Средневековье не дало новых идей. При этом многие античные достижения были либо утеряны, либо переориентированы в религиозном духе.

Особое место принадлежит XVI веку; ренессансный гуманизм, пересмотрев представление о месте человека в природе, возвысил его роль в мире. Особенности развития биологии в данный период определялись практическими потребностями развивавшегося капиталистического хозяйства, аграрного сектора, социально-классовыми потрясениями и др. Потребности медицины обусловили появление разного рода травников, создание «аптекарских садов», развивалась практика сбора гербариев.

Также в это время вырабатываются стандарты, критерии и нормы исследования органического мира. Накапливается колоссальный фактический

материал – значительную роль в этом процессе сыграли Великие географические открытия. Флора и фауна открытых стран и континентов не только расширили эмпирический базис биологии, но и поставили вопрос о систематизации многообразия растительных и животных форм. Сильнейший импульс развитию биологии был дан изобретением микроскопа **А. ван Левенгуком**, обнаружившим мир микроорганизмов.

В трудах **Р. Гука**, **Н. Грю**, **Я. Гельмонта**, **М. Мальпиги** и др. получила развитие анатомия растений, были открыты клеточный и тканевый уровни организации растений, сформулированы догадки о роли листьев и солнечного света в питании растений. **Т.Ферчайльд** в 1717 году получил первый искусственный гибрид, закладывались отдаленные перспективы генетики. **У. Альдрованди** и **В. Койтером** были заложены основы эмбриологии.

В этот период происходит формирование научной методологии, в биологии начинают использовать методы точных наук математики, физики, химии. Начинается выработка понятий, категорий, методологических установок, теоретических концепций, призванных объяснить фундаментальные характеристики живого. Прежде всего, это касалось природы индивидуального развития организма. **А. ван Левенгук**, **Г.В.Лейбниц** и др. считали, что в зародышевой клетке уже содержатся все структуры взрослого многоклеточного организма, поэтому процесс онтогенеза сводится лишь к количественному росту всех зачатков органов и тканей. **У. Гарвей**, **Р. Декарт**, пытавшиеся построить эмбриологию, изложенную и доказанную геометрическим путем, полностью отрицали любую предопределенность развития организмов и отстаивали точку зрения, в соответствии с которой развитие структур и функций организма определяется воздействием внешних факторов на несформированную зародышевую клетку.

В целом же биология в XVI – XVII вв. была в зачаточном состоянии, растительный и животный миры были исследованы поверхностно, биологические объяснения носили чисто механический характер.

10.1.3. Биология XVIII века

В XVIII веке происходит перелом в направлении систематической разработки научных методов познания и формирование предпосылки первой фундаментальной биологической теории – теории естественного отбора.

Ж. Бюффон в 36-томной «Естественной истории» одним из первых в развернутой форме изложил концепцию трансформизма (ограниченной изменчивости и происхождения видов в пределах относительно узких подразделений (от одного предка) под влиянием среды).

К. Линней в своей искусственной классификации подытожил длительный период эмпирического накопления биологических знаний. Осознавая ограниченность искусственной системы, он писал: «искусственная система служит до тех пор, пока не найдена естественная». Заслуга его состоит в том, что он подвел биологию к необходимости рассмотрения колоссального эмпирического

материала с позиций общих теоретических принципов и поставил задачу его теоретической рационализации.

К. Вольф отказался от идеи божественного творения живого и сумел подойти к научной постановке проблемы происхождения жизни. Он сделал недвусмысленный вывод о принципиальной возможности возникновения органических тел в природе путем зарождения их из неорганических веществ.

В конце XVIII века биология подходит к рубежу, который требовал перехода на качественно новый уровень организации средств познания. Переход от трансформизма к эволюционизму в биологии произошел на рубеже XVIII-XVIII вв.

10.1.4. Эволюционное учение

Эволюционное учение – наука о причинах, движущих силах и закономерностях изменения и развития живых организмов. Эволюционное учение является теоретической основой современной биологии. Эволюционная теория возникла не сразу, а прошла длительный путь становления.

Теория эволюции Ламарка. В 1809 году французский естествоиспытатель Жан-Батист Ламарк сформулировал гипотезу механизма эволюции, в основе которой лежали два принципа: стремление организмов к усложнению и самосовершенствованию; прямое влияние внешней среды и наследование признаков, приобретенных в течение жизни организма. Согласно этой теории современные виды живых существ произошли от ранее живших путем приспособления к окружающей среде. Например, жираф, доставая растущие на высоком дереве листья, вытягивал свою шею, и это вытягивание было унаследовано его потомками. Организм, с точки зрения ламаркизма, является элементарной единицей эволюции. Теория Ламарка не получила признания современников: доказательства причин изменчивости видов не были достаточно убедительными. Отводя решающую роль в эволюции прямому влиянию внешней среды, упражнению и неупражнению органов и наследованию приобретенных признаков, Ламарк не мог объяснить возникновения приспособлений, обусловленных «мертвыми» структурами (окраска скорлупы птичьих яиц – объяснить этот факт с позиций теории Ламарка невозможно). Теория Ламарка исходила из представлений о слитной наследственности, свойственной целому организму и каждой из его частей. Открытие ДНК устранило предмет спора. Заслуга Ламарка заключается в том, что он создал первую теорию эволюции органического мира, опирающуюся на факты, ввел принцип историзма как условие понимания биологических явлений и выдвинул в качестве главной причиной изменчивости видов условия внешней среды.

Теория катастроф Кювье. Идею биологической эволюции Кювье рассматривает как производную от более общей идеи развития глобальных геологических процессов. Катастрофисты приближают роль божественного «творчества» к природе, непосредственно вводят в свою концепцию представление о прямом божественном вмешательстве в ход природных процессов. Согласно этой теории, причиной вымирания живых организмов были

периодически происходившие крупные геологические катастрофы. Последователи Кювье утверждали, что катастрофы охватывали весь земной шар. После каждой катастрофы следовал новый акт творения, таких катастроф и актов творения они насчитывали 27.

Эволюционная теория Дарвина. Чарльз Дарвин в создании своей эволюционной теории опирался на колоссальный эмпирический материал. Основные положения, наталкивающие на идею эволюции органических форм, Дарвин привел в работе «Происхождение видов» (1859 г.). В 1871 году он опубликовал труд.

Суть концепции дарвинизма состоит в обусловленности эволюции естественным отбором. Согласно Дарвину, механизм, с помощью которого из предшествующих видов возникают новые виды, служит естественный отбор. Эта гипотеза основана на двух выводах: многим особям не удается выжить и оставить потомство, в популяции происходит борьба за существование; в борьбе за существование те особи, признаки которых наилучшим образом приспособлены к условиям существования, обладают «репродуктивным преимуществом» и производят больше потомков, чем менее приспособленные особи. Все многообразие живой природы является результатом процесса изменчивости, т. е. превращений организмов под влиянием внешней среды.

О механизме предполагаемого наследования приобретенных особью признаков Дарвин высказывался очень неопределенно. Действительно, если эволюция связана со случайным появлением полезных изменений и наследственной передачей приобретенных признаков потомству, то каким образом они могут сохраняться и даже усиливаться в дальнейшем? Ведь в результате скрещивания особей с полезными признаками с другими особями, которые ими не обладают, они передадут эти признаки потомству в ослабленном виде. В конце концов, в течение ряда поколений случайно возникшие полезные изменения должны постепенно ослабнуть, а затем и вовсе исчезнуть. Сам Ч. Дарвин был вынужден признать эти доводы весьма убедительными, при тогдашних представлениях о наследственности их невозможно было опровергнуть.

Вывод: главной методологической установкой классической биологии выступало представление о том, что органический мир имеет свою историю, его нынешнее состояние есть результат предшествующей исторической естественной истории. Процесс познания – это обобщение фактов в несколько этапов, уровней (наблюдение, суждение, умозаключение, принципы, теория); начинаясь с наблюдения, оно продолжается на уровне мыслительных структур. К ним относятся: описание; систематизация на основе определенных выделенных признаков объектов; классификация - выбор признаков связан с выделением существенных сторон объекта; сравнение - позволяет выявлять законы объекта путем сопоставления существенных характеристик объекта.

Таким образом, классическая биология исходила преимущественно из эмпирического обоснования знания, эксперимент еще не рассматривался как важный метод эмпирического познания органических объектов.

10.1.5. Синтетическая теория эволюции

Развитие генетики привело к новым представлениям об эволюции и созданию синтетической теории эволюции. Эта теория представляет собой синтез основных эволюционных идей Дарвина с новыми результатами биологических исследований в области наследственности и изменчивости. В современном виде эта теория сродни популяционно-генетическому подходу. Рассмотрим в сравнении дарвинизм и популяционно-генетический подход. Является ли популяционно-генетический подход всего лишь уточнением дарвинизма, или же акценты расставляются по-новому?

- Логика дарвинизма такова: особь (фенотип) – ее приспособление к среде (адаптация) – приобретение новых признаков (как вредных, так и благоприятных) – естественный отбор – наследование благоприятных признаков (генотип).

- Логика популяционно-генетического подхода: генотип – фенотип – адаптация – естественный отбор – наследование родительских геномов.

Логика этих двух подходов по интерпретации биологической эволюции разнонаправленны. Целый ряд положений дарвинизма оказывается несостоятельным:

- неверно, что наследуются приобретенные признаки, наследуется генетическое содержание родительских гамет;
- фенотип не определяет генотип, наоборот, генотип обуславливает фенотип;
- естественный отбор относится не только к фенотипическим признакам, но ко всему генотипическому материалу;
- элементарной единицей эволюции является не вид, а популяция.

Современная теория эволюции к ведущим факторам эволюции относит мутационные процессы, популяционные волны численности и изоляцию, частоту смены поколений в популяциях и др. Однако сами по себе, ни в отдельности, ни в совокупности, они не могут объяснить механизм эволюционного процесса и его движущую силу. Такая сила заключается в действии естественного отбора, который является результатом взаимодействия популяций и окружающей их среды. Современная теория эволюции раскрывает также конкретные типы механизмов естественного отбора: стабилизирующего, дезруптивного, балансирующего и др.

Существенное отличие современной теории эволюции от дарвинизма также заключается в четком разграничении областей исследования микроэволюции и макроэволюции. Эволюцию биологических единиц видового и надвидового уровней принято называть **макроэволюций**, она связана с эволюционными преобразованиями за длительный исторический промежуток времени. Эволюционные преобразования на уровне популяций выступают как **микроэволюция**. Между ними существует зависимость: микроэволюция ведет к макроэволюции.

Совершенство органического мира достигается ценой вымирания сотен миллионов видов, а сохранение вида достигается ценой гибели подавляющей доли его представителей. Эволюция жизни в целом представляет собой непрерывную последовательность процессов, каждый из которых реализовался в результате огромного числа попыток. Природа как бы пробовала очень большое количество вариантов, большая часть которых вела к тупикам. Лишь малая часть потенциальных организмов выиграла и получила в дар – жизнь.

10.2. Современные концепции происхождения, развития и сущности жизни

10.2.1. Проблема сущности и определения жизни

Имеется ряд вопросов, с разрешением которых связана проблема сущности жизни, например, каковы критерии живого?

При попытке определить сущность жизни на научном уровне возникают значительные трудности. Известно определение, данное Ф. Энгельсом: «Жизнь – это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой». И все же живая мышь и горящая свеча с физико-химической точки зрения находятся в одинаковом состоянии обмена веществ с внешней средой, равно потребляя кислород и выделяя углекислый газ, но в одном случае – в результате дыхания, в другом – в процессе горения. Этот простой пример показывает, что обмениваться веществами с окружающей средой могут и мертвые объекты. Таким образом, обмен веществ является хотя и необходимым, но не недостаточным критерием определения жизни.

Современная биология в вопросе о сущности живого идет по пути перечисления основных свойств живых организмов. При этом подчеркивается, что только совокупность данных свойств может дать представление о специфике жизни. К числу свойств живого обычно относят следующие:

- *Способность к самовоспроизведению* – основополагающий признак жизни. Причем потомство и похоже на родителей, и в то же время чем-то отличается от них. В этом проявляется действие механизмов наследственности и изменчивости, определяющих эволюцию всех видов живой природы.
- Живые организмы *передают по наследству заложенную в них информацию*, необходимую для жизни, развития и размножения. Эта информация содержится в генах – единицах наследственности, мельчайших внутриклеточных структурах. Генетический материал определяет направление развития организма, однако эта информация в процессе передачи несколько видоизменяется.
- Происходит непрерывная *самоорганизация* простых систем в сложные (например, развитие организма из оплодотворенной яйцеклетки).
- *Способность к развитию*: живые организмы не только изменяются, но и усложняются.
- Все живое *эволюционирует*, т. е. развивается путем смены поколений.

- *Высокая степень упорядоченности*, следовательно, низкая энтропия, ввиду постоянного притока энергии и информации извне, используемой на поддержание внутренней структуры.

- *Использование энергии окружающей среды* для поддержания своей высокой упорядоченности.

- Активно реагируют на окружающую среду (*раздражимость*). Если толкнуть камень, то он пассивно сдвигается с места. Если толкнуть животное, оно отреагирует активно: убежит, нападет или изменит форму. Способность реагировать на внешние раздражения – универсальное свойство всех живых существ, как растений, так и животных.

- Способность к саморегуляции в изменяющихся условиях среды (*гомеостаз*).

- Живые организмы хорошо приспособлены (*адаптация*) к среде обитания и соответствуют своему образу жизни. Строение крота, рыбы, лягушки, дождевого червя полностью соответствует условиям, в которых они живут.

Из совокупности этих признаков вытекает следующее обобщенное определение живого: **жизнь** есть форма существования сложных открытых систем, способных к самоорганизации и самовоспроизведению, вещественную основу которых составляют белки, нуклеиновые кислоты и фосфорорганические соединения.

В последнее время было установлено, что живое обладает способностью накапливать, перерабатывать и использовать полученную информацию. С кибернетической точки зрения **жизнь** представляет собой взаимодействие биосистем разного уровня сложности, находящихся в иерархическом отношении соподчинения. Это означает, что система каждого уровня включается в систему более высокого уровня в качестве ее подсистемы. При этом имеет место несводимость свойств системы более высоко уровня к свойствам систем низших уровней. Именно поэтому даже доскональное знание каких-то подсистем еще недостаточно для понимания функционирования организма (знание свойств молекул не дает возможности понять все закономерности функционирования клетки, а значит устройства и функционирования отдельных органов).

По определению В.П. Мартынова, **жизнь** – это способ существования открытых коллоидных систем, содержащих в качестве объединяющих элементов соединения типа белков, нуклеиновых кислот и фосфорорганических веществ, обладающих свойствами саморегулирования и развития на основе накопления и преобразования вещества, энергии и информации в процессе их взаимодействия с окружающей средой.

Довольно интересное определение предложил американский физик Ф. Типлер в своей книге «Физика бессмертия». «Мы не хотим, - пишет он, - привязывать определение жизни к молекуле нуклеиновой кислоты, потому что можно вообразить себе существование жизни, которая этому определению не подходит. Если к нам в космический корабль явится внеземное существо, химическую основу которого составляют не нуклеиновые кислоты, то нам все

равно захочется признать его живым». **Жизнь**, по мнению Типлера, представляет собой лишь информацию особого рода: «Я определяю жизнь как некую закодированную информацию, которая сохраняется естественным отбором». Но если это так, то жизнь-информация является вечной, бесконечной и бессмертной. И хотя с этим определением согласны далеко не все, его несомненная ценность состоит в попытке выделить из всех критериев жизни в качестве главного способность живых организмов сохранять и передавать информацию.

Наиболее полным является определение жизни, предложенное М. Волкенштейном, которое основано на системно-синергетическом подходе: **жизнь** - это форма существования макроскопических гетерогенных открытых систем, далеких от равновесия, способных к самоорганизации, саморегуляции и самовоспроизведению.

Разнокачественность неживой и живой природы не означает их полной разобщенности, между ними существуют вполне реальные переходы. Живое возникает на основе неживого, а после реализации жизненной программы возвращается в свою первоначальную обитель.

10.2.2. Химический состав живой материи

Жизнь на Земле – единственный известный пример жизни во Вселенной, пример чрезвычайной сложности, в основе которого лежит довольно простая структура.

Сложность жизни обусловлена миллиардами лет эволюции. Простота – ограниченным числом видов атомов и законов, согласно которым они могут соединяться друг с другом, образуя живую материю. Самыми важными признаками живой материи, на наш взгляд, являются способность к воспроизводству, а также способность к росту, развитию и эволюции.

Эволюция живых организмов нарушает известный принцип возрастания энтропии, состоящей в том, что беспорядок любой системы переходит от упорядоченности к беспорядку, от маловероятных состояний к более вероятным: краски выцветают, дерево гниет, звезды истощают запасы своей энергии. Однако жизнь на Земле продолжает создавать из атомов различных элементов особые молекулы: из малых молекул - большие (полимеры), из простых структур – все более сложные, из беспорядка – упорядоченность.

Молекула ДНК - это чрезвычайно упорядоченный кусочек материи, который хранит огромные запасы информации, необходимой для жизнедеятельности живых организмов. Следовательно, для поддержания жизни нужна высокая степень упорядоченности, которая увеличивается по мере того, как жизнь на Земле эволюционирует.

Большинство современных специалистов убеждено, что возникновение жизни в условиях первичной Земли является естественным результатом эволюции материи. Это убеждение основано на доказанном единстве химической основы жизни. Из чего состоит живая материя?

Известная нам органическая форма жизни сделана по рецепту, включающему в себя очень малое число компонентов. Действительно, в природе

существуют 116 химических элементов, 85 из них стабильны, но живое вещество состоит, в основном, из 27 природных химических элементов, преобладают четыре биогенных элемента: водород (H), кислород (O), углерод (C) и азот (N). В организме человека они составляют 96 % его субстрата.

Эти четыре элемента наиболее распространены во Вселенной, если не считать инертных газов гелия и неона, поэтому химический состав живого вещества больше напоминает состав звезд, чем состав планеты Земля, на которой существует известная нам форма жизни. Большое количество водорода и кислорода в живых организмах обусловлено высоким содержанием в них воды. Это вполне естественно, т. к. вода является хорошим растворителем.

Углерод и азот относительно редки в земной коре, поэтому их повышенное содержание в живых организмах тесно связано с химическими свойствами этих элементов. Благодаря уникальной способности атомов углерода образовывать сложные молекулы, он является важным для жизни элементом. Способность атомов азота и кислорода иметь несколько общих электронов с атомом углерода приводит к возникновению прочных связей, которые обеспечивают существование стабильных молекул. Атомы азота также способны образовывать стабильные молекулы газа, что помогает обмену энергией между живыми организмами и окружающей средой. Атомы кислорода легко вступают в химические реакции с другими атомами и молекулами с выделением энергии. Если к четырем вышеперечисленным химическим элементам добавить кальций (Ca) и фосфор (P), то вместе они составляют 98,6 % массы вещества в живых организмах, остальные 1,4 % приходятся на хлор, серу, натрий, магний, йод и железо, а также примеси марганца, молибдена, кремния, фтора, меди и цинка.

Практически все сухое вещество клеток составляют органические соединения, представленные четырьмя основными видами молекул: белками, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами и липидами.

Исследования живой материи показали, что различные формы жизни на молекулярном уровне состоят из большого числа простых молекул – мономеров. К мономерам относятся аминокислоты, сахара и жирные кислоты. Из мономеров образуются более крупные молекулы, имеющие вид цепочек – полимеры. Способ образования более крупных молекул полимеров из отдельных типов мономеров в конечном итоге устанавливает различие между живой материей и неживым веществом, преобладающим во Вселенной.

Чрезвычайное многообразие химических соединений достигается образованием различных полимеров из мономеров и связыванием полимеров различными способами друг с другом. Средняя молекула белка состоит из нескольких сотен мономеров – аминокислот. Причем средняя молекула белка, состоящая из ~100 аминокислот, может быть образована по крайней мере $N=20^{100}$ способами. Это число намного превышает число атомов в нашей Галактике и допускает астрономическое многообразие белков. Однако большинство живых организмов синтезирует и использует менее $N'=10^5$ типов белковых молекул, т. е. жизнь проявляет необычайную разборчивость при выборе молекул, которые она

использует.

На рисунке 15 показаны структурные формулы важнейших химических соединений, входящих в состав живого вещества. Фосфорная кислота, дезоксирибоза и четыре азотистых основания (аденин, гуанин, цитозин и тимин) входят в состав ДНК. Жирные кислоты необходимы для образования мембранных структур в клетках животных и растений.

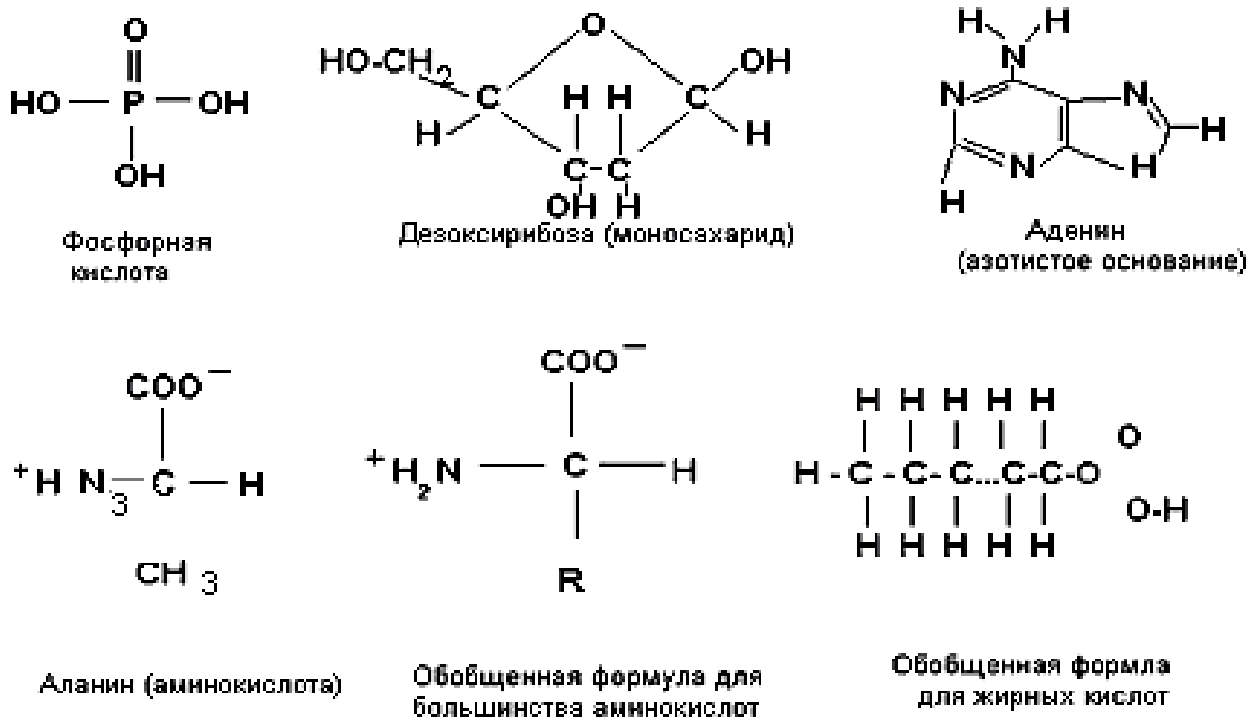


Рис. 15. Структурные формулы важнейших химических соединений, входящих в состав живого вещества

Из 20 аминокислот синтезируются белки. Во всех сложных молекулах несущими элементами структуры являются углерод, водород, кислород и азот. Действительно, все 20 основных известных аминокислот, входящих в состав белков, имеют в своем составе С, О, Н, N (см. табл. 3).

Таблица 3

Формулы некоторых аминокислот

Аминокислоты	Химическая формула	Аминокислоты	Химическая формула
1. Аланин	$C_3H_7O_2$ N	7. Изолейцин	$C_6H_{13}O_2N$
2. Аргинин	$C_6H_{14}O$ $2N_4$	8. Лейцин	$C_6H_{13}O_2N_2$
3. Аспарагиновая кислота	$C_4H_7O_4$ N	9. Метионин	$C_5H_{11}O_2NS$
4. Цистеин	$C_3H_6O_2$ NS	10. Серин	$C_3H_7O_3N$
5. Гутаминовая кислота	$C_5H_9O_4$ N	11. Треонин	$C_4H_9O_3N$
6. Глицин	$C_2H_5O_2$ N	12. Валин	$C_5H_{13}O_2N$

Самое главное свойство живых организмов, как уже отмечалось выше, – способность к воспроизведению. Несмотря на кажущееся многообразие способов воспроизведения, на молекулярном уровне во всех организмах оно протекает по одному принципу, процессом воспроизведения управляет один и тот же полимер – ДНК. Более того, молекулы ДНК и их ближайшие родственники, молекулы РНК, определяют принципы функционирования всех живых организмов. Молекулы ДНК хранят генетический код, который сообщают следующему поколению организмов, как поддерживать обмен веществ, расти и размножаться.

Многие формы жизни в процессе эволюции приобрели способность получать солнечную энергию непосредственно в результате фотосинтеза. В реакциях фотосинтеза солнечная энергия помогает превращать углекислый газ и воду в органические вещества, при этом выделяется необходимый для жизнедеятельности всех живых организмов кислород.

Уравнение фотосинтеза имеет следующий вид:



В процессе фотосинтеза:

- солнечная энергия запасается в органических молекулах (закон сохранения энергии);
- образуются новые молекулы кислорода O_2 , необходимые для живых организмов;
- уравнение фотосинтеза (*) обратимо, т. е. при обратном процессе высвобождается запасенная энергия в процессе переваривания пищи, горения (окисления) и т. п.

Таким образом, солнечная энергия обеспечивает жизнедеятельность всех живых существ на Земле.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать следующие **выводы**.

- За многообразием форм жизни на Земле скрывается их единство на молекулярном уровне. Лишь 20 аминокислот (из всех возможных типов) участвуют в синтезе белков и встречаются во всех формах жизни.

- Различные формы жизни используют один и тот же генетический код (ДНК). Организмы (на молекулярном уровне) отличаются друг от друга последовательностью расположения мономеров в структуре ДНК. Этим же определяется и многообразие живых организмов.

- Биохимическое единство жизни говорит о том, что все формы жизни на Земле возникли одинаковыми путями. Поэтому жизнь на другой планете или другой галактике может в принципе отличаться от земной, целиком и полностью определяясь условиями планеты.

В настоящее время нет ответа на вопрос, что заставляет материю подняться на такой качественный уровень сложности, когда становится возможным воспроизведение себе подобных (воспроизведение жизни). Если бы где-то во Вселенной была открыта жизнь другого типа, то тогда, вероятно, можно было бы сделать некоторые более точные выводы о происхождении жизни из неживой материи.

10.3. Концепции возникновения жизни на Земле

История развития биологических наук предстает как поиск изначальных причин существования живого. Жизнь, по современным оценкам, зародилась примерно 3,4 млрд. лет назад, т. е. спустя 1,2 млрд. после образования Земли. Таким образом, более миллиарда лет никаких форм жизни на Земле не было. Возникает вопрос: как возникла жизнь на нашей планете? Данный вопрос является одним из наиболее сложных, но в то же время интересных в современном естествознании. Основная трудность связана с невозможностью проведения прямого эксперимента по возникновению жизни.

На сегодняшний день существует несколько гипотез происхождения жизни на Земле. При этом все многообразие гипотез можно свести к двум взаимоисключающим подходам – абиогенезу и биогенезу. Однако ни одна из гипотез до сих пор не подтверждена надежным эмпирическим материалом.

10.3.1. Гипотезы биогенеза

Последователи этого подхода утверждают, что жизнь зародилась либо вне Земли, либо существовала всегда. Перечислим наиболее распространенные из них.

- **Креационизм:** жизнь есть результат творения сверхъестественного существа - Бога. Эта гипотеза является религиозной и прямого отношения к науке не имеет.

- **Теория стационарного состояния:** жизнь существовала всегда. Согласно этой концепции, Земля никогда не возникала, а существовала вечно. В настоящее время эта гипотеза отвергается целым рядом неоспоримых фактов.

- **Гипотеза панспермии:** жизнь занесена на нашу планету извне. Согласно этой гипотезе, жизнь во Вселенной переносится спорами через межзвездное пространство от планеты к планете, споры, попадая на планеты с

благоприятными условиями, начинают размножаться. Но откуда берутся эти споры? Почему они не гибнут в межзвездном пространстве, где температура близка к абсолютному нулю, не гибнут под воздействием ультрафиолетовых лучей? На эти вопросы гипотеза ответа не дает. Данная гипотеза была предложена немецким ученым Г. Рихтером в конце XIX века, ее разделяли Ю. Либих, Кельвин, Г. Гельмгольц, С. Аррениус.

Гипотеза «всегдашней оживленности» планеты Земля (В.И. Вернадский): «Жизнь представляет «буфер» между космосом и «косным» веществом Земли. «Буфер» способен использовать космическую энергию для преобразования планетарного вещества. Считая жизнь космическим явлением, В.И. Вернадский не ставил вопроса о том, как она возникла. Он считал, что источник жизни был привнесен из космоса не в молекулярном плане (не как совокупность живых молекул), а в форме постоянно действующих во Вселенной биологических полей. Функционирование этих полей таково, что живые молекулы формируются везде, где имеются для этого необходимые условия. В.И. Вернадский также не объясняет механизма проникновения живой материи из космоса на Землю, при этом, надо заметить, споры организмов не обнаружены ни в космическом пространстве, ни в метеоритах, ни в лунном грунте.

10.3.2. Гипотеза абиогенеза. Эволюционная теория

Эта теория базируется на том, что жизнь на Земле возникла в результате длительного периода эволюции материи.

Идея самоорганизации жизни в рамках физики первой половины XX века выглядела физически противоестественной. Однако идея самоорганизации оказалась вполне естественной в рамках новой физики, возникшей после 1960 г. Во-первых, оказалось, что крупные молекулы могут сами собой собираться в сложные комплексы. Данный вид самоорганизации именуют самосборкой. Часто для этого требуется чередование контрастных условий. Во-вторых, термодинамика гласит, что в определенных условиях идет не распад, а усложнение структур.

В настоящее время наиболее признанной является **гипотеза биохимической эволюции** (жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам) созданная в 1924 г. А.И. Опариным и, независимо от него, английским ученым Д. Холдейном. Согласно эволюционной теории, весь процесс развития жизни может быть разбит на две части: вначале происходит биохимическая эволюция, а затем собственно биологическая эволюция.

Хотя эволюционная концепция считается доказанной, в нем имеются нерешенные вопросы. Главная проблема – объяснение перехода от химической эволюции к биологической, т. е. объяснение перехода неживого в живое. Более подробно этапы биохимической эволюции рассматриваются далее.

10.3.3. Основные этапы биохимической эволюции

Возникновение жизни на Земле оказалось возможным лишь после образования геосферных оболочек. Каждая из геосфер содержала элементы, которые могли стимулировать химическую эволюцию в сторону живого вещества:

атмосфера была восстановительной и состояла из водорода, аммиака, метана, гидросфера – из воды и растворов соединений, литосфера – из карбидов, нитридов и др.

В сложном процессе возникновения жизни на Земле можно выделить следующие основные этапы биохимической эволюции:

- образование простых органических молекул (абиогенный синтез);
- возникновение сложных органических соединений (абиогенный синтез биополимеров);
- коацерватная стадия развития жизни;
- возникновение простейших форм живого.

Сложную химическую эволюцию происхождения жизни условно можно выразить следующим образом: атомы - простые соединения - абиогенное образование органических соединений (например, аминокислот, нуклеиновых кислот) - абиогенное образование полимерных агрегатов (коацерватных капель и микросфер).

1. Геохимическая эволюция Земли и образование простых органических молекул (абиогенез). По мнению многих биологов, на начальных этапах своей истории состояние нашей планеты было мало похоже на ее нынешнее состояние. Вследствие вращения при постепенном снижении температуры атомы тяжелых элементов перемещались в центр планеты, это привело к образованию ядра. В поверхностных слоях концентрировались атомы легких элементов (С, Н, О, N). При дальнейшем охлаждении Земли появились химические соединения: вода, метан, углекислый газ, цианистый водород, аммиак, молекулярный водород, азот.

Первичная атмосфера носила восстановительный характер (H_2 , He_2 , CH_4 , NH_3 , H_2O , CO_2 и др.). Газообразные вещества, выделившиеся в результате процессов дегазации планеты, при дальнейшем снижении температуры ниже $100^{\circ}C$ конденсировались и образовывали первичные водоемы. Из-за поглощения части воды океанической и континентальной корой глубина океана увеличивалась медленно. Вода как хороший растворитель имела в своем составе растворенные углеводороды, а также газы (цианистый водород, аммиак, метан, углекислый газ), соли и другие соединения, которые могли вступать в химические реакции. По этой гипотезе, такая смесь газов и горячей воды могла привести к образованию так называемого «первичного бульона», богатого именно теми химическими элементами, которые необходимы для синтеза жизни.

Источниками энергии химических реакций выступали солнечный свет, ультрафиолетовое излучение, электрические разряды, энергия недр Земли и др. В так называемом «первичном питательном бульоне» происходит образование простейших органических веществ.

2. Возникновение сложных органических соединений. Органические вещества, образовавшиеся на I этапе, скапливались в неглубоких местах первичных водоемов и благодаря высокой температуре, грозovým разрядам,

ультрафиолетовому излучению при взаимодействии с другими веществами усложнялись и образовывали белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты.

Возможность образования сложных органических соединений путем химической эволюции подтверждается экспериментально. Как показали эксперименты, проведенные в 1953 году американскими биологами Г.К. Юри и С. Миллером, при пропускании электрических разрядов через смесь газов (водяного пара, водород-аммиак-метановую смесь) через несколько дней после начала опытов удалось обнаружить простые углеводороды, через несколько недель - аминокислоты, сахара и жирные кислоты. Более того, в лабораторных условиях (при использовании других соотношений исходных газов и видов энергии) им удалось также синтезировать путем полимеризации из простых молекул более сложные (белки, жиры, нуклеиновые кислоты). Экспериментально также установлено, что в растворах высокомолекулярных веществ образуются так называемые коацерваты.

3. Гипотеза Опарина о коацерватной стадии развития жизни. В водах первичного океана концентрация органических веществ увеличивалась, происходили их смешивание, взаимодействие и объединение в мелкие обособленные структуры раствора. Эти обособленные в растворе органические высокомолекулярные структуры называли *коацерватами*. Основное условие образования коацерватов состоит в одновременном присутствии в растворе нескольких разноименно заряженных высокомолекулярных соединений¹⁴. Это условие имело место в водах первичного океана, поэтому там создавалось большое количество коацерватных комплексов.

Коацерваты появились в период, когда молекулы белков отграничивались от окружающей среды мембраной¹⁵. Эти структуры могли возникнуть из первичного бульона благодаря коацервации – самопроизвольному разделению водного раствора белковых полимеров на фазы с различной их концентрацией. Процесс коацервации приводил к образованию микроскопических капелек (коацерватов) с высокой концентрацией полимеров. Они отделены от среды резкой границей раздела, но способны поглощать извне вещества по типу открытых систем. Часть этих капелек поглощали из среды низкомолекулярные соединения: аминокислоты, глюкозу, примитивные катализаторы. Обладавшие метаболизмом коацерваты

¹⁴ Модель коацерватной капли может быть представлена в следующем виде. Каждая молекула имеет определенную структурную организацию, т. е. атомы, входящие в ее состав, закономерно расположены в пространстве. Вследствие этого в молекуле образуются полюсы с различными зарядами. Например, молекула воды образует диполь, кроме этого, некоторые молекулы (соли) в водной среде диссоциируют на ионы. В силу таких особенностей химической организации молекул вокруг них в воде образуются водные «рубашки» из определенным образом ориентированных молекул воды. На примере молекулы хлорида натрия можно заметить, что диполи воды, окружающие ион Na^+ , обращены к нему отрицательными полюсами, а к иону Cl^- - положительными. Органические молекулы имеют большую молекулярную массу и сложную пространственную конфигурацию, поэтому они также окружены водной оболочкой, толщина которой зависит от величины заряда молекулы, концентрации солей в растворе, температуры и др.

¹⁵ Мембраны коацерватов состоят из фосфолипидов. В воде их гидрофильные концы обращены к ней, а гидрофобные – друг к другу, т. е. молекулы гидрофобных концов выстраивались на границе между коацерватами и средой. В результате образуются двухслойные структуры, изолирующие водное содержание от внешней среды.

достигали определенных размеров, максимально допустимых в данных физических условиях, затем они распадались на более мелкие коацерваты, например, под действием волн. Кроме коацерватов, также накапливались нуклеотиды, полипептиды, катализаторы (в этом качестве могли выступить неорганические вещества – частицы ила).

Коацерваты не относят к живым системам, так как у них отсутствует самый главный признак живого - способность к самовоспроизведению и саморегуляции синтеза органических веществ. Но предпосылки возникновения живого в них уже содержались.

4. Современные концепции зарождения жизни. Возникновение простейших форм живого. Жизнь возникла тогда, когда начал действовать механизм самовоспроизведения. «Строительным материалом» для живых организмов является белок, а вся информация для «сборки» белков сосредоточена в структуре молекул ДНК. Как произошло объединение белков и нуклеиновых кислот в единую систему? Это важнейшая проблема в разгадке тайны жизни.

Одним из сложных вопросов также является вопрос – что появилось раньше: белки или нуклеиновые кислоты? Сторонники генобиоза (концепция Дж. Холдейна) считают, что первичной была не структура, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, подобная гену и способная к саморепродукции. Позиции гипотезы генобиоза стали заметно укрепляться в 1970-е годы.

К концу 80-х годов было доказано, что первыми в процесс биологической эволюции включились молекулы РНК (в первых клетках генетическая информация содержалась в РНК (генетическая функция). Однако РНК совмещает в себе и вторую функцию – каталитическую. Была установлена способность РНК к саморепродукции в отсутствие белковых ферментов, то к выполнению автокаталитической функции. Что касается возникновения первичных молекул РНК, то оно не могло произойти в ходе плавного эволюционного развития. Вероятно, имел место скачок со всеми характерными чертами самоорганизации вещества. То есть, решающее значение в происхождении жизни имела эволюция групп молекул РНК. В этом отношении особенно важную роль сыграло свойство комплементарного спаривания нуклеотидов (урацила, аденина, цитозина и гуанина). Нуклеотиды У, А, Ц, Г способны линейно связываться друг с другом, причем в произвольной последовательности. Цепочки нуклеотидов способны связываться также друг с другом посредством слабых водородных связей, при этом Г связывается с Ц, а А - с У (Г – Ц, А – У). Такое связывание позволяет одной цепочке нуклеотиды быть матрицей для синтеза другой. В результате открываются возможности для создания комплементарных структур.

Самореплицирующиеся молекулы реагируют на условия среды избирательно. В результате они образуют уникальные пространственные структуры, относительно устойчивые к влиянию среды. Поэтому возникновение живого, видимо, связано с возникновением способности к самовоспроизведению, с

переходом к матричному синтезу белка, который был качественным скачком в эволюции живого. Однако механизм такого перехода в настоящее время не ясен.

По-видимому, предбиологический отбор происходил по двум направлениям. Во-первых, в направлении способности накопления ферментов, ответственных за ускорение химических реакций. И в этом случае удвоение нуклеиновых кислот осуществлялось с участием ферментов и, естественно, намного быстрее. Во-вторых, происходил и отбор самих нуклеиновых кислот по наиболее удачному сочетанию последовательности нуклеотидов.

Самовоспроизводящиеся системы со сложившейся стабильной последовательностью нуклеотидов в нуклеиновой кислоте уже могут быть названы живыми. Когда же клетки сильно усложнились, то настал час генетически более информационных молекул ДНК. Таким образом, возникла жизнь в виде первых целостных организмов. Большинство ученых считает, что первыми примитивными живыми организмами были прокариоты (анаэробные гетеротрофы).

С появлением живых существ эволюция жизни на планете Земля изменила свой характер: возникли качественно новые явления – жизнь и смерть. Если до этого круговорот сводился к возникновению и распаду соединений углерода, то теперь его содержанием стали рождение и гибель отдельных организмов, развитие новых видов и вымирание старых.

5. Молекулярная хиральность. В лабораторных условиях не удастся непосредственно из неживого вещества сотворить живое. На этом основании иногда делают вывод о том, что жизнь не могла зародиться естественным путем. Ученым суть дела видится в другом. В лабораторных условиях трудно, если вообще возможно, восстановить условия, которые существовали на ранней эволюции Земли, т. е. более 3,7 млрд. лет назад. В науке очень часто мысленно и с помощью моделирования реконструируют события, неповторимые в современных условиях. Важно то, что эта реконструкция должна проводиться в соответствии с существующими концепциями, подтверждаемыми теми или иными экспериментальными данными.

Еще одной загадкой зарождения жизни является явление **молекулярной хиральности**¹⁶. Видимо, естественный отбор привел к хиральной чистоте белков и нуклеиновых кислот, т. е. к их несовместимости со своими зеркальными отображениями. Молекулы органических веществ обладают следующей особенностью: они поворачивают плоскость поляризации проходящего через них света влево (левая конфигурация) или вправо (правая конфигурация) – оптическая активность¹⁷. В отличие от искусственно полученных молекул, молекулы белков живого построены только из аминокислот, поляризующих свет влево, а молекулы нуклеиновых кислот состоят из сахаров, поляризующих свет влево. Любое живое

¹⁶ Хиральность – это свойство молекулы не совмещаться со своим отображением в идеальном плоском зеркале.

¹⁷ Оптической активностью вещества называется его способность поворачивать плоскость поляризации света, проходящего через раствор этого вещества. Вращение по часовой стрелке называется правым, а против – левым.

вещество также обладает свойством поворачивать плоскость поляризации проходящего через него света. Однако неживое вещество того же химического состава указанным свойством не обладает. Этот факт объясняется тем, что неживое вещество представляет собой симметричную смесь, в которой молекулы левой и правой конфигураций представлены приблизительно поровну (рацемат). В то же время живое вещество содержит молекулы только одной конфигурации – левой или правой (явление хиральности).

Хиральность аминокислот недавно объяснил кристаллограф Николай Бульёнков: поскольку молекула белка является спиралью, она должна быть целиком закручена в одну сторону, чтобы быть способной «завинчиваться» в жидкокристаллическую структуру воды. Поэтому белковые спирали могут состоять либо только из правых, либо только из левых звеньев, и природа, оказывается, выбрала левые.

По некоторым расчетам, для перехода биологических полимеров к хиральной чистоте потребовалось порядка 1 млн. лет. Несмотря на решение в последние десятилетия ряда вопросов возникновения жизни, главная проблема – качественный скачок от неживого к живому – остается нерешенной.

6. Концепция химической самоорганизации предбиологических систем М. Эйгена. Первоначально полагали, что возникновение первичной живой молекулы из неживых компонентов произошло чисто случайно. В 1929 году американский генетик Г. Меллер высказал мысль о том, что путем случайного сочетания атомных группировок, встречающихся в водах первичного океана, возникает живая молекула – ген. Однако вероятность случайного возникновения из элементарных составляющих сложной молекулы заданного образца исчезающе мала.

В настоящее время, с учетом данных молекулярной биологии, гипотеза случайного возникновения живой молекулы из неживых компонентов не может рассматриваться как серьезная. Современные подходы к решению проблемы возникновения жизни базируются на **идеях самоорганизации материи**, т. е. на синергетике.

Одна из современных концепций «химической» самоорганизации предбиологических систем была выдвинута в начале 1970-х гг. немецким микробиологом М. Эйгеном. Он рассматривает первичный «бульон» как неравновесную систему, в которой находится множество нуклеотидов и аминокислот со случайной последовательностью звеньев. Поскольку в «бульоне» одновременно происходит большое число реакций, есть вероятность образования каталитических циклов реакций. Циклическая организация реакций является более выгодной по своим термодинамическим и кинетическим характеристикам, чем цепочечная незамкнутая организация, а потому она имеет больше шансов на выживание при естественном отборе реакций. Далее возникает понятие «гиперцикла» как определенным образом упорядоченного множества элементарных циклов. Центральная идея теории Эйгена состоит в том, что происходит спонтанно возникающая конкуренция гиперциклов. По мнению

ученого, дарвиновской эволюции видов предшествовал аналогичный процесс молекулярной эволюции – отбор гиперциклов, который привел к созданию уникального аппарата клетки.

Если исходить из синергетического подхода, то, по-видимому, 3,5 млрд. лет назад Земля находилась в точке бифуркации и скачком подключилась к новому аттрактору, имя которому – жизнь.

10.4. Развитие органического мира

10.4.1. Основные этапы истории жизни на Земле

История Земли подразделяется на крупные промежутки – эры; эры - на периоды, периоды – на века. Это разделение относительное, т.к. резких разграничений между ними не было. Но все же на границе соседних эр, периодов происходили существенные геологические преобразования, горообразовательные процессы, перераспределение суши и моря, смена климата и др. Каждая эра также характеризовалась качественным своеобразием флоры и фауны.

История развития жизни на Земле подразделяется на пять эр, охватывающих в совокупности огромный временной промежуток около 4 млрд. лет. Названия эр имеют греческое происхождение:

- археозой (древнейшая жизнь);
- протерозой (первичная жизнь);
- палеозой (древняя жизнь);
- мезозой (средняя жизнь);
- кайнозой (новая жизнь).

Отложения археозойской и протерозойской эр содержат чрезвычайно мало ископаемых остатков организмов, и по этому признаку археозой и протерозой объединяют общим названием - криптозой (период скрытой жизни). По времени он составляет около 3,2 млрд. лет, т. е. 6/7 всей истории жизни. Три последующие эры, наступившие после криптозоя, рассматриваются как период явно наблюдаемой жизни. Рассмотрим краткую характеристику особенностей жизни каждой эры.

Археозой (3,8-2,6 млрд. лет назад). Первые остатки жизни прослеживаются в слоях архейской эры, образовавшихся около 4 млрд. лет назад. В породах Южной Африки, в пластах Западной Австралии обнаружены бесспорные следы жизнедеятельности организмов, имеющих возраст 3,5-3,8 млрд. лет. В отложениях с возрастом в 2,7 млрд. лет в Юж. Родезии, на территории современного государства Зимбабве найдены водорослевые известняки, биологическое происхождение которых не вызывает сомнений. В отложениях с возрастом 1,9 млрд. лет в районе озера Онтарио (Канада) найдены хорошо сохранившиеся остатки растений, напоминающих сине-зеленые водоросли. Многочисленные находки в виде окаменелостей, отпечатков и других свидетельств позволяют реконструировать процесс развития жизни.

Организмы архейской эры - это клеточные прокариоты: сине-зеленые водоросли и бактерии. Все эти организмы, видимо, жили в океане на значительных

глубинах, т.к. от губительного ультрафиолетового излучения Солнца их могла защитить только толща воды. Это были уже живые организмы с развитой системой обмена веществ и способностью к размножению. К концу археозоя появились колониальные водоросли.

Протерозой (2,6 млрд. - 570 млн. лет назад). Это огромный по продолжительности период развития жизни на Земле. В начале данной эры атмосфера Земли была еще бескислородной. Однако благодаря деятельности фотосинтезирующих бактерий (появившихся еще в архее, около 3 млрд. лет назад) к середине эры в атмосфере и гидросфере постепенно накапливается кислород. Поскольку свободный кислород оказался сильнейшим ядом для неприспособленных к нему организмов, многие их виды вымерли. Данный факт свидетельствует о том, как целостная система живых организмов вместе со средой их обитания обуславливает характер и направление эволюции отдельных видов. С этим процессом связан переход от прокариотов к эукариотам. Прокариоты – это простые выносливые организмы, обладавшие высокой вариабельностью, способностью к быстрому размножению, легко приспосабливающиеся к изменяющимся условиям среды. Когда кислородная среда стабилизировалась, понадобились организмы, которые были лучше приспособлены к новым условиям – эукариоты, т. к. нужна была генетическая стабильность.

Дальнейшая эволюция эукариотов была связана с *разделением на растительные и животные клетки*. Растительные клетки покрыты целлюлозной оболочкой, которая их защищает, но она одновременно не дает им возможности свободно перемещаться и получать пищу в процессе передвижения. В результате они совершенствуются в направлении использования фотосинтеза для накопления питательных веществ. Животные клетки имеют эластичные оболочки и потому не теряют способности к передвижению: это дает им возможность самим искать пищу. Они эволюционировали в направлении совершенствования способов передвижения и способов поглощать и выделять крупные частицы через оболочку. Сначала - крупные органические фрагменты, куски ткани, а затем поедание и переваривание целых клеток. С появлением хищников естественный отбор резко усилился.

В водах океана появляются многоклеточные зеленые и бурые водоросли, а также грибы. Во второй половине протерозойской эры жизнь становится более разнообразной - об этом свидетельствуют остатки одноклеточных и многоклеточных организмов. В отложениях возраста 800-600 млн. лет назад найдены остатки многоклеточных организмов: губок, кишечнополостных, членистоногих. Как и когда произошло разделение живого на растения и животных? До конца этот вопрос не выяснен. Возможно, первые животные произошли от общего ствола одноклеточных зеленых водорослей, способных и к фотосинтезу (как растения), и к гетеротрофному питанию (как животные). Например, эвглена зеленая: поэтому ботаники относят ее к типу водорослей, а зоологи - к типу простейших. Еще пример - кораллы, моллюски, которые всю

жизнь остаются неподвижными, но по другим своим свойствам могут быть отнесены к животным.

Примечательно, что первые животные были бесскелетными, поэтому их останки встречаются крайне редко. К концу протерозойской эры на Земле обитали все типы беспозвоночных животных.

В течение археозоя и протерозоя живые организмы произвели огромную геохимическую работу. Главным ее итогом стало накопление в атмосфере фотосинтетического кислорода и извлечение больших масс углекислоты из атмосферы. Переход к фотосинтезу потребовал много времени, он завершился примерно 1,8 млрд. лет назад и привел к важнейшим преобразованиям на Земле: возникла кислородная атмосфера, происходило формирование озонового экрана, изменился состав морской воды и др. «Кислородная атмосфера» привела к гибели многих одноклеточных анаэробных организмов, однако остальные, приспособившись к кислороду, получили огромное преимущество в способности запасать энергию.¹⁸

В результате взаимодействия бактерий с минеральными веществами на суше образовался биогенный слой - почва. Почвообразовательные процессы подготовили условия для выхода на сушу вначале растений, а потом животных.

Граница между протерозойской и палеозойской эрами отмечается огромными изменениями в составе и богатстве ископаемой фауны. После толщи верхнего протерозоя, почти лишенной следов жизни, в осадочных породах кембрия (первого периода палеозойской эры) вдруг появляется огромное разнообразие и обилие остатков ископаемых организмов. К концу кембрия прослеживаются почти все известные типы многоклеточных животных. Этот внезапный «взрыв формообразования» на границе протерозоя и палеозоя - одно из самых загадочных событий в истории жизни на Земле.

Палеозойская эра (570 - 230 млн. лет назад). Эта эра продолжалась почти 350 млн. лет и по своей длительности превосходит все последующие эры. Она подразделяется на ранний палеозой (570-350 млн. лет назад) и поздний палеозой (350-225 млн. лет назад).

К раннему палеозою относят периоды:

- кембрийский (570-500 млн. лет назад);
- ордовикский (500-440 млн. лет назад);
- силурийский (440-400 млн. лет назад);
- девонский (400-350 млн. лет назад);
- поздний палеозой составляют два периода;
- каменноугольный (карбон) (350-290 млн. лет назад);
- пермский (290-230 млн. лет назад).

К началу палеозойской эры жизнь на Земле «прошла» самую трудную часть своего пути. Уже сформировались два царства - растений и животных. В начале эры жизнь была сосредоточена в водах океана, где обитали разнообразные

¹⁸ Аэробные клетки выделяют энергии в 10 раз больше, чем анаэробные.

водоросли и все типы беспозвоночных животных. Возникновение типа хордовых (позвоночных) произошло 500 млн. лет назад, в конце *кембрийского периода*. Они, по-видимому, возникли в мелководных пресных водоемах, и уже затем эти пресноводные формы завоевывают моря и океаны. Первые позвоночные – мелкие, приблизительно десятисантиметровые существа, бесчелюстные рыбообразные, покрытые чешуей. Дальнейшая эволюция позвоночных шла в направлении образования челюстных рыбообразных.

В *девоне* возникают двоякодышащие рыбы. Некоторые пресноводные двоякодышащие рыбы, очевидно, дали жизнь сначала первичным земноводным, а затем и сухопутным позвоночным. Таким образом, первые амфибии и насекомые появляются в девоне.

В *силурийский период* происходит важнейшее событие в эволюции – массовый выход на сушу растений, а затем и животных. Для самой возможности заселения жизнью суши необходимым условием являлось образование большого количества кислорода, превращающегося в верхних слоях атмосферы в озон, слой которого защитил поверхность Земли от жесткого ультрафиолетового излучения. Только после этого жизнь могла выйти на сушу. Переход к жизни в воздушной среде требовал многих изменений и соответствующих приспособлений.

Первые растения вышли на сушу 440 - 410 млн. лет назад. Переселившись на сушу, они получали главное эволюционное преимущество: фотосинтез становился более совершенным. Проблема высыхания решалась посредством формирования водопроницаемой внешней оболочки, а перестройка системы питания из почвы требовала развития корневой системы и системы транспортировки питательных веществ и воды по организму. Корни способствовали также укреплению опоры. Первые наземные растения – псилофиты, произошедшие от зеленых водорослей¹⁹. Именно они в конце силура покрывали сплошным зеленым ковром прибрежные участки суши.

В *конце силура* на сушу вышли первые животные - пауки и скорпионы. Выход позвоночных произошел в позднедевонскую эпоху, через 50 млн. лет после выхода растений. Активное завоевание суши позвоночными началось в карбоне. Первые полностью приспособившиеся к жизни на суше позвоночные – это рептилии. Их яйца были покрыты твердой скорлупой, не боялись высыхания, были снабжены пищей и кислородом для эмбриона. Первые рептилии были небольшими животными, напоминающими ныне живущих ящериц.

В течение позднего палеозоя происходит завоевание суши растениями и животными. Этому способствовало сокращение морских бассейнов в связи с

¹⁹ В водоемах водоросли поглощают воду и растворенные в ней минеральные вещества всей своей поверхностью, а выросты, напоминающие корни, служат лишь органами прикрепления. Вне водоема становится необходимым расчленение тела на отдельные органы, выполняющие определенные функции. В этих условиях растения могут черпать влагу и минеральные вещества только из почвы, а для этого необходима сосудистая система. Для «доставания» питательных веществ из почвы нужна корневая система. Необходимость поддержания растения в воздушной среде ведет к формированию стебля. Псилофиты уже имели сосудистую систему и первые, еще слабо дифференцированные, ткани; корни и листья у них отсутствовали.

горообразованием и поднятием суши. Появляются первые голосеменные и хвойные растения, которые распространяются вглубь материков.

Мезозойская эра (230-67 млн. лет назад). Эта эра состоит из трех периодов:

- триасовый (225 - 190 млн. лет назад);
- юрский (190 - 136 млн. лет назад);
- меловой (136 - 66 млн. лет назад).

Характерной особенностью мезозойской эры является огромное разнообразие пресмыкающихся, заселивших сушу, моря и воздух: появились ящерицы, крокодилы, черепахи, змеи, динозавры (этап бурного развития пресмыкающихся.) Они освоили и сушу, и воздух. От пресмыкающихся произошли птицы и млекопитающие (найлены отпечатки животных, совмещающих признаки птиц и пресмыкающихся). Первые млекопитающие появились в триасовый период, первые птицы - в юрский период. В конце мезозоя происходят разные изменения живой природы. На суше вымирают все динозавры, летающие ящеры, многие водные пресмыкающиеся. Общепринятого и окончательного объяснения этого процесса нет. Продолжавшееся около 150 млн. лет господство динозавров сменилось выдвиганием на первый план млекопитающих. Произошла очередная крупная перестройка биосферы. В меловом периоде появляются покрытосеменные растения. Некоторые формы цветковых мелового периода (тополя, ивы, дубы, эвкалипты, пальмы, магнолии) существуют по настоящее время.

Кайнозойская эра. Эта эра началась около 67 млн. лет назад. Она подразделяется на три периода:

- палеоген (67-27 млн. лет);
- неоген (27 - 3 млн. лет);
- антропоген (четвертичный) период (начался 3 млн. лет назад и продолжался до нашего времени).

Кайнозой - эра расцвета цветковых растений, насекомых, птиц, млекопитающих.

В течение кайнозойской эры материки, океаны и рельеф земной поверхности приобрели современный вид. Изменения в распределении суши и моря привели к климатическим изменениям, что отразилось на характере растительного и животного мира. В первой половине палеогена климат был теплым и влажным. На юге широко были распространены теплолюбивые растения тропического и субтропического типа: бамбук, виноград, лавр, пальмы, магнолии. Вся Европа была покрыта лесами, состоящими из дуба, березы, сосны, каштана и др. На севере преобладали хвойные. Во второй половине палеогена в связи с похолоданием и наступлением засушливого климата происходит сокращение площадей лесов и появление обширных степей и саванн. Это привело к распространению злаковых растений. Злаки стали идеальной пищей для млекопитающих, развитие которых в кайнозое идет бурными темпами. В палеогене млекопитающие начинают завоевывать море (китообразные, ластоногие). К концу неогена встречаются уже все современные семейства

млекопитающих, в том числе предки человекообразных обезьян и людей. Флора приобретает современный вид.

Четвертичный период продолжается около 3 млн. лет. В конце этого периода вымерли мастодонты, мамонты, саблезубые тигры, гигантские ленивцы, большерогие торфяные олени. Данный период проходил при участии и влиянии человека. Это в значительной степени определило видовой состав и современное распространение органического мира.

Приведенная картина биологической эволюции в основном вполне достоверна, документирована археологическими и палеонтологическими находками.

10.4.2. Эволюция и многообразие форм жизни на Земле

Развитие биосферы предстает как чередование этапов эволюции, прерываемых скачкообразными переходами в качественно новые состояния. В целом при этом образуются все более сложные и упорядоченные формы живого вещества. Биологическая эволюция продолжается на Земле более 3 млрд. лет. С момента возникновения первых примитивных клеточных организмов, благодаря генетическим мутациям и естественному отбору, появилось бесчисленное множество форм живых организмов. В таблице 4 приведена эволюция основных форм жизни на Земле.

Таблица 4

Эволюция форм живого

Периоды развития жизни	T, лет	Виды живого
1.Образование Земли	≈ 4,6 млрд. лет	-
2.Появление жизни (ранние формы)	≈ 3,4 млрд. лет	Простейшие клетки, бактерии, сине-зеленые водоросли – прокариоты
3.Переход от прокариот к эукариотам	≈ 2 – 2,5 млрд. лет	Эукариоты
4.Многочелюстные растения и крупные живые организмы	≈ 600 млн. лет	Рост крупных сплошных организмов - трилобитов, рептилии, динозавры
5.Млекопитающие	≈ 200 млн. лет	Мелкие грызуны типа мышей
6.Гоминиды	≈ 3 млн. лет	Человекообразные обезьяны

Эволюция одноклеточных организмов. Первые простейшие организмы, появившиеся на Земле более 3,4 млрд. лет назад - бактерии и сине-зеленые водоросли, они были прокариотами (безъядерными) одноклеточными существами и отличались простотой строения и функций. Прокариоты состоят из клеток, лишенных оформленного ядра, но обладают молекулами ДНК и РНК, управляющими их функциями и воспроизведением.

Эволюция простейших одноклеточных организмов происходила неравномерно и сопровождалась качественными скачками (ароморфозами). Первый такой скачок произошел 2,5 млрд. лет назад. Когда атмосфера Земли обогатилась кислородом, развились организмы, способные использовать кислород как источник энергии – эукариоты. В отличие от прокариот (наследственное вещество распределено диффузно по всей клетке), у эукариот носители наследственной информации ДНК были локализованы в хромосомах ядра.

Еще одно различие между прокариотами и эукариотами состоит в том, что первые могут жить как в бескислородной среде, так и в среде с разным содержанием кислорода, в то время как для эукариотов кислород обязателен. В отличие от прокариот, энергетический обмен которых основан на анаэробном брожении, для эукариот центральным механизмом обмена является дыхание.

Первоначально эукариоты имели одноклеточное строение. Из них в дальнейшем развиваются многоклеточные организмы. Переходной стадией была колониальность (клетки делятся, но не расходятся), где происходила специализация клеток: они подразделялись на генеративные (служащие для размножения) и соматические (осуществляющие функции питания и движения). Далее происходит специализация функций на тканевом, органном и системно-органном уровнях. Важной стадией в эволюции эукариот явилась дифференциация их внутреннего строения. Клетки эукариот содержат также органеллы - многоклеточные образования, которые могут выполнять специальные функции. Возросшая специализация функций в пределах эукариотической клетки привела к развитию живых систем, состоящих из многих триллионов клеток. Эти клетки образуют отдельные органы и выполняют частные функции, полезные для организма в целом. Совершенствование взаимодействия между клетками осуществляется вначале контактным способом, а затем - с помощью нервной и эндокринной систем. Это обеспечивает функционирование многоклеточного организма как единого целого со сложным взаимодействием его частей и адекватным реагированием на окружающую среду.

Эволюция растительного мира. Образование царства растений и царства животных, завоевание ими суши рассмотрены ранее.

В *девоне* были распространены споровые растения: хвощи, плауны и папоротникообразные. Однако отрыв этих растений от воды еще не был окончательным, так как для их размножения требовалась водная среда в качестве переносчика спор.

В *карбоне* появился новый путь размножения - семенами (оболочка предохраняла растения от внешних воздействий, пересыхания и освободила от необходимости водной среды). В условиях теплого и влажного климата были широко распространены плаунообразные, достигавшие в высоту более 30 м. К середине *пермского периода* климат стал засушливее, что отразилось на составе флоры: исчезли гигантские папоротники, древовидные плауны, уступив место хвойным растениям. Начавшееся в пермский период «наступление» голосеменных растений привело к их господству в мезозойскую эру. Возможность размножения

семенами позволила им оторваться от побережий и занять обширные сухопутные территории.

В *меловой период* мезозойской эры появились покрытосеменные. Их первые представители представляли собой кустарники или низкорослые деревья с мелкими листьями. В течение короткого периода цветковые достигли огромного разнообразия форм со значительными размерами и крупными листьями. Основные преимущества цветковых над голосеменными - опыление насекомыми и внутреннее оплодотворение - обеспечили их расцвет в кайнозое. В настоящее время число видов покрытосеменных составляет около 250 тыс., т. е. почти половину известных видов растений.

Пути эволюции животных. Самые ранние следы животных обнаруживаются в конце докембрия – 700 млн. лет назад. Начало палеозоя отмечено образованием многих типов животных, из которых примерно треть существует в настоящее время.

В *кембрии* происходит изменение химического состава вод океана: увеличивается смыв солей из суши, возрастает концентрация кальция и магния в морской воде. В результате морские животные получили возможность усваивать в больших количествах минеральные соли, что открыло перед ними возможности для построения жесткого скелета. В геологических отложениях *ордовика* впервые обнаружены останки животных, имевших внутренний скелет.

В *силурийский период* появляются первые позвоночные - панцирные рыбы. Внутренний скелет этих рыб был хрящевым, а снаружи тело покрывал костный панцирь, состоящий из щитков. Из-за малоподвижного образа жизни панцирные рыбы оказались неспособными к дальнейшему развитию.

В *девонский период* большого расцвета достигли рыбы - потомки панцирных рыб. Среди них были хрящевые, а также появились рыбы с костным скелетом, кистеперые и лучеперые, которые отличались друг от друга строением плавников. У кистеперых рыб были короткие мясистые плавники, при помощи которых они могли не только плавать, но и передвигаться по высыхающим озерам в поисках воды и пищи. В условиях обмелевших водоемов они приобрели способность дышать воздухом: для дыхания им служил плавательный пузырь с сильно разветвленными кровеносными сосудами. Постепенно парные плавники превратились в пятипалую конечность, а плавательный пузырь, разрастаясь, превратился в легкие.

В *позднедевонскую* эпоху, приблизительно через 50 млн. лет после появления псилофитов, по земле стали распространяться потомки кистеперых рыб. Новый способ передвижения позволил им на некоторое время удаляться от воды, в результате чего сформировались существа с новым образом жизни – земноводные. Однако из-за особенностей своего размножения земноводные навсегда остались связанными со своей колыбелью - водной средой - и поэтому не могли завоевать сушу.

Хозяевами суши примерно через 50 млн. лет после выхода на сушу земноводных стали пресмыкающиеся. У них нет стадий развития, связанных с

водой: их размножение происходит на основе откладывания яиц, имеющих специальную прослойку из жидкости, которая предохраняет зародыши от высыхания; также они снабжены защищающим их роговым покровом тела; обособленный шейный позвонок позволяет им свободно двигать головой и быстрее реагировать на внешние события. Эти особенности пресмыкающихся по сравнению с земноводными дали им преимущества, которые обеспечили им выживание в условиях наступления засушливого климата в пермский период. Пресмыкающиеся могли далеко удаляться от водных бассейнов и широко распространились по земной суше.

В *мезозое* господствующее положение занимают насекомые и пресмыкающиеся. Они освоили все три среды - сушу, море и воздух. Подлинными хозяевами Земли в течение 150 млн. лет стали динозавры, не имевшие конкурентов и быстро распространившиеся по всему земному шару. В *конце триаса* появилась водная форма пресмыкающихся - ихтиозавры.

Постепенно идет и завоевывание воздушной среды. В *юрский период мезозоя* появляются летающие ящеры (птеродактили) и археоптериксы. Некоторые из них имели размах крыльев почти 20 м. В этот же периоде от одной из ветвей рептилий возникают птицы. В конце мезозойской эры на Земле происходят горообразовательные процессы: возникают Альпы, Анды, Гималаи. Наступает похолодание, сокращается ареал растительности. Происходит массовое вымирание динозавров. В условиях похолодания исключительные преимущества получают теплокровные животные.

В *триасе* развивается ветвь, приведшая несколько позже, через терапсид, к возникновению млекопитающих - небольших по размеру теплокровных животных с шерстным покровом. В течение мезозоя они были на периферии основной линии развития животного мира, но уже в начале *кайнозойской эры* заняли господствующее положение, приспособившись к изменившимся условиям жизни. Выделяют их следующие прогрессивные адаптации: вскармливание потомства молоком, более развитый мозг и связанная с этим большая активность, теплокровность. В *палеогене* появляются первые хищные млекопитающие. В это же время некоторые млекопитающие «уходят» в море – появляются китообразные, ластоногие и др.

В *кайнозое* появляются приматы и формируются те важнейшие тенденции, которые привели к возникновению человека.

Приведенный выше краткий обзор развития жизни на Земле позволяет сделать следующие выводы.

- Примерно 600 млн. лет назад произошло резкое увеличение разнообразия, размеров и распространенности растений и животных. В этот период произошло развитие крупных наземных растений и всего многообразия животных. Млекопитающие появились ≈ 200 млн. лет назад, человекообразные предки гоминиды – ≈ 3 млн. лет назад. Таким образом, более 80 % истории жизни на Земле ее населяли прокариоты и эукариоты, по своей сложности не отличающиеся от медуз.

- Начиная с древнейших времен и до настоящего времени происходило увеличение разнообразия живых существ и усложнение их организации.
- Жизнь, вероятнее всего, возникла в воде, но, по-видимому, нуждается в суше для развития сложных форм, обладающих разумом.
- Многообразие живых организмов является основой организации устойчивости биосферы. Биосфера – широкое понятие, включающее в себя все известные на Земле формы жизни (от растений до человека).

10.5. Основные структурные уровни организации живого

Мир живого чрезвычайно многообразен. На основе критерия масштабности можно выделить следующие уровни организации живого: биосферный, уровень биогеоценозов, популяционно-видовой, организменный и органно-тканевый, молекулярно-генетический.

Рассмотрим краткую характеристику этих структурных уровней.

- **Биосферный уровень** – самый высокий уровень организации жизни на Земле. Включает всю совокупность живых организмов Земли вместе с окружающей их природной средой. На этом уровне решаются глобальные экологические проблемы: изменение концентрации углекислого газа в атмосфере, появление озоновых дыр.

Масштабы результатов, продуктов деятельности живых организмов огромны: тысячеметровые толщи известняка, залежи каменного угля, мощные биогенные породы и др. Именно они определили состав атмосферы, осадочных пород, почвы, гидросферы. Благодаря деятельности растений биосфера стала аккумулятором солнечной энергии.

Между неорганической и органической материей на Земле существует постоянный круговорот вещества и энергии, в котором проявляется *закон сохранения массы и энергии*: каждое живое существо благодаря цепям питания после окончания жизненного цикла возвращает природе все, что взяло от нее в течение жизни. Именно круговорот вещества и энергии обеспечивает продолжительность существования жизни, потому что иначе на Земле запасы необходимых элементов были бы очень быстро исчерпаны. Рассматривая биосферу Земли как единую экологическую систему, можно убедиться, что живое вещество Земли существенно не уменьшается и не увеличивается в массе, а только переходит из одного состояния в другое.

- **Уровень биогеоценозов.** Биогеоценоз – взаимообусловленный единый природный комплекс живых и абиотических компонентов, связанных между собой обменом веществ и энергией. Структура биогеоценоза меняется в ходе эволюции видов.

Виды в биогеоценозе действуют друг на друга не только по принципу прямой и обратной связи. Выпадение одного компонента биогеоценоза может привести к разрушению его целостности, что часто ведет к необратимому нарушению равновесия и гибели биогеоценоза как системы. В целом жизнь биогеоценоза регулируется силами, действующими внутри самой системы

(свойство саморегуляции). В то же время биогеоценоз – незамкнутая, открытая система. Между соседними биогеоценозами обмен веществ и энергии осуществляется в разных формах: газообразной, жидкой и твердой, а также в форме миграции животных.

Биогеоценоз - уравновешенная, взаимосвязанная во времени система, которая является результатом длительной и глубокой адаптации составных компонентов. Устойчивость его пропорциональна многообразию его компонентов: чем многообразнее биогеоценоз, тем он устойчивее во времени и пространстве²⁰.

Абиотическими компонентами биогеоценозов являются атмосфера, солнечная энергия, почва, вода. Первичной биотической основой для сложения биогеоценозов служат автотрофы - зеленые растения и микроорганизмы, производящие органическое вещество. Автотрофные растения и микроорганизмы представляют жизненную среду для гетеротрофов - животных, грибов, бактерий, вирусов. Поэтому и границы биогеоценозов чаще всего совпадают с границами растительных сообществ. Животные также играют важную роль в жизни растений: осуществляют опыление, распространение плодов, участвуют в круговороте веществ. Так складывается биогеоценоз, который может существовать веками.

▪ **Популяционно-видовой уровень.** Этот уровень образуют свободно скрещивающиеся между собой особи одного и того же вида, и возникает он, когда происходит объединение особей в популяции, а популяций - в виды.

Популяция - это совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию, более или менее изолированную от соседних совокупностей того же вида. Целостность данного уровня обеспечивается взаимодействием особей в популяциях и воссоздается через обмен генетическим материалом в процессе полового размножения. Популяция выступает как последовательная смена поколений, способна поддерживать жизнь вопреки судьбе отдельной особи, поэтому она является элементарной частицей биологической эволюции.

Виды - это системы популяций. Виды, как и популяции, являясь на индивидуальными образованиями, способны к длительному существованию и к самостоятельному эволюционному развитию. На этом уровне особую роль играет свободное скрещивание между особями внутри популяции и вида. Виды являются наименьшими генетически закрытыми системами, поскольку скрещивание особей разных видов в природе в подавляющем большинстве случаев не ведет к появлению плодovитого потомства.

▪ **Организменный уровень** связан с жизнедеятельностью отдельных биологических особей, индивидуумов. Они являются неделимой и целостной единицей жизни на Земле. В многообразной земной органической жизни особи имеют различное морфологическое содержание (одноклеточные и

²⁰ Например, биогеоценозы, представленные тропическими лесами, гораздо устойчивее биогеоценозов в зоне умеренного или арктического поясов, так как они состоят из гораздо большего множества видов растений и животных, чем умеренные и, тем более, арктические биогеоценозы.

многоклеточные). Но и одноклеточная, и многоклеточная особи обладают системной организацией и выступают как единое целое.

Характеристика особи не может быть исчерпана рассмотрением физико-химических свойств макромолекул, входящих в ее состав. Разделить особь на части без потери ее «индивидуальности» невозможно. Это позволяет выделить онтогенетический уровень как особый уровень организации жизни. На данном уровне единицей жизни служит особь.

Развитие особи как последовательности морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от момента зачатия до смерти, составляет содержание процесса онтогенеза. Онтогенез - это процесс реализации наследственной информации, закодированной в ДНК, а также проверки согласованности и работы управляющих систем во времени и пространстве, приспособления особи к среде и др. Элементарными структурами на онтогенетическом уровне организации жизни служат клетки, а элементарными явлениями - процессы, связанные с их дифференциацией.

Причины развития организма в онтогенезе являются предметом изучения эмбриологии, биохимии, генетики. Изучаются процессы и явления, происходящие в особи, согласованное функционирование ее органов и систем, механизм их работы, их роль в жизнедеятельности организма, взаимоотношение органов, приспособительные изменения и т. п. Пока не создана общая теория онтогенеза, не ясны все причины и факторы, определяющие строгую организованность этого процесса. Имеющиеся результаты позволяют понять только отдельные процессы, обеспечивающие индивидуальное развитие организма. Вместе с тем до сих пор не известно, почему в онтогенезе строго определенные процессы происходят в должное время и в должном месте. Одной из важнейших проблем современной биологии является выявление закономерностей регуляции внутриклеточных процессов, функций клетки и механизма включения генов в процессе клеточной дифференцировки, ведь в процессе развития каждой клетки в ней работают только те гены, функция которых необходима для развития данной ткани (органа).

▪ **Молекулярно-генетический** уровень. Знание закономерностей данного уровня является необходимостью для понимания жизненных явлений, происходящих на всех остальных уровнях организации жизни. На этом уровне организации жизни элементарные единицы представляют гены. В XX веке развитие хромосомной теории наследственности, анализ мутационного процесса, изучение строения хромосом, развитие молекулярной биологии, биохимии позволили раскрыть основные черты организации элементарных генетических структур и связанных с ними явлений (подробнее - в теме «Концепции генетики»).

11. КОНЦЕПЦИИ ГЕНЕТИКИ

11.1. Возникновение и развитие генетики

Основоположником генетики считается австрийский монах Грегор Мендель. Им были открыты три основных закона генетики. Открытия Г. Менделя опередили свое время. Результаты исследований Менделя, опубликованные в 1865 году, остались незамеченными и были переоткрыты в 1900 году независимо сразу тремя учеными – Гуго де Фризом, Эрихом Чермаком, Карлом Корренсоном. В дальнейшем американский биолог Томас Морган создал хромосомную теорию наследственности, в соответствии с которой каждому биологическому виду присуще свое строго, определенное число хромосом.

В 1927 американский биолог Герман Меллер установил, что генотип организмов может изменяться под воздействием различных факторов. Следующим важным этапом в развитии генетики стало открытие роли ДНК в хранении и передаче наследственной информации. Это было выяснено после того, как в 1944 году группе американских микробиологов удалось доказать, что выделенная из пневмококков свободная ДНК обладает свойством передавать генетическую информацию.

В 1953 году американским ученым Джеймсом Уотсоном и английским ученым Френсисом Криком была предложена и экспериментально подтверждена гипотеза о строении молекулы ДНК. Они предложили модель молекулярной структуры и механизм ее репликации. Дальнейшими исследованиями была установлена зависимость синтеза белков от ДНК.

В 1954 году Г. Гамов поставил и в значительной степени разрешил задачу по расшифровке генетического кода, вслед за этим последовал целый ряд открытий в области генетики.

11.2. Структура молекулы ДНК. Химия наследственности

По современным представлениям, все живые организмы состоят из клеток, организация и функционирование которых определяется в первую очередь биохимическими свойствами нуклеиновых кислот.

Структурная формула ДНК состоит из дезоксирибонуклеотидов, каждый из которых включает дезоксирибозу, остаток фосфорной кислоты и одно из четырех азотистых оснований: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г), цитозин (Ц) (рис 16). Формула РНК очень похожа на ДНК: фосфатный остаток + рибоза + азотистые основания (вместо тимина - урацил).

Атом углерода в 5'- положении одного пентозного кольца соединен с атомом в 3'- положении пентозного кольца через фосфатный остаток. По договоренности 5'- конец полинуклеотида цепи пишут слева, а 3'- конец справа. В двухцепочечной ДНК последовательность соединения дезоксирибонуклеотидов одной цепи противоположна таковой в другой, т. е. цепи, составляющие одну молекулу ДНК антипараллельны (рис. 17). Это означает, что для процессов

биомолекулярного синтеза характерна определенная направленность. Как правило, новые дезоксирибонуклеотиды присоединяются к 3'-концу цепи ДНК.

Содержание в ДНК четырех азотистых оснований (А, Т, G, С) может быть различным, но при этом всегда количество G пропорционально С, а количество А пропорционально Т (принцип комплементарности).

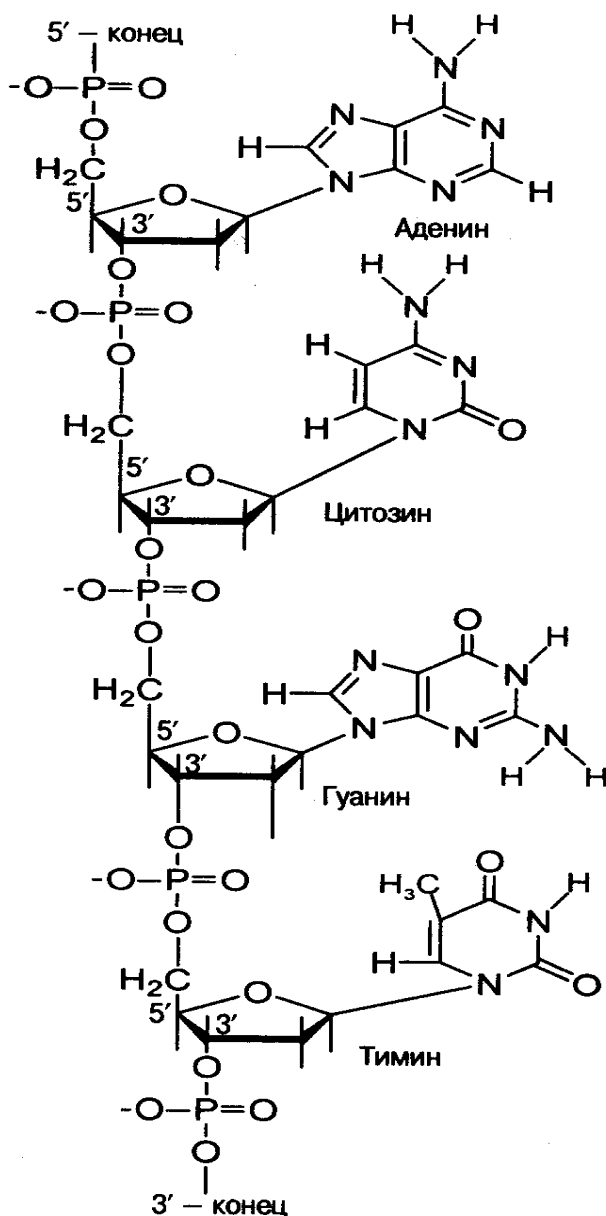


Рис. 16. Одна нить ДНК

Молекула ДНК состоит из двух правозакрученных вокруг общей оси спиралей. Пары азотистых оснований расположены перпендикулярно длинной оси. Они «упрятаны» внутрь ДНК и не контактируют с водой. Вода взаимодействует с гидрофильными сахарными и фосфатными остатками. Порядок расположения нуклеотидов в молекулах ДНК (генетическая программа) определяет порядок расположения аминокислот в первичных структурах белков.

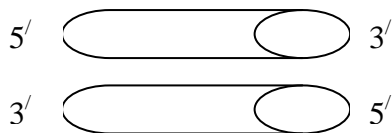


Рис. 17. Антипараллельное взаиморасположение нитей молекулы ДНК

11.3. Концепция генетического кода Г. Гамова

Каким образом осуществляется передача информации от ДНК к морфологическим структурам (белкам)? Кардинальная идея была выдвинута физиком Георгием Гамовым. Он в 1954 году разработал концепцию генетического кода. Жизнедеятельность клетки определяется набором в ней белков, которые состоят из 20 аминокислот. Каким же образом четырехбуквенная запись структуры ДНК может быть переведена в 20-буквенный текст белков?

Он предположил, что с белками сопоставляются триплеты нуклеотидов, кодоны, т. е. каждому из 20 аминокислотных остатков необходимо сопоставить кодон. Если бы кодон состоял из 2, 3 или 4 нуклеотидов, то их общее число выражалось бы соответственно числами $4^2=16$, $4^3=64$, $4^4=256$. Однако вариант с 16-дуплетными кодонами оставляет без кодификации 4 аминокислотных остатка. Вариант с 256 кодонами для 20 аминокислотных остатков для экономной природы излишне расточителен. Остается вариант с 64 триплетными кодонами.

Идея Гамова такова: для кодирования одной аминокислоты требуется сочетание трех нуклеотидов ДНК (кодон). Существует $4^3=64$ триплетных кодона. Например, аминокислоту аланин кодируют триплеты GCA, GCC, GCG, GCU. Из 64 кодонов 61 – кодирующие, а 3 являются стоп-кодонами, они кодируют остановку синтеза пептидной цепи (UAA, UAG, UGA).

Гипотеза Гамова была подтверждена экспериментальными данными через семь лет с момента ее выдвижения, тем самым был раскрыт механизм считки генетической информации.

Генетический код обладает тремя особенностями:

- последовательность трех нуклеотидов определяет одну аминокислоту;
- код универсален для всего живого мира (одна и та же аминокислота кодируется той же самой последовательностью нуклеотидов ДНК в любом организме), это означает, что весь живой мир «разговаривает» на одном языке;
- для 18 из 20 аминокислот код вырожден, одну и ту же аминокислоту кодируют от 2 до 6 триплетов. Эта избыточность кода имеет большое значение для повышения надежности передачи наследственной информации.

11.4. Генные механизмы

Несмотря на кажущееся многообразие способов воспроизведения жизни, воспроизводство на молекулярном уровне протекает у всех организмов по одному принципу. И управляют им молекулы ДНК. Именно они сообщают следующему поколению организмов, как поддерживать обмен веществ, как расти, развиваться.

Молекулы ДНК – это тот набор, с которого «печатается» организм в «типографии» Вселенной.

Основными генетическими механизмами являются репликация, транскрипция, трансляция, репарация ДНК.

Репликация ДНК – процесс образования дочерних молекул ДНК, подобных материнским. ДНК является первоосновой современных организмов, информация о ее удвоении заключена в ней самой. Процесс репликации начинается с расщепления ДНК под воздействием ферментов. В результате частичного расщепления ДНК образуется репликативная вилка. Затем из дезоксирибонуклеотидов, свободно плавающих в клетке, вдоль каждой цепи формируется еще одна цепь ДНК согласно принципу комплементарности, т. е. каждая из цепей репликативной вилки выступает в качестве матрицы. Каждая из двух дочерних молекул обязательно включает в себя одну старую полинуклеотидную цепь и одну новую.

Аналогичное расхождение противоположных цепочек ДНК происходит и в том случае, когда необходимо синтезировать и РНК (она выступает матрицей для последующей сборки из аминокислот какого-либо белка). Этот процесс называется **транскрипцией**, т. е. это процесс «перезаписи» информации о нуклеотидной последовательности ДНК на уровень РНК. Процесс транскрипции может осуществляться лишь при наличии необходимых молекул: ДНК, рибонуклеозидтрифосфатов и фермента РНК-полимеразы (она расплетает ДНК в том месте, где начинается транскрипция, и заплетает ее там, где она закончена).

Транскрипция начинается на промоторе и заканчивается на терминаторе. Считается, что важную роль в узнавании РНК-полимеразой промотора играет последовательность ТАТААТ, часто обнаруживаемая в слегка модифицированном виде за 10 оснований до того нуклеотида, с которого начинается транскрипция.

Присоединившись к промотору, РНК-полимераза частично расщепляет ДНК. Одна из двух цепей ДНК становится матрицей для спаривания с основаниями рибонуклеозидфосфатов по принципу комплементарности. У терминатора синтез и-РНК заканчивается, после чего РНК-полимераза и и-РНК отделяются друг от друга, а ДНК восстанавливает свою структуру. Синтез и-РНК происходит в ядре клетки, которое она покидает через имеющиеся в нем поры (см. приложение).

Первично образующаяся при транскрипции и-РНК переписывает как белоккодирующие сегменты (экзоны), так и некодирующие сегменты (интроны) ДНК. Так как для синтеза белков интроны не нужны, они удаляются, и образуется зрелая и-РНК, содержащая одни экзоны. Этот процесс называется *сплайсингом*.

На основе генетического кода информационной РНК в особых частях клетки – рибосомах - осуществляется **синтез белка**. Последовательность триплетов в цепи и-РНК определяет последовательность аминокислот в белковой молекуле. Проще говоря, в процессе трансляции триплеты нуклеотидов заменяются соответствующими аминокислотами.

Транспортная РНК переносит аминокислоты в белоксинтезирующий аппарат. Один конец т-РНК составляет триплет нуклеотидов антикодон – это «визитная карточка» т-РНК (он комплементарен соответствующему кодону и-РНК). Каждая т-РНК способна переносить всего одну из 20 аминокислот. Все т-РНК имеют общий тип II структуры в форме клеверного листа.

Синтез белков можно представить схематически: к и-РНК один за другим прибывают т-РНК, антикодоны состыковываются с кодонами, а находящиеся на другом конце аминокислоты наращивают полипептидную белковую цепь. Рибосомальная РНК выступает катализатором процесса трансляции. Цикл повторяется до тех пор, пока рибосома не достигнет одного из трех стоп-кодонов. Общий принцип передачи наследственной информации представлен на рисунке 18.

ДНК- (фрагмент)	Г Г Ш Ц	Г Ш Ц А	Т П А	Г Ш Ц	Г Ш Ц	А П Т	Т П А	Т П А
и-РНК (фрагмент)	Г Г	Г У	У	Г Г	Г А	А	У У	У
Антикодоны т- РНК	Ц Ц	Ц А	А	Ц Ц	Ц У	У	А А	А
Полипептид (фрагмент)		ВАЛ			ГЛИ			ФЕН

Рис. 18. Схема передачи наследственной информации от ДНК к и-РНК и к белку

Под воздействием каких-либо факторов в цепях ДНК могут возникнуть нарушения. Возникающие нарушения устраняются за счет механизма репарации. Механизм репарации можно рассмотреть в четыре этапа:

- специальный фермент находит сайт, в котором есть нарушение;
- происходит выщепление (с помощью эндонуклеазы) поврежденного участка;
- ДНК-полимераза I вставляет правильную последовательность нуклеотидов, комплементарную второй цепи;
- специальный фермент (ДНК-лигаза) сшивает разрыв.

Упростив, можно отметить: аминокислоты представляют собой «строительный материал», ДНК содержит всю «программу строительства», а переносчиками строительного материала и информации являются молекулы РНК. Так строятся все организмы – от сине-зеленых водорослей до человека.

11.5. Клеточные механизмы

Все организмы состоят из клеток. Поэтому для организмов наряду с генными механизмами характерны также клеточные механизмы. Молекулы ДНК в соединении с молекулами белков структурируются в хромосомы, каждая из которых имеет специфическую форму и размер. Хромосомы можно увидеть только в момент деления клетки. Каждому биологическому виду соответствует свой набор хромосом, определяемый их количеством и генным составом.

В живых организмах различают половые и соматические клетки. Рост и развитие организма связаны с делением соматических клеток – митозом. Этот процесс связан с удвоением количества хромосом. *Митоз* – это способ деления клеток, в процессе которого осуществляется точная передача наследственной информации дочерним клеткам и увеличивается число клеток в организме.

При достижении половой зрелости в организме образуются половые клетки – гаметы. Их образование связано со специфическим процессом, который называют *мейозом*, в результате которого происходит разделение хромосом, и в гамете их оказывается в два раза меньше, чем в соматической клетке. При слиянии гамет и образовании зиготы происходит объединение хромосом в пары. Из зиготы развивается организм благодаря митозу и другим сложным процессам.

Установлено, что элементарной частицей наследственности является *ген* – участок ДНК. Совокупность всех генов организма составляет генетическую структуру организма – *генотип*. Геном человека содержит сотни тысяч генов, при этом каждая хромосома включает несколько сотен или тысяч взаимодействующих между собой генов. Под генетическим контролем находится функционирование каждой отдельной клетки и всего организма в целом. Все гены находятся в сложном взаимодействии друг с другом. Часть генов называют «структурными», они несут ответственность за структурные признаки организма. Есть гены-регуляторы. Они влияют на начало, скорость, сроки окончания синтеза белков и др. Ученые выяснили, что есть участки ДНК, которые управляют деятельностью генов, т. е. происходит регуляция проявления генов самими генами.

Генотип несет все наследственные свойства организма. В результате взаимодействия генотипа с окружающей средой формируются индивидуальные признаки и свойства организма – его *фенотип*.

В перевоплощении генотипа в фенотип важную роль играют **три закона Менделя**, генетическую интерпретацию которые получили лишь в 20-м веке. Логика этой интерпретации состоит в том, что каждому наследуемому признаку ставится в соответствие пара генов, которые называются *аллелями*. Аллельный ген имеет либо отцовское, либо материнское происхождение. Особенности признака зависят от объединения аллелей. Организм с идентичными аллелями, например, АА, является *гомозиготным*. Организм с неодинаковыми аллелями, например, Аа, *гетерозиготен*. В случае гомозиготной особи очевидно, что наследуемый признак определяется данным аллелем (альтернативы нет, ибо оба аллеля идентичны друг

другу). В случае гетерозиготной особи возможны две ситуации: либо наследуется доминантный признак, при этом рецессивный подавляется, либо оба аллеля определяют признак.

Первый закон Менделя часто называют законом доминирования, или правилом единообразия гибридов первого поколения. Первое поколение гибридов единообразно, так как у них проявляются лишь доминантные признаки (рис. 19, 20).

Родители:	♀A		*	♂aa	
	A				
Зародышевые клетки	A	A		a	a
F ₁	Aa	Aa		Aa	Aa

Рис. 19. Закон единообразия при доминантно-рецессивном проявлении признаков

Родители:	♀A		*	♂B	
	A			B	
Зародышевые клетки	A	A		B	B
F ₁	AB	AB		AB	AB

Рис. 20. Закон единообразия при промежуточном проявлении признаков

Второй закон Менделя называют правилом расщепления гибридов второго поколения. При скрещивании особей первого дочернего поколения (F₁) между собой, во втором дочернем поколении (F₂) происходит расщепление в соотношении: 1 (AA):2 (Aa):1(aa) – в генотипе, 3:1 – в фенотипе (рис. 21).

Родители:	♀A		*	♂A	
	a			a	
Зародышевые клетки	A	a		A	a
F ₂	AA	Aa		Aa	aa

Рис. 21. Закон расщепления при доминантно-рецессивном проявлении признаков

Расщепление у (F₂) можно объяснить следующим образом: гибриды (F₁) получили от матери доминантный ген А и от отца рецессивный ген а, т.е они были гетерозиготными. Поэтому они будут образовывать два типа гамет А и а. Эти аллели генов в мейозе случайно-равномерно расходятся: ген А=50 % гамет, ген а = 50 % гамет. Затем при случайном слиянии этих двух типов гамет образуется 4 типа комбинации генов в соотношении

AA Aa Aa aa.
 1: 2: 1

Суть закона расщепления заключается в том что пара генов, определяющих развитие противоположных признаков существуют в течение жизни особи отдельно, не сливаясь и не смешиваясь друг с другом.

Если рассмотреть скрещивание при промежуточном проявлении признаков, то соотношение в фенотипе повторяет соотношение в генотипе: 1 (AA):2(AB):1(BB) (рис. 22).

Родители:	♀ A		*	♂ A	
	B			B	
Зародышевые клетки	A	B		A	B
F ₂	AA	AB		AB	BB

Рис.22. Закон расщепления при промежуточном проявлении признаков

Третий закон Менделя называют правилом независимого комбинирования признаков.

Две пары генов, определяющих развитие противоположных признаков, ведут себя независимо друг от друга и свободно рекомбинируются.

При скрещивании особей данного вида, родители которых были гомозиготны и отличались по нескольким парам альтернативных признаков, наследование каждой пары родительских признаков происходит независимо друг от друга и подчиняется закону расщепления 3:1 (рис. 23).

Родители:	♀ G		*	♂ g	
	Gss			gSS	
Зарод. клетки	Gs	Gs		gS	gS
F ₁	Gg	Gg		Gg	Gg
	Ss	SS		Ss	Ss

Зарод. клетки ♀ GS Gs gS gs
 ♂ GS Gs gS gs

Комбинационный квадрат

	♂ GS	Gs	gS	gs
♀ GS	GGSS	GGsS	GgSS	GgSs
Gs	GGsS	GGss	GgSs	Ggss
gS	GgSS	GgSs	ggSS	GgSs
gs	GgSs	Ggss	ggSs	ggss

Рис. 23. Закон независимого комбинирования признаков

Первое дочернее поколение состоит из четырех одинаковых гетерозиготных особей с фенотипом GgSs. Состав второго дочернего поколения выясняется при рассмотрении комбинационной решетки Пеннета. По фенотипу второе дочернее поколение делится на 4 группы: в девяти случаях присутствует по два доминантных признака G и S, в трех – доминантный признак G соседствует с

рецессивным признаком *s*, еще в трех случаях доминантный признак *S* объединен с рецессивным признаком *g* и, наконец, только в одном случае встретились два рецессивных признака *gs*.

Третий закон Менделя справедлив лишь тогда, когда гены рассматриваемых пар признаков принадлежат различным парам гомологичных хромосом.

11.6. Мутации и их виды

Мутации – это изменения ДНК. Представление о мутации как о причине внезапного появления нового признака было впервые выдвинуто в 1901 году голландским ученым Гуго де Фризом. В качестве активных мутагенов выступают факторы окружающей среды: потоки излучения (ультрафиолетовое, рентгеновское), яды, химическое загрязнение и др.

Мутации, возникающие в результате изменения числа или макроструктуры хромосом, называются *хромосомными*. Пути изменения структуры хромосом разнообразны. Выделяют следующие типы хромосомных мутаций: дупликация, делеция, инверсия, транслокация, центрическое слияние. Хромосомные мутации – результат отклонений в нормальном течении процессов клеточного деления. Основная причина этих мутаций – разрывы хромосом и хроматид и воссоединения в новых сочетаниях.

Также различают *геномные* мутации, они приводят к изменению числа хромосом (полиплоидия).

К наиболее часто встречающимся мутационным изменениям относят *генные* мутации. Внезапные спонтанные изменения фенотипа можно объяснить только изменениями в структуре отдельных генов. Генная, или точечная мутация – это результат изменения нуклеотидной последовательности молекулы ДНК в определенном участке хромосомы. Такое изменение последовательности азотистых оснований в данном гене воспроизводится при транскрипции в структуре и-РНК и приводит к изменению последовательности аминокислот в полипептидной цепи, образующейся в результате трансляции на рибосомах. Существуют также различные типы генных мутаций, связанных с выпадением или перестановкой оснований в гене (это дупликации, вставки, деления, инверсии или замены оснований).

Генные мутации, возникающие в гаметах или в будущих половых клетках, передаются всем клеткам потомков, могут влиять на дальнейшую судьбу популяции и называются *генеративными*.

Мутации, возникающие во всех клетках тела, за исключением половых, называются *соматическими*. Соматические генные мутации могут оказать воздействие на тот организм, в котором они возникли, но со смертью особи исчезают из генофонда популяции. Большинство генных мутаций находится в рецессивном положении по отношению к «нормальному» аллелю, который, успешно выдержав отбор на протяжении многих поколений, достиг генетического равновесия с остальным генотипом. Случайные изменения могут произойти в структуре гена и при редупликации ДНК. Вероятность появления случайных

мутаций мала, но они могут накапливаться из поколения в поколение и при случайном стечении обстоятельств становиться устойчивыми и передаваться по наследству в виде фенотипических признаков.

Человек научился использовать мутации в своих интересах, например, при селекции растений и животных.

11.7. Проблемы генетической инженерии

Геном человека. Геном - это совокупность структур, содержащих полную генетическую программу развития. Геном любой клетки и любого живого существа состоит из молекул ДНК.

В начале 2000 года две группы ученых под руководством Френсиса Коллинза и Грэга Вентера расшифровали структуру генома человека. Практически полностью установлена последовательность трех миллиардов генетических «букв» в молекуле ДНК, хранящей всю наследственную информацию о человеке. Это открытие имеет огромное значение, перед человечеством открываются перспективы раскрытия фундамента здоровья человека, определения механизма возникновения болезней и т. п.

Вместе с тем ученым еще предстоит проделать огромную и самую трудную работу: выяснить значение каждого участка генома. Пока удалось установить последовательность «букв» и как бы увидеть «страницы учебника для создания человеческого организма», теперь надо научиться читать эти страницы, понять их содержание, выяснить, как все эти отдельные части работают вместе. Геном расшифрован приблизительно на 98 %.

Степень современных знаний о строении генома человека высока, например, существуют новые методы обследования в медицине, при которых используются эти открытия (ДНК-диагностика²¹).

Генетическая инженерия. Современный уровень знаний биохимии, молекулярной биологии и генетики позволяет рассчитывать на успешное развитие новой биотехнологии - генетической инженерии. *Генетическую инженерию* можно определить как конструирование *in vitro* (в пробирке) функционально активных генетических структур (рекомбинантных ДНК), или, иначе, создание искусственных генетических программ. Сегодня ученые могут *in vitro* разрезать молекулы ДНК в желательном месте, изолировать и очищать ее отдельные фрагменты, синтезировать их из четырех дезоксирибонуклеотидов и могут сшивать такие фрагменты. Результатом подобных манипуляций являются «гибридные» молекулы ДНК, которых до этого в природе не было. Годом рождения генной инженерии считается 1972 год, когда в лаборатории Пола Берга в США была получена первая рекомбинантная ДНК.

²¹ Это совокупность методов и технологий, которые позволяют выявлять конкретные повреждения в определенном гене человека и тем самым говорить о том, что есть дефект, который либо является причиной различных заболеваний, либо может к ним привести.

К одним из важных направлений генетической инженерии относится изменение клеток зародышевой линии. Искусственно сконструированные гены можно внести в половые клетки растений или животных, таким образом, получают трансгенные организмы.

Генная инженерия имеет очень большой позитивный потенциал. Проблемы, связанные с генной инженерией сегодня приобретают глобальный масштаб. Однако возникает вопрос о социально-этической оценке и значимости генной инженерии.

Приведем в качестве примера основные достижения и проблемы, которые существуют в области генетической инженерии растений.

Сегодня на Земле живет более 6 млрд. человек. К середине XXI века население планеты, по прогнозам демографов, превысит 9-миллиардную отметку. Чтобы прокормить разрастающееся человечество, полей и пастбищ Земли уже не хватит. Выход один – увеличить отдачу имеющихся сельскохозяйственных площадей. Справиться с этой задачей по силам генетической инженерии растений. Трансгенные растения – это растения, в собственно генетический материал которых «встроены» чужеродные гены, делающие их устойчивыми к вредителям и болезням, их плоды способны долго храниться при комнатной температуре и др.

Сельхозпроизводители проявляют большой интерес к генетическим модифицированным (ГМ) растениям, посевы которых ежегодно увеличиваются. Если в 1996 г. в мире было засеяно ими 1,8 млн. га, то в 2003 г. – 63,2 млн. га. Выгоды очевидны: расходы на химические средства защиты растений при соблюдении технологии сокращаются; меньше число обработок посевов – соответственно меньше расходов на горючее, оплату труда. Даже при более высокой стоимости семян трансгенных культур сеять их выгоднее. Рыночные цены на продовольственные трансгенные культуры не отличаются от цен на традиционные.

Россия ежегодно теряет из-за сорняков и вредителей 34,6 % злаковых культур, 42 % сахарной свеклы, 37 % подсолнечника, 42,2 % картофеля. Его Россия потребляет 35 млн. т, в денежном выражении это примерно 7 млрд. долларов. Потери от колорадского жука составляют примерно 3 млрд. долларов; 10 % картофеля гибнет от фитофтороза. Например, разработан Vt-картофель с геном бактерии, устойчивой к колорадскому жуку. Для придания устойчивости к вредителям чаще всего используется ген Vt-токсина, выделенный из бактерии *Bacillus thuringiensis*. Токсин бактерии поражает кишечник вредителей, причем с очень высокой специфичностью. При встраивании гена растение начинает вырабатывать токсин самостоятельно, а значит, отпадает необходимость обработки культур. Есть трансгенные сорта, устойчивые к фитофторозу, к картофельным вирусам.

В РФ после экспертизы зарегистрировано 4 вида импортных генетически модифицированных (ГМ) продуктов – соя, два вида кукурузы и картофель.

К настоящему времени созданы и разрешены для использования в питании населения в США, Канаде, Японии, странах Европейского союза несколько

десятков трансгенных сельскохозяйственных культур, среди которых соя, картофель, кукуруза, сахарная свекла, тыква, папайя.

Подходы к оценке безопасности и качества пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных источников (ГМИ), в различных странах отличаются по содержанию и объему проводимых исследований. Понимание того, что традиционные критерии и методы оценки безопасности пищи (например, применявшиеся в случае пищевых добавок или пестицидов) не могут быть полностью применимы для ГМИ, вызвало необходимость разработки специальных методических подходов и критериев.

На основе международного и отечественного опыта в проведении исследований нового продовольственного сырья и пищевых продуктов в РФ разработан и введен в действие особый порядок оценки безопасности и качества, а также регистрации пищевой продукции, полученной из ГМИ. В соответствии с этим порядком распределяются обязанности между ведущими научными учреждениями страны по отдельным направлениям экспертизы (постановление № 7 от 6 апреля 1999 г. Главного государственного санитарного врача РФ). Этим постановлением предусматривается три направления оценки ГМИ: медико-биологическая, медико-генетическая и технологическая экспертиза (см. приложение).

Кроме пищевой промышленности ГМ-организмы успешно используют в фармацевтике. Речь идет о гормонах и белковых препаратах, производимых ГМ-бактериями или дрожжами. Такие препараты, как инсулин, интерферон, в основном, получают генно-инженерным способом.

Клонирование. Проблема клонирования по своей сенсационности и социальной значимости стоит в настоящее время в центре внимания не только специалистов в области биологии, но и представителей широкой общественности и постоянно освещается в средствах массовой информации, где тесно переплетаются реальные научные факты, гипотетические предположения и невероятные вымыслы.

Рассмотрим кратко некоторые аспекты клонирования. Различают терапевтическое и репродуктивное клонирование.

Репродуктивное клонирование – это метод однополого тиражирования генетически идентичных особей. Само по себе клонирование новостью не является, оно существует в природе – это размножение одной бактерии или амебы, появление однояйцевых близнецов у человека²².

Исследования, приведшие к клонированию позвоночных животных из их отдельных клеток, начались на амфибиях еще в первые годы нашего века. Немецкий эмбриолог Ганс Шпеман, разделив волосяной петлей самый ранний – двухклеточный - зародыш тритона на две клетки, получил из них два целых жизнеспособных зародыша близнеца. Впоследствии он отделял одну из клеток 16-клеточного эмбриона, и развивались два зародыша: один из этой клетки, и второй

²² Однояйцевые близнецы, очень похожи друг на друга, но не идентичны, то есть точными копиями друг друга не являются.

– из 15 оставшихся. Это доказывало, что на самой ранней стадии развития – при делениях дробления – каждая клетка зародыша получает полноценный геном, и потому из нее можно воспроизвести целый организм.

Но на следующих этапах происходит дифференцировка, т. е. специализация клеток: в них начинают работать разные наборы генов, и потому одни из них образуют кожу и нервную систему, другие – кости и мышцы, третьи – пищеварительную систему. Всего в нашем теле – более 100 разных типов дифференцированных клеток. А не теряет ли та или иная клетка часть исходной, полной генетической информации организма, проходя эту специализацию? Можно ли из клеток вновь можно получить целый организм? В 1950-е годы, с развитием микрохирургии, английские микробиологи Р. Бриггс и Т. Кинг провели опыты на лягушках рода *RANA*. Они брали оплодотворенные яйцеклетки – икринки с убитым или удаленным ядром - и пересаживали туда ядра из клеток более поздних стадий развития (например, ядра из клеток головастиков). Эти эксперименты показали, что чем позже стадия развития организма-донора клеток, тем труднее получить из них нормальные зародыши.

Следующий этап связан с именем английского генетика и эмбриолога Дж. Гёрдона. Он с начала 1960-х годов в течение 15 лет проводил следующие опыты: брал неоплодотворенные яйцеклетки лягушки альбиноса, удалял из их генетический материал и затем пересаживал в них отдельные ядра клеток кожи и кишечника головастиков и взрослых лягушек (т. е. Клетки, уже прошедшие дифференцировку). Яйцеклетки с новым, пересаженным, ядром начинали развиваться. В результате из некоторых из тысяч таких икринок развивались нормальные головастики, которые имели бурый цвет – того вида, ядра которого пересаживали. Это подтверждало, что они несут «пересаженные» гены. Так было доказано, что из ядер отдельных клеток взрослых позвоночных (по крайней мере, амфибий) все же можно получить целые организмы – генетические копии особей-доноров. Значит, ядро дифференцированной клетки несет полную программу развития.

А как обстоит дело у млекопитающих? 27 февраля 1997 года в журнале «Nature» было опубликовано сообщение о том, что на свет появилось млекопитающее – генетическая копия взрослого животного, полученное методом клонирования - овца Долли. Работы были выполнены под руководством Яна Вилмута на опытно-животноводческой ферме (Рослинский университет) под Эдинбургом (Шотландия).

Чтобы стало понятнее, в чем заключается чудо клонирования, необходимо вспомнить азбучные истины. Новая жизнь – будь то человек или животное – рождается путем слияния двух половых клеток. При этом будущее дитя (если говорить о человеке) получает от каждого родителя по 23 хромосомы, которые и образуют его неповторимый уникальный геном. Суть же клонирования путем ядерного переноса заключается в следующем: сначала у особи женского пола берется неоплодотворенная яйцеклетка, из которой затем удаляется ядро, содержащее ДНК. Затем из организма клонируемого животного берется клетка,

ядро которой содержит свой собственный генетический код. Это ядро помещают в яйцеклетку с удаленным ядром и пропускают через них электрический ток. В результате происходит слияние ядра с цитоплазмой яйцеклетки. И в дальнейшем яйцеклетка делится и растет, словно она была оплодотворена. Зародыш помещают в матку суррогатной матери.

В случае с овцой Долли в лишенную ядра яйцеклетку первой овцы одной породы было пересажено ядро, выделенное из соматических клеток молочной железы второй овцы другой породы. Клетки эпителия молочной железы выращивали в «бедной» питательной среде (содержащей в 5 раз меньше концентрации всех компонентов). В этих неблагоприятных условиях ядра дифференцированных клеток полностью переходили в неактивное состояние (способ репрограммирования ДНК соматических клеток в дефицитной питательной среде). Породы были подобраны так, что ДНК этих двух пород имела различия – как, впрочем, и внешний облик самих овец. А затем эти оплодотворенные яйцеклетки вводили в организмы суррогатных матерей. Из пересаженного ядра и развилась овца Долли. Таким образом, впервые в целях клонирования использовалась неполовая соматическая клетка особи со сформировавшимися фенотипическими признаками. В сотнях подобных случаев эксперимент прерывался на разных стадиях, и лишь в одном из 236 опытов родилась нормальная овца.

Это стало сенсацией: известно, что клетки млекопитающих, дифференцируясь в организме, могут делиться строго определенное число раз. С клетками молочной железы это уже произошло. Неужели ученым удалось обмануть «счетчик делений клетки», снять их дифференцировку и «запустить механизм по второму кругу»? Однако шотландский эмбриолог Ян Вилмут признает тот факт, что для клонирования пригодны лишь слабо дифференцированные клетки. В последние три года все же речь идет о клонировании животных из их эмбриональных стволовых клеток – тех слабо дифференцированных клеток, которые живут и размножаются даже во взрослом организме.

Идея клонирования выдающихся людей давно будоражит человеческое воображение. Но в действительности, когда организм умирает, геномы его клеток разрушаются ферментами, поэтому клонировать из них можно лишь фрагменты ДНК, поэтому воссоздание давно умерших – миф. Также необходимо учитывать, что формирование человека происходит в определенных социальных условиях. Поэтому человек, выращенный из соматической клетки, никогда не будет полной копией своего прародителя, это будет очень похожий на него, но другой человек, так как каждый человек уникален и неповторим по всем своим психическим и физическим качествам.

Терапевтическое «клонирование» на самом деле настоящим клонированием не является. В данном случае все ограничивается лабораторной работой с эмбрионом на ранних этапах его развития всего в несколько делений. На этом этапе можно добыть универсальный строительный материал – так называемые

стволовые клетки. И метод клонирования в данном случае используется как технология, позволяющая получить «исходный материал», при этом может быть решена одна из самых серьезных проблем трансплантологии – отторжение пересаженных тканей.

Клонирование вызывает огромное количество спорных этических вопросов. В этой связи следует ли запретить, или разрешить клонирование? В России Федеральным законом от 20 мая 2002 года введен временный запрет на клонирование людей сроком на 5 лет, а также на ввоз и вывоз из страны человеческих эмбрионов. При этом запрет не касается клонирования других организмов.

12. АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

Проблема возникновения человека (антропогенез) относится к числу сложнейших естественнонаучных проблем. Естественнонаучный аспект проблемы заключается в происхождении и эволюции рода *Номо*, в определении места **человека разумного** в животном мире, его родстве с другими приматами.

12.1. Исторический аспект теории о происхождении человека

Наряду с идеей о божественном творении человека, в древности развивались и материалистические представления о естественном происхождении человека. Так, еще философы античного мира высказывали мысли о том, что происхождение человека во многом сходно с происхождением животных: те и другие образуются в результате соединения исходных стихий в части и органы, которые под воздействием тепла соединяются в тело. Такую концепцию развивал *Демокрит*. *Аристотель* трактовал человека как некое «политическое животное», которое отличается от животного только наличием нравственности и на этой основе - стремлением к «совместному жительству».

В рамках религиозного мировоззрения происхождение человека рассматривается как прямое сотворение его Богом. В той или иной форме этот взгляд характерен для всех трех мировых религий – христианства, мусульманства и буддизма. «И создал Господь Бог человека из праха земного и вдунул в лицо его дыхание жизни; и стал человек душою живою», - написано в библейской книге Бытия. Примерно в таком же ключе трактует этот вопрос и ислам. Аллах слепил тело человека из глины, а затем одухотворил его: «вдул в него от своего духа». «Бог создал вас и то, что вы делаете», - говорится в Коране. В буддизме вопрос о происхождении человеческого общества так прямо не формулируется, поскольку материальный мир рассматривается как непрерывно творимый безначальным абсолютным сознанием – драхмами. Поэтому страдания мира и людей безначальны. Но зато отдельный человек формируется на всех этапах своего роста под непосредственным влиянием сверхъестественного духа. Божественное сознание пронизывает душу человека еще на этапе его эмбрионального развития, а затем сопровождает всю его жизнь.

Вся история человечества при этом делится на два основных периода – «допотопный» и «послепотопный». Согласно библейскому рассказу, в допотопную эпоху в последний, заключительный, шестой день творения Бог создал из праха земного Адама, а затем Еву из ребра его, дал им возможность беспечно жить в саду Эдема – райской обители. Новое, «послепотопное» человечество произошло от единственного из «божественных» людей «допотопной» эпохи – Ноя и его потомков, сохранившихся во время потопа в ковчеге.

Что касается вопроса о возникновении человечества и его первоначальной истории, то в Средневековье считалось, что об этом все уже сказано в библейской легенде. Попытки поставить под сомнение эту основную догму христианства рассматривались как опаснейшая ересь и жестоко преследовались. Так, в 1450 году

на костре инквизиции был сожжен Самуил Сарс, высказавший догадку, что человечество гораздо древнее, чем об этом говорится в Библии.

Настоящий поворот в накоплении антропологических данных начинается в эпоху Великих географических открытий (с конца XV века). Во вновь открытых станах жили народы, находившиеся на разных ступенях общественного развития, имевшие различный физический облик, различные нравственные нормы, традиции и др. Мысль о том, что все народы должны были пройти этап первобытного развития, сформировалась не сразу. Причина этого в том, что в общественном сознании еще не утвердилась идея развития, поэтому естественное развитие природных и общественных форм от простого к сложному, от низшего к высшему еще не осознавалось. В сознании людей господствовало представление, что народы являются такими, какими их создал Творец, и другими они стать не могут.

В XVIII веке на основе анализа социально-экономических процессов и достижений естествознания постепенно формируется в общественном сознании идея развития – возникает представление о том, что общественный строй жизни первобытных племен похож на общественное устройство древних народов и может помочь в изучении древнейшей истории народов, ушедших далеко от первобытного состояния.

Разрабатывались концепции исторического прогресса человеческой истории. Например, Ж. Кондорсе считал, что благодаря развитию разума человек проходит следующие ступени общественного устройства: от охоты и рыболовства - к одомашниванию животных, а от него - к земледелию.

Первоначально каменные орудия древних людей не рассматривались как предметы, имеющие отношение к истории человечества. Их считали посланиями богов. Но уже в XVIII веке возник интерес к изучению найденных в раскопках орудий труда и предметов утвари первобытных людей – ведь именно такими инструментами пользовались первобытные народы Нового Света, Африки и Южной Азии. Все чаще высказывались мысли о существовании каменного века у древних людей.

В середине XVIII века К. Линней положил начало научному представлению о происхождении человека. В своей «Системе природы» (1735) он отнес человека к животному миру, помещая его в своей классификации рядом с человекообразными обезьянами. Интересным является тот факт, что К. Линней, подчеркивая родство человека и человекообразных обезьян, называет орангутанга «человеком лесным». В XVIII веке зарождается научная приматология.

В XVIII – первой половине XIX века археологами, палеонтологами был накоплен большой эмпирический материал, достаточный для разработки научной теории антропосоциогенеза. Особый интерес представляли исследования французского археолога Буше де Перта. В 40-50-е гг. XIX века он искал и собирал каменные орудия и доказывал, что это орудия труда первобытного человека. Открытия Буше де Перта отодвигали происхождение человека в глубь тысячелетий.

Возможность последовательного материалистического решения проблемы антропогенеза впервые появилась после создания теории эволюции органического мира Ч. Дарвиным. В 1871 году вышел в свет труд Дарвина «Происхождение человека и половой отбор», в котором на фактическом материале он обосновывал два важных положения: о животном происхождении человека и о том, что современные человекообразные обезьяны представляют собой боковые ветви его эволюции, а человек ведет свое происхождение от каких-то вымерших более нейтральных форм.

12.2. Место человека в системе живой природы

Каково же место человека в системе животных? В чем его сходство и отличия от остальных представителей животного мира?

По критериям зоологической систематики, человек относится к виду *Homo sapiens* и к:

царству животных (*Animalia*);
типу хордовых (*Chordata*);
классу млекопитающих (*Mammalia*);
отряду приматов (*Primates*);
подотряду узконосых (*Catarrhini*);
надсемейству гоминоидов (*Hominioidea*);
семейству гоминид (*Hominidae*);
роду *Homo*.

Семейство Гоминид состоит из трех родов:

- гибонообразные – малые человекообразные обезьяны;
- понгиды – крупные человекообразные – орангутанг, горилла, шимпанзе;
- род *Homo* – включает человека умелого (*Homo habilis*), человека прямоходящего (*Homo erectus*), человека неандертальского, человека разумного.

В последние годы ученые многих научных центров мира, в том числе Института молекулярной генетики РАН, занимаются сравнением геномов *Homo sapiens* с геномами других приматов. Установлено, что геномы человека и его ближайших родственников – высших обезьян - различаются весьма мало и представляют собой неточные видоизмененные копии одного и того же первоисточника. Наиболее тесное родство связывает нас с африканскими человекообразными обезьянами – шимпанзе и гориллой: по ДНК они ближе к человеку, чем к своим азиатским родичам – орангутангам и гиббонам. Различие геномов человека и шимпанзе составляет всего 1,5 %.

12.3. Отличительные признаки человека

Только человеку присуще *прямохождение*. С этим связаны особенности положения, строения органов, соответствующих вертикальному положению тела: S-образный позвоночник с четырьмя изгибами, уплощенная в переднезаднем направлении грудная клетка, пропорции конечностей, сводчатая стопа с сильно развитым большим пальцем, подвижная кисть руки, плечевой сустав,

допускающий движения с размахом почти до 180°, бинокулярное зрение, очень большой и объемистый мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, а также особенности мускулатуры и расположения внутренних органов.

Способность к труду – еще одно главное отличие человека от животных. Труд, изменение человеком внешней природы, самого себя и отношений между людьми друг к другу, то есть самого общества, составляет основу человеческого мышления. Причем не только по происхождению и способу существования, но и по своему содержанию человеческое сознание является ни чем иным, как отраженным осознанием природы и общества и их взаимодействия. Неотъемлемое от человеческого существования производство орудий труда неизбежно предполагает возникновение обобщенного и опосредованного отражения действительности в абстрактных понятиях. Когда первобытный человек соединял вместе палки и обтачивал камень, он не удовлетворял этими действиями свои непосредственные потребности. Это означает, что он должен был осознавать связь между своими действиями по изготовлению орудий труда и последующим их использованием. Это уже уровень опосредованного отражения, которое может быть осуществлено только в форме абстрактных понятий, эти понятия могли быть выражены только в словах.

Следующее фундаментальное отличие человека от животных – это *обладание речью*. В процессе эволюции у человека сформировалась вторая сигнальная система. Первая сигнальная система есть и у животных, и у человека. Она связана с наличием органов чувств, сигналами здесь выступают воздействия от предметов внешнего мира и от внутренних процессов в самом организме.

Слово заменяет непосредственные сигналы, те или иные явления действительности, сигнализирует нам о них. Вторая сигнальная система функционирует при нормальном развитии человека (в процессе воспитания, обучения его речи, трудовым навыкам, нормам общения). Животные общаются с помощью сигналов. Но только у человека есть то, что И.П. Павлов назвал второй сигнальной системой – общение с помощью слов. Язык – это система знаков, наделенных определенными значениями. Простейшее мышление животных не уходит за пределы наглядности, оно имеет дело лишь с непосредственно воспринимаемыми объектами, которые в данный момент находятся перед глазами животного. Только с появлением языка становится возможным отвлечь от познавательного объекта то или иное свойство и зафиксировать, закрепить знание о нем в слове. Слово – это материальная оболочка мысли, и через эту оболочку она может быть воспринята как нами самими, так и другими людьми.

К фундаментальным отличиям человека от животных относится *наличие разума*. Изучение высших животных показало, что они умеют многое из того, на что раньше считались способными только люди. Эксперименты с обезьянами показали, что они могут понимать слова и что с ними можно вести диалог. Но чем не обладают самые высшие животные, так это способностью к понятийному мышлению. Мышление животных, если о таком можно говорить, всегда

конкретно; мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным²³. Словесно-логическое, понятийное мышление характеризуется использованием понятий, логических конструкций. Оно функционирует на базе языковых средств. Основной единицей понятийного мышления выступает понятие, в котором отражаются общие, наиболее существенные свойства и признаки предметов и явлений действительности. Понятия выражаются в словесном языке, а связь между понятиями – в разнообразных грамматических конструкциях (суждениях и умозаключениях) с выделением в них субъекта, объекта действия, самого действия, различных признаков.

Также интересно, что осознание себя (своего отражения) в зеркале практически отсутствует даже у высших животных. Осознание себя в зеркале является критерием сознания, самоидентификации личности.

Главные отличия человека от животных – понятийное мышление, речь, труд – стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

12.4. Абиотические и биологические предпосылки антропогенеза

Единой предпосылкой возникновения человека выступает историческое развитие природы. В соответствии с синтетической теорией эволюции, историческое развитие биологических организмов определяется рядом эволюционных факторов (мутационными процессами, изоляцией, естественным отбором и др.), включенных во взаимодействие с абиотическими факторами природы. Как отмечалось ранее, эволюция действует не на отдельного индивида, а на популяцию. Через последовательную смену поколений сохраняются и утверждаются те признаки, которые оказываются необходимыми в данных условиях среды.

Возникновение человечества происходило в последний период кайнозоя. Периоды оледенения чередовались периодами сравнительного потепления. В периоды древних оледенений до 30 % суши занимали ледники, двигавшиеся с севера на юг. Огромные территории, лежащие за пределами ледников, превращались в заболоченные тундры, которые на юге переходили в степь и лесостепь. Хотя на юге Азии и в Африке не было материкового льда, общее похолодание отразилось и на этих регионах. В период антропогенеза они испытали несколько смен влажных и засушливых эпох. Однако смена флоры и фауны в этих районах не была такой резкой, как на севере.

Главная роль абиотических факторов состояла в том, что они являлись мощным генератором мутационных процессов, средством интенсивной рекомбинации генофонда, таким образом, поставляли разнообразный элементарный эволюционный материал для естественного отбора, ускоряя происхождение новых видов животных.

²³ Мышление – это активное, целенаправленное, опосредованное и обобщенное отражение действительности. Абстрагирование – это мыслительная операция, суть которой состоит в мысленном отвлечении от различных сторон и свойств предмета с целью выделения одного какого-либо признака в качестве существенного. Понятие – это форма мысли, выражающая общие и существенные признаки объектов.

В настоящее время ученые склоняются к мнению о том, что прародиной человека являлась приэкваториальная часть Восточной Африки. Она характеризовалась разломами земной коры, сейсмическими процессами, повышением радиационного фона, вулканическими извержениями. Именно на этой территории были найдены самые древние остатки гоминид и прегоминид. Здесь был устойчивый теплый, достаточно влажный климат, разнообразный ландшафт: саванны, тропические и горные леса. Необходимо отметить, что это предположение о прародине человека в ходе дальнейшего развития науки может быть уточнено.

12.5. Особенности антропогенеза

С научной точки зрения происхождение человека представляет собой один из результатов видообразования в процессе биологической эволюции. Представить этот процесс в деталях сложно, т. к. поток времени смывает часть следов прошлого. Современное материалистическое естествознание исходит из того, что человек естественным путем произошел от высших представителей животного мира – человекообразных обезьян. Еще в середине XIX века Ч. Дарвин предложил симиальную концепцию. Согласно ей человек и современные антропоиды произошли от общего предка, жившего в отдаленную геологическую эпоху и представлявшего собой ископаемое африканское обезьяноподобное существо. Тем самым человек был включен в общую цепь эволюционных изменений органического мира. Во второй половине XX века данная гипотеза была подтверждена данными молекулярной биологии, доказавшей родство белковых структур и ДНК и человека и антропоидов.

На основе имеющихся данных складывается следующая картина происхождения эволюции человека, которая постоянно уточняется, но основа ее сохраняется и укрепляется.

1. Примерно 65-70 млн. лет назад выделяются ранние приматы – высшие млекопитающие. Около 50 млн. лет назад приматы разделились на две ветви – широконосых и узконосых; обе ветви в дальнейшем дали начало обезьянам. Среди узконосых далее (приблизительно 30 млн. лет назад) выделяются человекообразные обезьяны, итогом эволюции которых стало появление человека. Наиболее ранние находки останков высших обезьян (парапитек, проприопитек) ученые относят к позднему палеогену. Именно в этот период (20-23 млн. лет назад) сформировалось то ответвление от общего ствола, которое привело к возникновению далеких предков человека (дриопитеки, рамапитеки и др.). Видовой состав антропоидной фауны в позднем неогене насчитывал, по видимому, около 30 видов антропоидов и около 20 родов. Но большинство из них вымерло. Однако это была начальная точка бифуркации на пути развития человека.

Эволюция неизменно связана с изменениями окружающей среды. Для появления предка человека необходимо было резкое изменение климата, экосистем. На Земле наступило похолодание, оно привело к сокращению

тропических лесов, они отступили на юг, появились обширные открытые пространства, заросшие высокой травой, с отдельно стоящими группами деревьев.

Изменения климата вызвали гибель многих древесных обезьян, не успевших приспособиться к новым условиям (на верхушках деревьев они были вдоволь обеспечены пищей и защищены от врагов). Некоторые отступали вместе с лесами на юг. Сложились предпосылки для интенсивного развития тех популяций приматов, которые освоили прямохождение. Эти приматы были вынуждены приспособляться к наземному образу жизни и к более тяжелым климатическим условиям. Одним из важнейших факторов эволюции приматов в этот период является стадный образ жизни. Он способствовал развитию совместных действий, направленных на выживание вида, совместного труда, общения, что стимулировало развитие мозга.

Представители названных ветвей, отделившись от общей исходной формы, в дальнейшем в течение многих миллионов лет развивались независимо друг от друга в разных адаптивных направлениях. В ходе эволюции, протекавшей в разных природных и ландшафтных условиях, каждая из двух ветвей выработала специфические особенности своей биологической организации, связанные с приспособлением к соответствующему образу жизни²⁴.

Таким образом, прямохождение явилось качественным переломом в эволюции высших приматов, так как создало главнейшую биологическую предпосылку возникновения трудовой деятельности.

2. Вероятно, предшественником человека были такие человекообразные обезьяны, у которых верхние конечности не выполняли функции опоры и передвижения. Только при выполнении этого условия верхние конечности могли стать пригодными для употребления и изготовления орудий. Открытия, начиная с 1924 года в Южной Африке и с 1959 года в Восточной Африке, костных останков двуногих высокоразвитых ископаемых предшественников – *австралопитековых* – подтверждало данную концепцию. Возраст останков составлял от 5 до 2,5 млн. лет.

Австралопитековые являлись не антропоидными, а гоминидными приматами. Они были наземными существами, передвигались на двух ногах, вели стадный образ жизни и жили на открытых степных пространствах типа саванн. Естественный отбор привел к тому, что у них совершенствовались прямохождение и устойчивость тела, увеличивалась подвижность передних конечностей,

²⁴ Ветвь высших обезьян эволюционировала в направлении приспособления к древесному образу жизни со всеми вытекающими отсюда анатомическими особенностями: удлинением передних и укорочением задних конечностей, укорочением большого пальца кисти, удлинением и сужением костей таза, развитием гребней на черепе, резким преобладанием лицевого отдела черепа над мозговым и др.

Человеческая ветвь, напротив, развивалась в направлении приспособления к наземному образу жизни, прямохождению, освобождению передних конечностей от функции опоры, использованию их для употребления природных предметов в качестве орудий труда, а в дальнейшем - к изготовлению искусственных орудий, что и было решающим в выделении человека из природного мира. Это обусловило удлинение нижних и укорочение верхних конечностей, утрату стопой хватательных функций и превращение ее в орган опоры выпрямленного тела, бурное развитие головного мозга, преобладание мозгового черепа над лицевым, исчезновение гребней, надглазничного валика и других элементов мышечного рельефа черепа, образование подбородочного выступа на нижней челюсти и т. д.

увеличивались отделы головного мозга, которые обеспечивают ориентацию в пространстве. Прямохождение имело два следствия: 1) высвобождение рук и создание предпосылки для превращения их в орган трудовой деятельности; 2) изменение положения головы и глаз привело к значительному возрастанию зрительной информации.

Особенно важно то, что австралопитековые систематически использовали камни и другие естественные предметы как орудия нападения, защиты и добывания пищи. Данные факты позволили антропологу В.П. Якимову в 1951 году впервые сформулировать положение, согласно которому австралопитековые представляли собой самую первую стадию эволюции человека, непосредственно предшествовавшую появлению древнейших людей.

3. Переход к трудовой деятельности, создание искусственных орудий высокоорганизованными двуногими приматами ознаменовал собой первый скачок в истории органического мира – появление **древнейших людей (архантропов)**. Их костные останки и памятники их материальной культуры обнаружены в Азии, в Европе и Африке. По физическому типу они были примитивными существами, сохранявшими в строении немало обезьяньих особенностей. Наиболее примитивным из архантропов считают «человека умелого», близкого к австралопитековым, наиболее прогрессивными – архантропов из Вертешсёллэш. Однако, несмотря на различия и территориальные варианты, все они образуют единую стадию эволюции человека, отличную как от австралопитековых (они относятся к дочеловеческой стадии эволюции), так и от палеоантропов. Для них характерна развитая орудийная деятельность, использование огня.

Вероятно, около 2-х млн. лет назад от африканского австралопитека, ответвилась линия *человека умелого (Homo habilis)* - это двуногое существо ростом до 140 см с объемом мозга 700-800 см³. Когда останки человека умелого сравнили с останками австралопитека, то изумились малости перемен: тот же маленький рост, те же длинные руки, увеличился лишь объем мозга, и для кисти руки характерны способность к мощному силовому захвату и к изготовлению простейших каменных орудий. Множество их найдено в Восточной Африке – это так называемая олдувайская технология (Луис Лики в 1931 в ущелье Олдувэй – Танзания). Материалом служили округлые гальки, от которых косым ударом отбивалось от одного до четырех отщепов. Люди олдувейской культуры умели строить жилища, охотничьи поселки, вели более или менее оседлый образ жизни, связанный с особенностями охоты в этой местности. Как предполагают ученые, именно в стадной (коллективной) охоте и складываются социальные отношения, и формируется высший уровень психики – сознание.

Второй вид – *человек прямоходящий (Homo erectus)* - появился как раз тогда, когда исчез *Homo habilis*, т. е. около 1,5 (полутора) млн. лет назад (некоторые ученые полагают, что человек прямоходящий отделился от человека умелого довольно рано, так что оба вида сосуществовали не менее 200 тыс. лет все в той же Восточной Африке). Облик *Homo erectus* отличается от облика *Homo habilis*: рост

более 1,5 м, руки короткие. Объем мозга достигал 1300 см³, но череп отличался от черепа современного человека полным отсутствием подбородка.

Они изготавливали более совершенные каменные орудия труда, и не только из галек, но и отбивая куски от больших камней. Трассологическое обследование орудий показало, что на них есть следы разделки туш, обработки дерева и резания травы. Люди, изготовившие каменные орудия 1,4-1,9 млн. лет назад, были по преимуществу правшами, а это значит, что функции левого и правого полушария у них не полностью совпадали (асимметрия полушарий обнаружена у птиц – она связана со звукоподражанием и сложной системой запоминаемых звуковых сигналов). Они также умели поддерживать огонь.

Более 500 тыс. лет назад человек прямоходящий расселился за пределы Африки (400 тыс. лет назад здесь царил субтропический средиземноморский климат): его останки найдены на территории современного Таиланда, Китая, о. Ява. В новых географических условиях он образовал подвиды, как правило, более массовые, чем исходный, – питекантропы, синантропы, гейдельбергский человек и др. Питекантропы по объему мозга превосходили своих предшественников – австралопитековых – почти вдвое (у питекантропов – 900-1000 см³, у австралопитеков – 520 см³), но уступали древним людям (1300 см³). Период их существования охватывает огромный промежуток времени в 1,3 млн. лет. Абсолютный возраст питекантропов колеблется от 1,6 млн. лет (кенийский питекантроп) до 300 тыс. лет (архантроп из Тотавеля). Все они вымерли около 300 тыс. лет назад.

4. Следующим этапом эволюции человека были **древние люди** – палеоантропы (**неандертальцы**). В отличие от архантропов они заселили гораздо более обширные территории Старого Света: значительную часть Западной и восточной Европы, Африку (от севера до крайнего юга) и Азию (включая Среднюю, Переднюю и Юго-Восточную Азию). Объем их мозга – от 1000 см³ до 1600 см³, в среднем не менее, чем у современного человека, но лобные доли у неандертальца были развиты намного слабее.

Первая находка останков древних людей была сделана в 1856 году в гроте Фельдгрофер, в долине Неандерталь (Германия), откуда и пошло название – «неандерталец». Изучение морфологических особенностей антропологических находок свидетельствовало о резко выраженной специализации в строении черепа и других частей скелета (очень большая величина емкости черепной коробки, особенности морфологии зубов и др.). Видимо, эволюция шла в направлении мощного физического развития, что, по всей видимости, определялось долгой приспособляемостью к суровому климату ледникового периода.

От 100 до 40 тыс. лет назад, в эпоху неандертальских людей, начался процесс разделения труда при производстве орудий труда. Неандертальцы изготавливали более 60 видов орудий труда. У них происходила специализация орудий труда: производили различные типы остроконечников (ножи для резания, кинжалы), скребел (использовавшихся при разделывании туш, обработки шкур и дерева), выемчатые и зубчатые орудия, рубилища разных форм, т. е. в процессе

производства орудия труда необходимо было заранее учитывать его специфическое назначение. Увеличение разнообразия орудий труда свидетельствует об усложнении технологии их изготовления.

Археологические данные показывают, что у неандертальцев ведущей формой деятельности была охота. Помимо прямого поражения жертвы, они применяли методы непрямого поражения – загоны в ямы, с обрыва и др., что требовало коллективной организации, определенной стратегии поведения и определенной системы целеполагания. Также они не поедали добычу на месте поражения жертвы, а доставляли ее к местам обитания. Неандертальцы изготавливали одежду из шкур животных, жили в пещерах или строили жилища. Они были оптимально приспособлены к суровому времени ледникового периода. Мощные кости и мускулатура требовали большого содержания в пище мяса и жиров. В то же время, как более изящные люди, *homo sapiens* обходились меньшим количеством пищи и были более склонны к странствиям. В межледниковые, теплые периоды они составляли серьезную конкуренцию неандертальцам в добывании пищи.

Расселяясь на юг, неандертальцы 120 тыс. лет назад на территории современного Израиля встретились с новым видом – человеком разумным, расселившимся из Африки на север. Оба вида по несколько раз заселяли одни и те же стоянки. Неандертальцам появление более агрессивного младшего брата ничего хорошего не принесло: они не выдержали конкуренции и вымерли не позднее 25 тыс. лет назад.

Ранее ученые предполагали, что от одной из групп неандертальцев в последующую эпоху и произошли люди современные. Сейчас их рассматривают как боковую ветвь. Ученые предполагают, что общий предок человека разумного и неандертальца жил приблизительно 550-690 тыс. лет назад.

По представлениям биологов, вид «человек разумный» начал отделяться от вида «человек прямоходящий», около 500-600 тыс. лет назад в Африке. Если пользоваться оценкой по «молекулярным часам», то получается, что все современные люди происходят от женщины, жившей в Африке около 200 тыс. лет назад. На юге Африки и Ближнем Востоке найдены останки одного с нами подвида, которым около 90 тыс. лет. Ранние этапы эволюции человека разумного темны из-за отсутствия находок. Пока их нет, он предстает изменившимся по сравнению с предковыми видами.

5. Последняя стадия эволюции человека – **неоантропы (кроманьонцы)**. Кости ископаемых людей современного типа впервые найдены в 1868 году в пещере Кроманьон (во Франции), поэтому эти люди названы кроманьонцами.

Ростом они были немного ниже современного человека, ходили ссутулившись, немного согнув ноги в коленях. Они заселили практически всю территорию Старого Света. Именно у них на смену первобытному стаду пришло родовое общество. Кроманьонцы были высокого роста (до 180 см), имели высокий лоб и объем черепной коробки до 1400 см³, владели членораздельной речью, о чем свидетельствует хорошо развитый подбородочный выступ.

Высокая степень развития мозга и общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды. С появлением кроманьонцев эволюция человека вышла из-под контроля биологических факторов и приобрела социальный характер. Реализация наследственной информации в условиях определенной внешней среды создает материальные предпосылки для развития мышления, способности мозга накапливать информацию нового типа – социальную. Социальная информация определяет духовный облик человека. У человека разумного оказались развитыми такие свойства, которые создали высокую степень его социальности. Это позволило быстро развить материальную культуру, усовершенствовать речь и положить начало искусству (именно в ней происходит сочетание труда, мышления и речи). Эволюция человека с морфологического уровня перешла на психический – уровень совершенствования человека как существа с высокоразвитой психикой.

В социальной эволюции предков человека и *homo sapiens* обычно выделяют следующие периоды.

- Палеолит – древний каменный век продолжительностью от 2-3 млн. лет назад до 10 тысячелетия до н. э. За это время человеческий род продвинулся от вида *homo habilis* до *homo sapiens*.

- Неолит – новый каменный век (VIII-III тысячелетия до н. э.). В эту эпоху осуществился переход от присваивающего хозяйства (собирательства и охоты) к производящему (скотоводству и земледелию).

- Бронзовый век – охватывает IV-I тысячелетие до н. э., характеризуется производством и использованием бронзы, бронзовых предметов и оружия. Это время распространения кочевого скотоводства и поливного земледелия, письменности, рабовладельческих цивилизаций и государств.

12.6. Развитие сознания и языка

Ранее к фундаментальным отличиям человека от животных мы отнесли наличие у него сознания и языка.

Носителем сознания является человек, обладающий мозгом – высокоразвитой материальной системой, способной осуществлять идеальное отражение мира. Оно формируется только в системе социального взаимодействия и позволяет познавать окружающий мир, переживать свое отношение к этому миру. В сфере сознания складываются целеполагание, формы мышления (понятие, суждение, умозаключение и др.), чувственно-образные и волевые моменты человеческой деятельности. Основой сознания является мышление.

Основными предпосылками развития сознания являлись: увеличение размеров и качественное изменение мозга высших приматов; трудовая, практическая деятельность; развитие социальных отношений, разделение труда, коллективность; развитие коммуникативной, сигнальной деятельности, языка, речи. Сознание возникает как отражение объективных свойств природных предметов, которые выявляются в процессе производства орудий труда (если одним камнем ударить по другому, то результат совсем иной, чем в ситуации

удара камня по дереву - так проявляется объективное свойство твердости). Без учета свойств предметов систематическое производство орудий труда просто невозможно.

На уровне человека объективные связи, свойства среды проявляют себя, прежде всего, через устойчивые, повторяющиеся предметные действия субъекта. Их фиксация и выделение из множества случайных, второстепенных действий есть обобщение. Если результат обобщения закрепляется в каком-нибудь знаке, то тогда он может передаваться другим членам коллектива, долго сохраняться в коллективной памяти. В широком смысле этот процесс представляет процесс познания. Когда мы говорим о том, что человек обладает сознанием, то подразумеваем, что человек познает мир и что он обладает определенной системой знаний²⁵. Система знаний складывается в историческом опыте человечества. Каждый отдельный индивид осваивает ее заново в процессе социализации, обучения, образования, воспитания и др.

Сознание обладает также эмоционально-волевой стороной, т. е. сферой переживания действительности, которая выражает отношение субъекта к тому, что он отражает, преобразовывает. Это сфера выражения потребностей, интересов и целей. Человек не только познает мир, но и оценивает его свойства с точки зрения их значимости для удовлетворения своих потребностей. Функцию оценки во многом выполняют эмоции человека. Эмоциональная сфера гоминид выступала базой исторического формирования ценностного аспекта сознания человека.

На начальных этапах сознание было предметно-действенным²⁶. Поэтому человек не мог воспроизвести каких-либо действий по производству орудий труда в отрыве от этих орудий. На этом этапе еще не было устойчивого идеального целеполагания как некоторой сложившейся подсистемы сознания, о чем свидетельствует случайная, нестабильная форма орудий труда, создаваемых в результате еще во многом инстинктивных действий. В сознании еще не воспроизводилась закономерная связь между началом, процессом и результатом обработки предмета труда, поскольку логика практических действий была однозвенной. Орудия были однотипны и приспособлялись не к объекту, а к человеку.

Качественное изменение в характере труда и сознания связано с переходом к многозвенной²⁷ структуре трудового процесса, к созданию составных и специализированных орудий. При этом предметное действие человека, выражающее обобщенное значение, уходит во внутренний план, а непосредственным носителем мысли становится язык, предметно-действенное

²⁵ Знания — это выраженные в определенной системе знаков (слово, навык, жест, схема и др.) обобщенные элементы сознания, благодаря которым различаются вещи объективного мира, их существенные и несущественные свойства, сам человек и его отношение к внешнему миру.

²⁶ Оно было включено в акты предметных действий, логика отдельных идеальных действий еще отсутствовала, присутствовала лишь логика внешнего предметного действия.

²⁷ Сначала процесс производства разделился на два этапа: на первом изготавливались стандартизированные заготовки для орудий, на втором они превращались в собственно орудия. Вместе с этим возрастали опыт, квалификация, навыки работников, вырабатывались более совершенные приемы использования орудий труда, улучшалась организация труда, развивалось разделение труда.

сознание сменяется мифологическим. Обобщение мира происходит не в форме предметных действий, а форме идеальных чувственных образов. Вместе с тем стихийно-эмпирическое накопление первобытных рациональных знаний приобретает пока еще несовершенный, но уже системный характер.

Происхождение и начальные этапы развития языка. Далеко не все детали этого процесса известны, но в общих чертах можно воспроизвести его основные направления.

Коммуникация животных - необходимое условие их жизнедеятельности, обеспечивающая их взаимодействие и согласованность, стадную организацию и безопасность. Исходной базой формирования человеческого языка являлись виды коммуникации животных:

- зрительно-двигательная, жестовая (позы, жесты, движения, выражающие страх, угрозу, подчинение и др.) действующая только при дневном свете и в пределах видимости;
- обонятельная (с помощью запахов);
- звуковая, она имеет ряд преимуществ, не ограничивается дневным светом и воспринимается практически мгновенно, звуки могут быть дифференцированными и выражать широкий спектр эмоциональных состояний.

Современные теории языка исходят из того, что у человекообразных обезьян и первобытных людей в зачаточной форме сосуществовали два типа языка - первичный и вторичный. Первичный язык развивался на основе зрительно-двигательной (жестовой) коммуникации и выражал информацию об эмоциональном состоянии и поведенческих установках особи, значимую для другой особи. Вторичный язык формировался на базе звуковой коммуникации, в основе которой были эмоционально окрашенные крики обезьян и нейтральные шумы, не сопровождавшиеся видимым возбуждением.

В истории становления человека (общества, сознания) соотношение между этими двумя типами языка было, по-видимому, весьма непростым. На начальных этапах антропогенеза, когда развивалось предметно-действенное сознание, определенное развитие получила зрительно-двигательная, жестовая коммуникация (австралопитековые, по-видимому, общались между собой преимущественно языком жестов, которые, по-видимому, сопровождалась звуковыми восклицаниями - лалии). Жест являлся ведущим средством предметного обобщения действия, а значит, и регуляции (индивидуального и коллективного) действия.

Однако язык жестов является несовершенной формой коммуникации:

- он осуществлялся с помощью рук - главных рабочих органов, поэтому не всегда был возможен;
- не мог применяться ночью, на больших расстояниях, в условиях ограниченной видимости;
- жест не приспособлен для выражения сложных ситуаций, так как плохо подразделяется на составные элементы.

Все эти факторы не позволяли жестовому языку стать полноценным вторым (наряду с предметным действием) материальным носителем мысли.

Интерииоризация²⁸ сознания стала возможной, когда для обобщенной мысли подошел иной материальный носитель - звуковая коммуникация. Постепенно она приобретала характер вокально-информационной системы. Так, например, если у человекообразных обезьян было 20-30 сигналов, то у австралопитековых их могло быть уже несколько десятков или даже свыше сотни.

Язык развивался вместе с развитием речи. Можно предположить, что членораздельная речь возникла в эпоху формирования питекантропа. В его речи присутствовали щелкающие и носовые звуки; наряду с жестами слова выступали обозначениями предметов и лишь в отдельных случаях переходили в слова-предложения; речь носила диалогический характер. Но в целом в речи питекантропов и синантропов еще преобладает жестовая коммуникация, а речевые акты подобны телеграфному стилю.

У неандертальцев совершенствовалась артикуляция. Правда, возможно, были затруднения с произнесением отдельных гласных. Появилась монологическая речь. Как показывают новейшие макетные исследования ротовой полости неандертальцев, они, в принципе, могли общаться с помощью членораздельной речи.

С развитием языка зарождается сложная система знаков как выразителей смыслов и значений сознания.

12.7. Биологическое и социальное в филогенезе человека

Формирование современного человека – результат неразрывного единства биологического и социального его развития²⁹. С момента появления вида *homo sapiens* прошло 30-40 тыс. лет. Как же осуществлялся филогенез человека в этот период?

Эволюция человека продолжается на всем протяжении его существования. Сила естественного отбора в социальном мире ослабевает и значительной мере проявляет себя только в эмбриональном периоде развития человеческого организма. При этом необходимо отметить, что значение естественного отбора резко меняется в жизни человека и животных. Если у животных отбор – это главный фактор эволюции, то у человека его роль заключается в сохранении генофонда, в сдерживании мутаций, отрицательно влияющих на его здоровье.

Биологическое и социальное в человеке неразрывно взаимосвязаны. Биологически запрограммирована определенная средняя продолжительность

²⁸ Интерииоризация сознания - предметное действие человека, выражающее обобщенное значение, уходит во внутренний план, а непосредственным носителем мысли становится язык.

²⁹ *Биологическое* в человеке – это законы обмена веществ и энергии, обусловленные морфофизиологическими особенностями организма. Биологическое – это морфофункциональная основа, обеспечивающая индивидуальное приспособление организма к окружающей среде.

Социальное – это система материальных и духовных факторов общественного происхождения и совокупность лексических коммуникативных отношений, оказывающих влияние на жизнедеятельность человека.

жизни человека (около 100 лет). За период исторического развития человека под влиянием социальных условий она возросла: в древности – 20-22 года, в XVIII веке – до 30 лет, к началу XX века – 56 лет, сегодня в развитых странах средний возраст составляет 75-78 лет.

Рассмотрим вопрос об изменении умственных способностей человека. Имеются ли здесь изменения. В начале 60-х годов XX века сформировалось положение о том, что существует прямая зависимость между социальным положением человека и коэффициентом интеллектуальности IQ. В настоящее время этот вывод признан ошибочным, и сегодня нельзя считать доказанным, что коэффициент интеллектуальности IQ у людей обусловлен генетически.

Также является дискуссионным вопрос о том, становятся ли современные дети более интеллектуально развитыми. Пока нет данных, свидетельствующих о том, что рост интеллекта детей связан генетически с продолжающимся эволюционным развитием головного мозга. По этому поводу академик Л.П.Татаринов пишет: «Более вероятно, что рост интеллекта у детей – это следствие совершенствования системы воспитания и образования, прогресс которой, в целом, несколько недооценивается».

Кроме того, на сегодняшний день нет данных, позволяющих говорить об эволюции главного органа мышления – мозга. Косвенно о прекращении эволюции мозга свидетельствует тот факт, что его размеры у *homo sapiens* остаются неизменными на протяжении последних 30-40 тыс. лет. А у наших предков они увеличивались постоянно, в течение всей эволюции. Размеры мозга достигали у австралопитековых – 500-600 см³, у питекантропов – 900 см³, у современного человека – 1400 см³ у мужчин, у женщин - 1270 см³.

Современные биологи и антропологи полагают, что процесс видообразования человеку, прекратился со времени появления *homo sapiens*. Прежде всего, об этом свидетельствует тот факт, что в течение данного периода мозг человека не изменился, морфологическое изменение его завершилось. Для противоположной точки зрения, во всяком случае, нет достаточных оснований. Овладев культурой изготовления орудий труда, воспроизводством пищи, устройством жилищ, человек разумный поднялся над всеми другими видами животных и изолировал себя от неблагоприятных климатических факторов настолько, что отпала необходимость в его дальнейшей эволюции по пути преобразования в другой, биологически более совершенный вид.

С этого времени в качестве ведущего фактора эволюции человека выступает социальный фактор. Это говорит о том, что будущее человека связано с развитием культуры³⁰, интеллекта и целесообразной деятельности.

³⁰ При ответе на вопрос, какое же будущее ожидает человечество с точки зрения развития вида, иногда высказывается мнение, что все виды животных и растений постепенно вымрут вследствие деградации генома. По мнению большинства ученых, главная опасность состоит не в старении вида, а во все большем загрязнении биосферы, повышении количества техногенных аварий, уровня радиации, увеличением мутационной опасности химических загрязнителей и др. Достаточно отметить, что в России в настоящее время уровень рождаемости детей с генетическими отклонениями достиг 17 %. Все более увеличивается число людей, страдающих олигофренией, имеющей генетическое происхождение.

12.8. Биологическое и социальное в онтогенезе человека

В истории науки в вопросе соотношения биологических и социальных факторов в индивидуальном развитии человека, или в его онтогенезе, встречаются самые различные точки зрения. Так, немецкий биолог Э. Геккель абсолютизировал биологические факторы развития человека, среди которых основными он считал борьбу за существование и естественный отбор.

Френсис Гальтон в 1869 году впервые сформулировал принципы евгеники. Аристократ по происхождению, он занимался изучением родословных прославленных аристократических семейств Англии. Он пытался установить закономерности наследования таланта, интеллектуальной одаренности, физического совершенства. Гальтон считал, что если для получения новой породы необходим отбор лучших животных-производителей, то тех же результатов можно добиться и целенаправленным подбором семейных пар. Лучшие должны выбирать лучших, чтобы в результате рождались здоровые, красивые, одаренные дети. Любой селекционер знает: чтобы создать новую породу с улучшенными свойствами, нужно выбраковывать примерно 95 % животных. Худшие не должны участвовать в размножении – таков принцип естественного отбора. И тут евгеника сталкивается с неразрешимыми проблемами в области человеческой этики и морали. Таково начало евгеники.

То, что предлагал для улучшения человеческого рода Гальтон, впоследствии получило название позитивной евгеники, но очень скоро образовалось и другое течение – негативная евгеника. Ее приверженцы считали, что необходимо препятствовать появлению детей с умственными и физическими недостатками, у детей алкоголиков, наркоманов и преступников. Негативная евгеника с самого начала вызывала критику. Ведь такого рода «отбор» проводился еще в древней Спарте, где уничтожали слабых и больных детей. Результат известен – Спарта не дала ни одного выдающегося мыслителя, художника, артиста, но прославилась сильными и отважными воинами.

История знает немало примеров, когда великие люди имели физические недостатки или страдали от тяжелых наследственных болезней, в том числе и психических. Нередко не отличались здоровьем и их родители – например, мать И.С. Тургенева страдала черной меланхолией, а в роду у Л.Н. Толстого были больные эпилепсией и шизофренией.

Более того, известно, что некоторые психические болезни, развитие которых связано с тонкой душевной организацией, генетически связаны с одаренностью в музыке, математике, поэзии. По этому поводу можно привести высказывание академика И.Г. Петровского, бывшего ректора МГУ. Когда ему показали список противопоказаний для поступления на механико-математический факультет, он увидел слово «шизофрения» и удивился: «Кто же тогда будет делать

Приведенные факты свидетельствуют о том, что главная опасность и угроза дальнейшему существованию человека связаны в первую очередь с недостатками и несовершенством нашей культуры.

математику?»). Наследование данной болезни, по существу, так и остается загадкой для ученых.

Возражения ученых против негативной евгеники не убедили ее сторонников. В 1915-1916 годах в 25 американских штатах были приняты законы о принудительной стерилизации психически больных, преступников, наркоманов. Подобные законы существовали в странах Скандинавии и в Эстонии. Своего апогея негативная евгеника достигла в фашистской Германии - в 1933 году было стерилизовано 56244 психически больных. Нацисты считали, что внутри человечества должно образоваться ядро «высокосортных» личностей, которые и будут принимать участие в формировании будущей человеческой расы, все остальные – слабые, больные, увечные, просто не отвечающие стандарту – должны быть либо уничтожены, либо стерилизованы. Сначала действительно рождалось меньше детей с отклонениями, однако прошло 40-50 лет, и сейчас процент психически больных в Германии такой же, какой был раньше, что показывает бесполезность отбраковки «вредных генов».

В некоторых странах евгеника пошла другим путем. В Англии был принят ряд мер для поощрения многодетности у людей англосаксонской расы и создания благоприятных условий для воспитания и развития одаренных детей.

Как бы ни были гуманны мотивы евгеники – сделать человечество более здоровым, красивым, более одаренным, - в самой ее сути есть изъян. Разделение на жизнеспособное и слабое, на талантливое и бездарное, отбор, выбраковка – все эти понятия на уровне человеческого общества неизбежно означают дискриминацию, поэтому евгеника – это и в самом деле утопия. По самым оптимистическим подсчетам генетиков, за 200-300 лет можно было бы увеличить число «полезных» генов в человеческой популяции всего лишь на сотые доли процента.

В заявлениях ЮНЕСКО, сделанных в 1950-1951 годы, утверждается равенство всех рас и говорится о том, что наука не располагает данными о различиях в интеллектуальных способностях рас. Однако и по сей день появляются работы, в которых говорится о генетических различиях между расами, о более низком коэффициенте IQ негров и т. п., т. е. делается вывод о том, что коэффициент умственных способностей определяется, прежде всего, наследственностью и расовой принадлежностью. В действительности серьезные исследования показывают, что особенности генотипа проявляются не на расовом, а на индивидуальном уровне. У каждого человека генотип уникален. А различия между коэффициентом интеллектуальности IQ обусловлены не только наследственностью, но и средой. Известный негритянский общественный деятель Р. Иннис провел изучение IQ у негров из развитых районов индустриального Севера США и у белых из отсталого сельскохозяйственного Юга, и обнаружилось, что более высокий коэффициент IQ был у негров.

Интеллект – это «крайне расплывчатое понятие», так утверждал французский психолог Альфред Бине – человек, придумавший методику точного (как ему казалось) измерения человеческого ума. Принципы Бине до сих пор используются для научной оценки некоторых способностей.

Считается, что уровень IQ демонстрирует соотношение между физическим и умственным возрастом. Распространяясь по планете, IQ стал практически универсальным эталонным показателем ума, который якобы адекватно отражает ценность каждого человека. В действительности высокий уровень IQ никакого жизненного успеха не гарантирует. Возможно, этот коэффициент позволяет предсказать школьные успехи детей в рамках традиционной школьной программы, которая строится на математике и способности к абстрактному мышлению. Однако уровень IQ ничего не говорит об умении людей вести переговоры, правильно реагировать в сложных жизненных обстоятельствах, понимать других и владеть собой. Один и тот же человек может быть гением в одной области и абсолютно не способным в другой. Например: музыкант, игра которого вызывает у слушателей бездну эмоций, неграмотный моряк, который плавает среди тысячи островов и никогда не сбивается с пути, политик, способный покорить сердца миллионов, - может быть, все они плохо знают математику, но зато прекрасно владеют своим искусством, своей профессией.

Рассматривая эту проблему, следует также иметь в виду, что в индивидуальном развитии человека различаются два периода – *эмбриональный и постэмбриональный*.

Эмбриональный – охватывает промежуток времени с момента оплодотворения и до рождения ребенка, т. е. период внутриутробного развития человеческого эмбриона. Академик Н.П. Дубинин по этому поводу пишет: «В эмбриональный период - развитие организма происходит по жестко закрепленной генетической программе и сравнительно слабо (через организм матери) влиянию окружающей среды». Каждый человек является носителем специфического, индивидуального набора генов. Свойства человека детерминированы генотипом, а их передача от поколения к поколению происходит на основе законов наследственности. Индивид наследует от родителей такие свойства, как телосложение, рост, особенности скелета, цвет кожи, глаз и, предположительно, способности к вычислению в уме, склонности к тем или иным наукам.

На сегодняшний день общепринятой является гипотеза, что наследуются не сами способности, а лишь их задатки, которые в большей или в меньшей степени, проявляющиеся в условиях среды. Если, например, у человека нет возможности заниматься музыкой, то его врожденные музыкальные задатки так и останутся неразвитыми.

Кроме этого, необходимо отметить, что генетический потенциал человека жестко ограничен во времени. И если пропустить срок ранней социализации, то он угаснет, не успев реализоваться. Ярким примером этому могут служить случаи, когда младенцы, попавшие в условия существования животных, даже если и выживают физически, однако никогда не могут стать полноценными людьми. После возвращения в человеческое общество они не могут в полной мере овладеть речью, у них плохо развиваются психические функции человека. Это свидетельствует о том, что характерные черты человеческого поведения и деятельности (речь, накопленный опыт трудовой деятельности и общественного

поведения) не фиксируются генетически и передаются не по наследству, а приобретаются только через *социальное наследование* (через передачу социальной программы в процессе воспитания и обучения).

Сегодня становится общепризнанным, что адаптация человека осуществляется под влиянием двух программ наследственности: биологической и социальной. Нельзя не присоединиться к мнению о том, что ребенок в момент рождения является лишь кандидатом в личность человека, но он не может стать им в изоляции: ему нужно научиться быть человеком в общении с людьми.

Человек как социальное существо эволюционирует быстрее, чем как существо биологическое, поэтому, несмотря на огромные достижения цивилизации, между человеком, жившим тысячелетия назад, и человеком, живущим сейчас, нет существенных биологических различий.

В настоящее время становится общепризнанным, что биологическое и социальное в человеке находятся в тесной взаимосвязи.

13. БИОСФЕРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

13.1. Понятие биосферы. Границы биосферы

Термин «биосфера» введен в научный лексикон в 1875 году австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Он этим термином обозначал сферу обитания организмов. Однако эта концепция не сыграла заметной роли в развитии научной мысли до тех пор, пока в 1926 году не были опубликованы лекции русского минералога В.И. Вернадского. Именно он стал основоположником научного направления, названного им биогеохимией, которое и легло в основу современного учения о биосфере. Исходной основой существования биосферы и происходящих в ней биогеохимических процессов В.И. Вернадский считал астрономическое положение нашей планеты, и в первую очередь - ее расстояние от Солнца и наклон земной оси к эклиптике. Это пространственное расположение Земли определяет в основном климат на планете, а последний, в свою очередь, – жизненные циклы всех существующих на ней организмов. До появления работ В.И. Вернадского роль живых организмов на Земле представлялась ученым очень скромной. Действительно, казалось бы, какое может быть сравнение последствий их жизнедеятельности с мощностью внутренних сил планеты, вздымающих высочайшие горы, разверзающих океанские пучины, перемещающих целые континенты.

В.И. Вернадский доказал, что, *как бы слаб ни был каждый организм в отдельности, все они, вместе взятые, на протяжении длительного отрезка времени выступают как мощный геологический фактор*, играющий существенную роль в жизни нашей планеты. В биосфере живые организмы и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя целостную динамическую систему. Важно подчеркнуть то, что в современном понимании биосфера это не среда жизни, а глобальная система, в которой в неразрывной связи существуют, с одной стороны, инертное вещество в твердой, жидкой и газовой фазах, а с другой – разнообразные формы жизни и их метаболиты. В.И.Вернадский показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами, с деятельностью которых связан планетарный процесс – миграция химических элементов в биосфере. Совокупная деятельность живых организмов в биосфере проявляется как геохимический фактор планетарного масштаба.

Границы биосферы. Горизонтальных границ у биосферы нет, и речь следует вести только о ее вертикальной размерности. Биосфера - это область жизнедеятельности на Земле, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Верхняя граница, по всей видимости, определяется губительным действием солнечной радиации. В состав биосферы включается вся гидросфера. О нижнем, литосферном, пределе биосферы ясного представления пока нет. В большинстве работ указывается, что нижний предел на континентах составляет в среднем 2-3 км. Под океанами литосферный предел биосферы, вероятно, распространяется на 0,5-1,0 км ниже дна. Однако существует

более обоснованное предположение, что заселенным микроорганизмами может оказаться только 200-250-метровый слой донных осадков. Достоверно установлено, что микрофлора обитает в донных осадках толщиной от 5 см (Черное море) до 114 м (Каспийское море). О более глубоком проникновении жизни в литосферу, несмотря на буровые работы, достоверной информации нет. Ниже литосферной границы биосферы лежит «область былых биосфер», под которой В.И. Вернадский понимал оболочку Земли, в геологическом прошлом подвергшуюся воздействию жизни. Каменный уголь, нефть, известняк, мел и другие горные породы осадочного происхождения – свидетели существования жизни в «былых биосферах».

13.2. Состав и элементы биосферы

По В.И. Вернадскому, вещество биосферы разнородно по своему физико-химическому составу, а именно:

- живое вещество как совокупность живых организмов;
- биогенное вещество – непрерывный биогенный поток атомов живого вещества в косное вещество биосферы и обратно (рождаемое и перерабатываемое живыми организмами);
- косное вещество – образуемое без участия живых организмов (атмосфера, газы, горные породы);
- биокосное вещество – косное вещество, преобразованное живыми организмами (почва, илы, кора выветривания, поверхностные воды);
- радиоактивное вещество;
- рассеянные атомы земного вещества и космических излучений;
- вещество космического происхождения в форме метеоритов, космической пыли и др.

В строении биосферы важное значение для развития живого вещества имеют следующие ее элементы:

- слой живого вещества;
- почвенный покров (педосфера);
- ландшафтно-экологические системы, включающие живые организмы и среду их обитания;
- кора выветривания – зона разрушения и преобразования горных пород;
- древняя биосфера (палеобиосфера) – комплекс горных пород, рельефа и других ландшафтных компонентов, залегающих ниже современной биосферы и погребенных под ее новейшими образованиями. Это горные породы, рудные и нерудные минералы и др.;
- многочисленные минералы верхней части земной коры и биосферы: глины, известняки, бокситы и др.;
- природные воды осадочной оболочки;
- органические и органоминеральные соединения: уголь, графит, гумусовые вещества, нефть, природные газы;

– минеральные ресурсы биосферы и земной коры, распространенные в форме свободных элементов: меди, серебра, золота, платины и т. д.

Из вышесказанного следует, что биосфера является результатом сложнейшего механизма геологического и биологического развития косного и биогенного вещества. С одной стороны, это среда жизни, а с другой – результат жизнедеятельности.

13.3. Живое вещество. Функции живого вещества

Живое вещество – это совокупность всех живых организмов. При всем разнообразии размеров, морфологии и физиологии живых организмов, общим для них условием существования является обмен веществ со средой обитания. Хотя живые организмы составляют ничтожную часть массы наружных оболочек Земли, суммарный эффект их геохимической деятельности с учетом фактора времени имеет важное планетарное значение. Индивидуальный организм смертен, но жизнь в форме продолжающихся поколений бесконечна. Поэтому постоянно существующая планетарная совокупность организмов с позиций геохимии может рассматриваться как особая форма материи – живое вещество.

Рассмотрим особенности, характерные для живого вещества.

- Главное предназначение живого вещества и его неотъемлемый атрибут – *накопление свободной энергии в биосфере*. В процессе эволюции видов биогенная миграция атомов, т. е. энергия живого вещества биосферы, увеличилась во много раз и продолжает расти, так как живое вещество перерабатывает энергию солнечных излучений, атомную энергию радиоактивного распада и др.

- Живому веществу присуща также высокая скорость протекания химических реакций по сравнению с веществом неживым, где похожие процессы идут в тысячи раз медленнее.

- Главной чертой живого вещества является его биохимическая динамичность. Каждый организм и вся совокупность организмов находятся в постоянном геохимическом взаимодействии с веществом окружающей среды.

Живое вещество в биосфере выполняет две основные функции: *энергетическую* и *средообразующую*.

Чтобы биосфера могла существовать и развиваться, ей необходима энергия, собственных источников которой она не имеет. Она может потреблять энергию только от внешних источников. Таким главным источником для биосферы является Солнце. Энергетический вклад других поставщиков (внутреннее тепло Земли, излучение космоса) в функционирование биосферы ничтожно мал (около 0,5 %). Только 1 % солнечной энергии поступившей в биосферу, накапливается и передается потребителям в концентрированном виде. Первичным звеном поглощения солнечной энергии, являются растения, которые преобразуют ее в энергию химических связей, или энергию пищи. Если бы солнечная энергия только рассеивалась, то жизнь на Земле была бы невозможной. Без процесса накопления энергии невозможно было бы развитие жизни на Земле и образование современной биосферы. Жизнь сводится к непрерывной последовательности

роста, самовоспроизведения и синтеза сложных химических соединений. Внутри экосистемы эта энергия в виде пищи распределяется между животными. Частично энергия рассеивается, а часть энергии, запасенной организмами и не израсходованной в биосфере, с их отмиранием «складируется» в виде торфа, углей и других полезных ископаемых. Человек, извлекая эту энергию и возвращая ее биосфере, активизирует в ней теплоэнергетические процессы, которые, в конечном счете, приводят к парниковому эффекту. Таким образом, первоначальным источником всех процессов, протекавших на Земле, было Солнце, но главную роль в становлении и в последующем развитии биосферы сыграл фотосинтез.

Средообразующая роль живого вещества в биосфере имеет химическое проявление и выражается в соответствующих биогеохимических функциях, которые свидетельствуют об участии живых организмов в химических процессах изменения вещественного состава биосферы. Оно состоит в трансформации физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования организмов. Живое вещество выполняет следующие биогеохимические функции:

- газové;
- концентрационные;
- окислительно-восстановительные;
- биохимические;
- биогеохимические, связанные с деятельностью человека.

Газовые функции заключаются в участии живых организмов в миграции газов и их превращениях. В зависимости от того, о каких газах идет речь, выделяется несколько газовых функций: кислородно-диоксиуглеродная; диоксиуглеродная, независимая от кислородной; озонная; азотная; углеводородная. Концентрационные функции связаны с аккумуляцией живыми организмами из внешней среды химических элементов – углерода, кальция, магния, йода и т. д. Отмирание живого вещества приводит к аномально высокому содержанию большинства этих элементов в почве и литосфере вплоть до образования горных пород однородного химического состава. Выполнение окислительно-восстановительных функций осуществляется с помощью химического превращения веществ, содержащих атомы с переменной валентностью. Окислительная функция выражается в окислении с участием бактерий бедных кислородом соединений в почве, коре выветривания, гидросфере. Так образуются болотные железные руды. Биохимические функции связаны с жизнедеятельностью живых организмов – с физиологическими процессами, смертью и последующим разрушением тел. В результате происходит химическое превращение живого вещества сначала в биокосное, а затем, после умирания, в косное. Биогеохимические функции, связанные с деятельностью человека, обеспечили большие изменения химических и биохимических процессов в биосфере.

Средообразующие функции создали и поддерживают в равновесии баланс вещества и энергии в биосфере, обеспечивая стабильность условий существования организмов, в том числе и человека.

13.4. Биосфера как саморегулирующаяся система

Живое вещество способно восстанавливать, регенерировать условия обитания, нарушенные в результате природных катастроф или антропогенного действия. Этот процесс можно объяснить с помощью принципа Ле Шателье. Он заключается в том, что изменение любых переменных в системе в ответ на внешние возмущения происходит в направлении компенсации производимых возмущений. В теории управления аналогичное явление носит название *отрицательных обратных связей*. Благодаря этим связям система возвращается в первоначальное состояние, если производимые возмущения не превышают пороговых значений. Например, на увеличение содержания углекислого газа в атмосфере биосфера отвечает усилением фотосинтеза, который снижает его концентрацию. Таким образом, устойчивость биосферы является не статическим явлением, а динамическим.

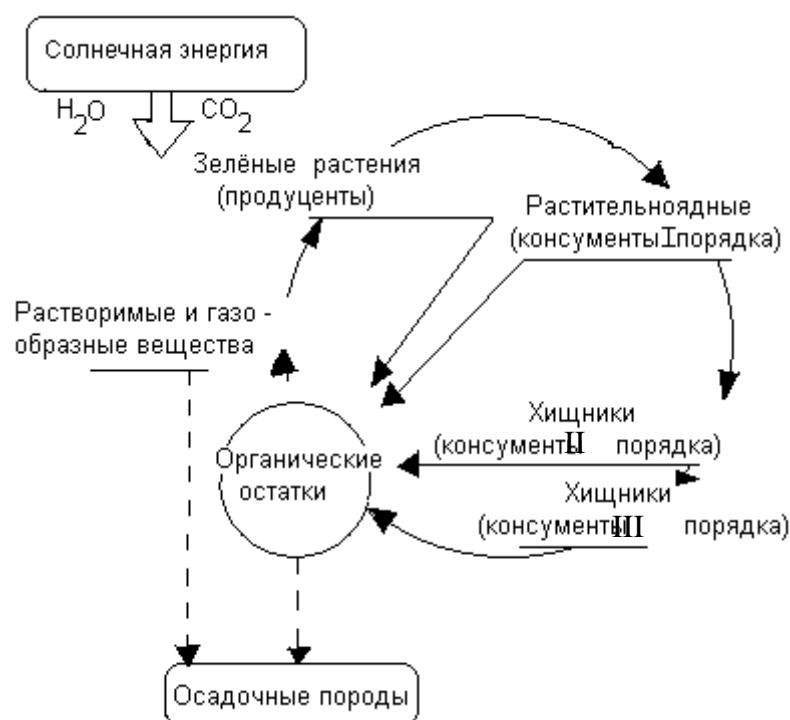


Рис. 24. Схема биотического круговорота вещества

Устойчивое функционирование экосистем и выполнение ими разнообразных функций возможно только при условии соблюдения закона постоянства вещества и энергии, которая реализуется в биотических круговоротах. Глобальные циклы миграции химических элементов в биосфере связывают наружные оболочки планеты в единое целое, обеспечивая ее устойчивость и непрерывную эволюцию ее состава. Биотический круговорот обеспечивается взаимодействием трех основных групп организмов: 1) продуцентов – зеленых растений, осуществляющих фотосинтез, и бактерий, способных к хемосинтезу: они создают первичное

органическое вещество; 2) консументов, потребляющих органическое вещество: это растительноядные и хищные животные; 3) микроорганизмов-редуцентов, разлагающих мертвое органическое вещество до минерального: это в основном бактерии, грибы и простейшие животные (рис. 24).

На восходящей части круговорота, основанного на выполнении энергетической функции зелеными растениями, происходит накопление солнечной энергии в виде органических веществ, синтезируемых растениями из неорганических соединений – углекислого газа, воды, азота, зольных элементов питания. Нисходящая часть биотического круговорота связана с потерями органического вещества. Во-первых, это процесс дыхания растений, при котором почти половина ассимилированного при фотосинтезе органического вещества окисляется до углекислого газа и возвращается в атмосферу. Второй существенный процесс расходования органического вещества и накопленной в ней энергии – это потребление растений животными. Запасаемая с пищей энергия также в значительной степени расходуется на дыхание, жизнедеятельность, размножение др.

Таким образом, круговорот представляет собой непрерывный процесс создания и деструкции органического вещества. Он реализуется при участии представителей всех трех групп организмов:

- без продуцентов невозможна жизнь, поскольку лишь они производят основу жизни – первичное органическое вещество;
- консументы разных порядков, потребляя первичную и вторичную продукцию и переводя органическое вещество из одной формы в другую, способствуют возрастанию многообразия форм жизни;
- редуценты, разлагая органическое вещество до минерального, возвращают его к началу круговорота.

Все живое вещество биосферы обновляется в среднем за 8 лет. В океане циркуляция идет во много раз быстрее: вся масса живого вещества обновляется за 33 дня, а масса фитопланктона – каждый день. В атмосфере смена кислорода происходит за 106 лет, углекислого газа - за 6,3 года. Процесс полной смены вод в гидросфере осуществляется за 2800 лет, а время, необходимое для фотосинтетического разложения всей массы воды, исчисляется 5-6 млн. лет.

Биосферу Земли можно рассматривать как сложную систему, обладающую свойствами саморегуляции. В.И. Вернадский говорил в этом смысле об «организованности биосферы». Одно из наиболее характерных проявлений организованности биосферы Вернадский видел в наличии озонового слоя, находящегося за пределами биосферы и поглощающего губительные для жизни ультрафиолетовые лучи. Этот слой есть наиболее яркое проявление саморегуляции биосферы Земли как кибернетической системы. Состав газовой оболочки нашей планеты, состав атмосферы полностью регулируется жизнедеятельностью живых организмов, растений и т. п.

Другой пример саморегулирования представляет собой Мировой океан. Реки земли ежегодно вносят в океан около 1,5 млн. тонн различных солей, а

солевой состав океанической воды существенно не меняется. Почему? Организмы используют эти соли для построения своих скелетов, а после их отмирания соли в связанном состоянии осаждаются на дно. Так стабилизируется состав океанических вод. Этот механизм действует в биосфере уже многие миллионы лет.

Таким образом, саморегулирование биосферы Земли обеспечивается живыми организмами. Это позволяет считать биосферу централизованной саморегулирующейся системой.

13.5. Проблемы перехода биосферы в ноосферу

Жизнь на Земле существовала еще задолго до появления человека, и в любой из периодов взаимодействия живого с окружающей средой на земле оставался след. С появлением человека это воздействие стало более заметным и сильным, ибо, по словам В.И. Вернадского, «создалась новая, геологическая сила ума и техники, ранее на планете не бывавшая».

Под ноосферой Вернадский понимал не выделенный над биосферой «мыслящий пласт», а качественно новое состояние биосферы. Используя свое интеллектуальное превосходство над остальной живой природой, человек охватил своей жизнедеятельностью всю биосферу. Развитие науки привело к приручению и одомашниванию животных, к созданию культурных растений. Человек стал изменять окружающую природу и животный мир. Одной из ключевых идей, лежащих в основе теории В.И. Вернадского о ноосфере, является то, что человек не является самостоятельным живым существом, живущим отдельно по своим законам, он сосуществует внутри природы и является ее частью.

Ноосфера как высокоорганизованное состояние биосферы может возникнуть и существовать при условии, что процесс ее развития протекает сознательным путем, управляется научной мыслью.

Биосфера и ее составная часть, человечество, вступили в сложный период своего развития. Внутри биосферы формируется техносфера, обусловленная хозяйственной деятельностью человека. Вследствие этого возрастают антропогенные и техногенные воздействия на биосферу. Этот процесс усугубляется множеством неблагоприятных факторов: человечество обладает мощными источниками энергии и токсичности, которые позволяют за короткое время уничтожить все живое на Земле. Кроме того, есть безрадостная перспектива – глобальная экологическая катастрофа, в основе которой – стихийная деятельность людей, сопровождающаяся загрязнением среды обитания, нарушением теплового баланса Земли, развитием парникового эффекта и т. п. В ближайшей перспективе назревает истощение сырьевых энергетических источников, а также возможен демографический взрыв – резкое увеличение количества живущих на Земле.

Выходом в решении этих проблем является изменение сознания людей, отказ от взгляда человека на природу как на объект эксплуатации. Присутствие в биосфере человеческого разума должно резко изменять ситуацию. Человек должен свести к минимуму негативные воздействия на природу: запретить производство и

использования оружия массового уничтожения, отказ от несовершенных технологий и промышленного производства, перейти к экологически чистой энергетике и альтернативным источникам энергии.

В настоящее время под ноосферой понимают сферу взаимодействия человека и природы, в рамках которой определяющим фактором станет разумная человеческая деятельность. Таким образом, можно сказать, что в настоящее время человечество держит экзамен на разумность. Осознание этого предполагает выявление закономерностей эволюционного процесса в нужном для природы направлении, в противном случае человечеству грозит самоуничтожение в результате экологических проблем, ядерной или токсикологической катастроф. Путь к ноосфере лежит через переход от потребительского мышления к принципиально новому ноосферному мышлению, в основе которого - путь гармоничного сосуществования цивилизации и биосферы в рамках коэволюции.

13.6. Антропосоциогенез и формирование глобальных экологических программ

На протяжении тысячелетий людей окружала природа, просторы которой казались безграничными. Влияние человеческой деятельности на природу возрастало из-за увеличения численности населения использования все более мощной техники и др. На рубеже второго и третьего тысячелетий нашей эры перед народами и странами, несмотря на различия в их политическом устройстве, религиозных убеждения, встали одни и те же проблемы.

Современное общество оказалось на пороге новой цивилизационной катастрофы. Реалии начала XXI века ставят проблему выживания человека в разряд философских проблем, касающихся всего человечества. Оно вынуждено осознать, что размеры и ресурсы нашей планеты ограничены, что усиливающееся загрязнение окружающей среды вредит здоровью нынешнего и может сделать невозможной жизнь последующих поколений. Как отмечает А.А. Громыко, в труде «Выживут ли земляне?», «...сокровенное значение человеческой жизни с тех пор, как люди стали людьми, заключается в сознании того факта, что жизнь – это риск, и потерять ее можно не только в результате дней и естественных процессов старения, но и вследствие попыток изменить окружающую материальную и социальную среду». Все вместе, эти проблемы составляют сущность экологического кризиса.

Сегодня ведутся интенсивные поиски моделей развития человеческой цивилизации в третьем тысячелетии. Но ни одна из предполагаемых ныне моделей не является удовлетворительной, так как все они слабо учитывают человеческий фактор, необходимость изменения мышления человечества и каждого отдельного человека в связи с переходом от потребительского отношения к природе к партнерским и выходом на уровень коэволюции природы и общества.

Рассмотрим схематично, как складывались отношения человека с природой.

Самоорганизация человеческого общества на всем протяжении его становления происходила на фоне тесного взаимодействия человека и природы. С

течением времени характер этих взаимодействий изменялся. Человек все больше выделялся из системы природы и превращался из ее партнера в покорителя. В истории человечества можно выделить несколько моментов, которые сыграли судьбоносную роль и стали своеобразными толчками бифуркации. Это:

- овладение простейшими орудиями труда и их изготовлением. Палеотехносфера (охота, собирательство, рыболовство);
- овладение огнем;
- мезотехносфера (земледелие и скотоводство);
- агротехносфера (интенсивное сельское хозяйство с применением мелиорации);
- протехносфера (промышленная революция - 250-300 лет назад);
- информационная революция (20 лет назад).

В качестве основного двигателя социальной эволюции выступают голод и стремление выжить. Именно эти два фактора заставили человечество коллективно трудиться, изобретать орудия труда, окультуривать растения и одомашнивать животных, учиться выплавлять металл, заниматься наукой, осваивать новые территории и создавать промышленность.

В доцивилизационный период, на первых этапах развития человек жил в тесном единении с природой. Природа давала человеку все (впрочем, как и сейчас), но жизнь человека в те времена и его выживание полностью зависели от капризов природы.

По меньшей мере со времени появления кроманьонца (30-40 последних тысячелетий) начала формироваться палеотехносфера. Относительно развитый интеллект, умелое употребление орудий труда и организация в сплоченные коллективы позволили человеку добиться определенных преимуществ перед другими млекопитающими.

Но ни один биологический вид не может в короткие сроки значительно воздействовать на среду обитания, на весь комплекс животных и растений, обитающих в определенной местности. Человек добивался этого (сознательно, а более - бессознательно) благодаря использованию огня. Именно огонь стал первой стихией, «прирученный» человеком. Он применялся для разных целей, прежде всего для охоты (огневые загоны – человек поджигал леса или сухую траву, чтобы выгнать притаившихся или спрятавшихся животных), для расчистки территорий от кустов и деревьев (таким способом люди освобождали новые площади для посевов), для приготовления пищи и обогрева, для сигнализации и в ритуальных целях. Получается, что для уничтожения первозданных лесов на огромных территориях не требовалось изощренной техники, энциклопедических знаний: достаточно было взять на вооружение огонь. Огонь сопровождал человека в течение многих тысячелетий. За столь длительные сроки «техногенный огонь» способствовал превращению лесов в лесостепи и лесотундры, а их, в свою очередь, – в степи и тундры. В результате этого сравнительно быстро менялась окружающая человека среда, в частности, по вине самого человека.

В палеотехносфере шло отчуждение человека от естественной природы. В этот период сформировалось потребительское отношение к природе. По этому поводу антрополог А.М. Золотарев пишет: «Кроманьонский человек был умелым и изобретательным творцом орудий и совершил величайший скачок в истории техники: он теперь все больше рвал со своим звериным прошлым. Он по-прежнему зависел от природы, но она им больше не управляла...».

Древние люди, занимаясь охотой и собирательством, вскоре исчерпали возможности своей экологической ниши. С ростом числа людей стало не хватать еды и начался голод. Из этой ситуации было два выхода. Первый – «покориться природе». Второй – «покорить природу», создать новую техногенную среду, организованную более рационально. И чтобы не умереть с голоду, люди изобрели новые технологии получения пищи: земледелие и скотоводство.

Создание искусственных экосистем способствовало стабильности снабжения пищей и витаминов позволило надолго оставаться на одном месте. Это, в свою очередь, привело к улучшению жилищ и орудий труда. Для развивающейся агротехносферы характерен целый комплекс явлений: орошаемое продуктивное земледелие; развитие ремесел; крупные сооружения, связанные с хозяйственной деятельностью (каналы, плотины, оросительные системы, города), войной (крепости), культом (храмы, усыпальницы)...

Однако развитие сельского хозяйства также сопровождалось наступлением на природу. До того, как человек стал заниматься сельским хозяйством на земном шаре существовали обширные массивы лесов, общая площадь которых составляла 6,2 млрд. га. Однако в течение многих веков в результате расчистки земельных угодий под пашни, пастбища, заготовки деловой древесины площадь лесных экосистем сократилось до 4,2 млрд. га, т. е. почти на треть. Первая известная нам экологическая катастрофа из-за засоления орошаемых земель произошла 2 тыс. лет назад до н. э. – погибла цивилизация шумеров в Нижней Месопотамии, где стало невозможно земледелие.

Переход к производящему способу производства питания усилил воздействие на природу. К проблемам истребления некоторых биологических видов животных, выедания добавились проблемы эрозии почв, связанные с нерациональным землепользованием, обмеления рек, опустынивания и заболачивания земель.

В качестве особенностей этого времени можно отметить отдельные мифы³¹. Люди не только верили в безмерное могущество богов, они предостерегали: не следует властно вмешиваться в ход природных процессов, подчиненных высшим законам.

В раннецивилизационный период с возникновением городов-государств, а затем и крупных цивилизаций, с расцветом ремесел и активным использованием

³¹ Например миф о Фэтоне, сыне Зевса и смертной женщины. Фэтон отважился занять место отца в солнечной колеснице. Небесные кони помчали привычным путем золотую колесницу, поднимаясь к зениту, но, ощутив неуверенность, неумелость рук человека, рванули в сторону. Солнце заметалось по небу. Когда оно приближалось к земле, вспыхивали дома и леса, гибли звери и люди. Зевсу пришлось насмерть поразить несчастного Фэтона...

металлов в отношениях человека и природы наметилась трещина, поэтому уже в законодательствах древних государств содержатся статьи об охране некоторых видов животных, регламентирование использования водных источников. Но в общем и целом в раннецивилизационный период биосфера удерживала равновесие.

В эпоху Средневековья рост населения, развитие производства и техники приводят к еще более мощному антропогенному воздействию на природу.

Промышленная революция началась в XVIII веке в Англии. Эта технологическая революция позволила резко увеличить объем и характер производства. Она сопровождалась быстрым ростом потребления энергии. Развитию науки и культуры способствовало изобретение книгопечатания. Англия, которая первой освоила механическую прялку, ткацкий станок и паровой двигатель, быстро перешла от ремесленного производства к машинному и в середине XIX века производила больше половины мировой промышленной продукции.

Во второй половине XX века человечество вступило в новую эру своего существования, когда потенциальная мощь созданных им средств воздействия на среду обитания становится соизмеримой с могучими силами природы, а наука превращается в ведущую силу развития общественного производства. К началу XX века человечество, по образному выражению В.И.Вернадского, «становится могучей геологической силой».

Двадцать первый век характеризуется грандиозным развитием фундаментальных и прикладных наук, техники, сельского хозяйства. Человек начал завоевывать космическое пространство, научился использовать энергию атома. Усилилась мощь его воздействия на природу. Ежегодно в мире из недр Земли извлекается свыше 20 млрд. тонн различных руд и сопровождающих их пород. В окружающей среде накопилось около 50 тысяч различных соединений, созданных синтетическим путем и несвойственных природе.

Для биосферы окружающая среда – механизм геосфер. Он организован примитивно и не реагирует, скажем, на какие-либо химические «вредные» соединения. Реально ему угрожает, в сущности, только изменение температуры до полного перехода воды в лед или пар (из круговорота выйдет гидросфера) или до полного расплавления литосферы (исчезнет блок памяти, накопления энергии, сложности, порядка).

Для человечества окружающая среда – биосфера. Техника и технология – средство добывания природных ресурсов. Цель их проста и сформулирована пусть не всегда сознательно, но очень четко: добыть максимум материальных (а затем и духовных) благ, используя минимум усилий. Однако этот принцип «максимум благ за минимум затрат» привел к тому что техническое развитие стало неуправляемым. Возможные катастрофические последствия неконтролируемой и неуправляемой жизнедеятельности – это реальность, с которой сегодня уже нельзя не считаться. Череды побед над природой неизбежно приводит к поражению: обедняя природу человек, лишает себя средств к существованию. Покорность

природы оказывается обманчивой, победа становится опасней поражения. Неограниченное потребление и безудержное стремление к обладанию ресурсами обострило межгосударственные конфликты, разделило страны и отдельные слои населения на очень богатых и нищих. Изменения в экосистемах стали катастрофическими и создалась угроза полного разрушения экосистемы.

В 1968 году около 100 крупнейших ученых разных специальностей объединились в Римский клуб. Под его руководством крупнейшие исследовательские центры провели прогностические расчеты для 12 регионов мира и разработали несколько моделей развития мирового сообщества в XXI веке. В основу расчетов было заложено 5 параметров роста: население, капиталовложение, добыча ресурсов, производство продовольствия, загрязнение окружающей среды. Расчеты показали, что если сохранятся современные темпы и тенденции развития общества, то через 100 лет Земля станет непригодной для жизни человека. Это произойдет со смещением от 15 до 50 лет в зависимости от региона, развития в нем техники и технологий. Причем кризис начнется со слаборазвитых стран, где к настоящему времени сосредоточены самые грязные технологии и огромное количество отходов производств высокоразвитых стран.

Единственный путь к выживанию – регулирование населения, снижение потребления ресурсов каждым человеком. Этими проблемами занимается относительно новая естественная наука – экология.

13.7. Основные понятия и законы экологии

Термин «экология» происходит от греческих корней «эйкос» - дом и «логос» - учение, т. е. означает учение о доме. Более строгое определение гласит: экология - наука о взаимоотношениях организмов и образуемых ими сообществ с факторами окружающей среды. Данный термин был предложен в 1866 году профессором Йенского университета Эрнстом Геккелем.

Экология раскрывает структуры и закономерности эволюции биосферы в целом, изучая взаимосвязь по цепи: особь → популяция → вид → биоценоз → биогеоценоз → биосфера. Особь в этой системе играет роль лаборатории новообразований, популяция представляет первичную ячейку деятельности естественного отбора, элементарную эволюционную единицу, биоценоз содержит все основные компоненты биологического круговорота, биосфера – сама жизнь во всем ее многообразии.

Американский эколог Б. Коммонер сформулировал четыре основных закона экологии:

1. Все связано со всем. Вред, наносимый одному компоненту экосистемы, может привести к неблагоприятным последствиям в функционировании всей экосистемы.

2. Все должно куда-то деваться. Географическая оболочка в целом, ландшафты Земли – в известном смысле замкнутые системы. Бытовые и производственные отходы, попадая в окружающую среду, не исчезают бесследно. У природных систем остается все меньше сил, чтобы справиться с переработкой

веществ, загрязняющих среду обитания. Вокруг городов растут свалки мусора, загрязняющие вещества разносятся далеко от мест выброса воздушными и водными потоками.

3. Природа знает лучше. Последствия разного рода преобразований делает среду обитания людей еще менее благоприятной.

4. За все надо платить. Человек не может безвозмездно расходовать природные ресурсы, загрязнять окружающую среду, преобразовывать природные ландшафты в культурные. Все виды взаимодействия человека с природой должны оцениваться экономически.

Рассмотрим пять основных этапов формирования современной концепции экологии.

- Сначала под экологией понимались чисто биологические исследования связей каких-либо организмов между собой и окружающей средой.

- К середине 20-х годов XX века этот термин уже начал применяться к исследованию сообществ организмов и включал такие понятия, как «трофическая связь» и «пирамида чисел».

- К 50-м годам XX века были разработаны понятия «биогеоценоз» и «экосистема», которые стали рассматриваться как основные единицы научных исследований, включающие все взаимодействия между окружающей средой и обитающими в ней организмами.

- Следующим шагом было признание в 70-х годах XX века факта, что наиболее критической областью исследований являются зоны, находящиеся на стыке различных экосистем, и что совокупность экосистем составляет то, что мы называем биосферой.

- Последним событием стало признание главенствующей роли человека в биосфере, его ответственности за ее судьбу.

Будущее человечества зависит от того, какой станет окружающая среда и как будут приспособляться к ней люди. Человечество как вид может сохраниться в том случае, если оно сумеет предотвратить отрицательные последствия изменения окружающей среды. Второй путь выживания – это адаптация к неблагоприятным условиям. Если не произойдет ни первого, ни второго, согласно биологическим законам, человечество обречено на вымирание. Поэтому самым актуальным вопросом современной науки является решение глобальных проблем, стоящих перед человеком.

13.8. Глобальные проблемы человечества

Глобальный экологический кризис называется так потому, что затрагивает интересы всех без исключения народов и стран мира, все его регионы. И решить эту проблему можно лишь совместными усилиями всех землян. Рассмотрим кратко основные глобальные проблемы человечества.

Демографический взрыв. С древнейших времен и до прошлого столетия численность населения на Земле изменялась незначительно, то возрастая до нескольких сотен миллионов, то снижаясь из-за эпидемий, голода и войн. В начале XIX века она оставалась чуть меньше 1 млрд., однако с наступлением индустриального периода развития (1830) ситуация резко изменилась: уже спустя 100 лет численность населения удвоилась, а примерно через 30 лет утроилась. В 1975 году она превысила 4 млрд., а в 1999 году достигла 6 млрд. человек. По прогнозам, к 2029 году население увеличится до 7,5 млрд. человек, а 2050 году дойдет до 9 миллиардной отметки. Это дает повод говорить о «демографическом взрыве».

Еще более быстрыми темпами растет городское население планеты, быстро увеличивается число городов – мегаполисов. Гигантская концентрация людей в городах, городская инфраструктура – это аномалии, разрушающие природу. Они потребляют чистый воздух, воду, энергию, продукты питания и выбрасывают в окружающую среду огромное количество отходов.

Население мира увеличивается сегодня на 250 тыс. человек ежедневно, 1 млн. 750 тыс. каждую неделю, на 7,5 млн. в месяц, 90 млн. в год. Если современные темпы сохранятся, то менее чем через 700 лет на одного жителя планеты придется 1 м² площади, включая поверхность океанов и льдов Антарктиды. По данным ООН, основной прирост населения приходится на развивающиеся страны. Этот процесс резко обостряет экологические и социальные проблемы. Число жителей развивающихся стран составляет три четверти населения планеты, а потребляет оно всего одну треть общемировой продукции, причем разрыв в потреблении на душу населения продолжает расти. Приведем опубликованные расчеты из популярного американского издания: «Если бы все население Земли «сжать» до размеров деревушки с населением 100 человек, а все существующие соотношения современного человечества остались бы прежними, то получилась бы следующая картина: в ней бы проживало 57 азиатов, 21 европеец, 14 представителей Северной, Центральной и Южной Америки, 8 африканцев. 50 % всех богатств оказалось бы в руках 6 человек, и все они были бы гражданами США; 70 человек не умели бы читать; 50 страдали бы от недоедания; 80 жили бы в жилищах, для проживания мало приспособленных».

Низкая рождаемость в экономически развитых странах также может привести к неблагоприятным социально-политическим последствиям. Постепенно в них меняется возрастная структура общества. Уменьшается доля детей и молодежи, увеличивается доля пожилых людей. Происходит «постарение» населения. Рост численности пенсионеров ложится тяжелым бременем на экономику.

Проблема голода. С демографической проблемой непосредственно связана проблема голода. Основным источником продуктов питания для человека является сельское хозяйство. Общая площадь пашен в мире – 1 млрд. 356 млн. га.

На протяжении всей истории человечества рост населения планеты сопровождался расширением «ойкумены»³². При этом под сельское хозяйство осваивались наиболее плодородные и удобные земли.

На сегодняшний день происходит абсолютное сокращение площади пахотных земель. До половины из них используется с тенденцией к их истощению. Огромные площади пашни «съедаются» оврагами, плодородный слой смывается и выдувается. Большие площади сельскохозяйственных угодий отторгаются под строительство быстро растущих городов, дорог, промышленных объектов.

На земном шаре сейчас больше недоедающих и голодающих, чем когда-либо раньше, и их число увеличивается. На современной карте мира зона голода охватывает огромную территорию по обе стороны экватора, включая почти всю Африку к югу от Сахары, Азию (прежде всего ее юго-восточную часть), страны Карибского бассейна и Южной Америки. Всего в мире недоедает и голодает более 1 млрд. человек.

Атмосферный воздух. Кислотные осадки. Парниковый эффект. Озоновый слой. Атмосфера – это воздух, которым мы дышим. Он загрязняется путем привнесения в него или образования в нем загрязняющих веществ³³ в концентрациях, превышающих нормативы качества или уровень естественного содержания. Выбросы в атмосферу осуществляют: электроэнергетика, черная и цветная металлургия, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая промышленность, угольная, газовая, машиностроительная промышленность, промышленность строительных материалов, химическая и нефтехимическая промышленность, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная, пищевая промышленность.

Воздушный океан обладает способностью к самоочищению от загрязняющих веществ. Аэрозоли вымываются из атмосферы осадками, ионы оседают под влиянием электрического поля атмосферы, а также вследствие гравитации. Например, воздушные потоки, переносящие загрязнения, очищаются, встречая на своем пути лес. На деревьях осаждаются не только твердые частицы, но и летучие вещества.

Рассмотрим некоторые экологические проблемы, связанные с загрязнением воздуха.

Кислотные осадки. Кислотными называют любые атмосферные осадки (дожди, туманы, снег), кислотность которых выше нормальной. Кислотные свойства среды определяются ионами водорода (H^+). Чем больше концентрация ионов водорода в растворе, тем выше его кислотность. Для выражения

³² Ойкумена – обитаемая часть суши, включающая все заселенные, освоенные или иным образом вовлеченные в орбиту жизни общества территории.

³³ Загрязняющее вещество – примесь в атмосферном воздухе, оказывающая при определенных концентрациях неблагоприятное воздействие на здоровье человека, на растения и животных, другие компоненты окружающей природной среды или наносящая ущерб материальным объектам.

концентрации ионов водорода используют единицы водородного показателя, или рН. Шкала рН: от 0 (крайне высокая кислотность) через 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне сильная щелочность).

Химический состав кислотных осадков показывает присутствие серной и азотной кислот. Особенно чувствительны к повышению кислотности обитатели водоемов. Когда среда подкислена, погибает молодь водных обитателей, нарушаются пищевые цепи, охватывающие почти всех диких животных, сокращается число птиц, питающихся рыбой или насекомыми, личинки которых развиваются в воде. Кислотные дожди оказывают губительное воздействие на древесную растительность, особенно на хвойные леса.

В разных районах последствия выпадения одинакового количества кислотных осадков могут быть различными. Одни ландшафты остаются практически без изменений, тогда как другие подкисляются настолько, что становятся необитаемыми. Ключ к ответу лежит в понятии «буферная емкость почвы». Буфер – вещество, способное поглощать ионы водорода при данном значении рН. Когда в систему, содержащую буфер, добавляют кислоту, дополнительные ионы водорода им поглощаются и рН остается практически неизменным. В качестве буфера многие природные системы содержат карбонат кальция. Реакция ионов водорода с карбонат-ионами дает воду и углекислый газ. Поэтому при одинаковом количестве кислотных осадков в первую очередь гибнут экосистемы с низкой буферной емкостью.

Парниковый эффект. Под выражением «парниковый эффект» подразумевается следующее геофизическое явление. Солнечная радиация, попадающая на Землю, преобразуется: 70 % поглощается поверхностью суши и океана, остальные 30 % отражаются в космическое пространство. Поглощенная энергия солнечной радиации трансформируется и излучается обратно в космос в виде инфракрасных (тепловых) лучей, при этом чистая атмосфера прозрачна для инфракрасных лучей, а атмосфера, содержащая пары воды, углекислый газ и некоторые другие газы, поглощают инфракрасные лучи, благодаря чему воздух нагревается. Парниковые газы выполняют ту же функцию, что и стеклянное покрытие в парнике. Чем выше концентрация парниковых газов, тем сильнее нагревается атмосфера (рис. 25).

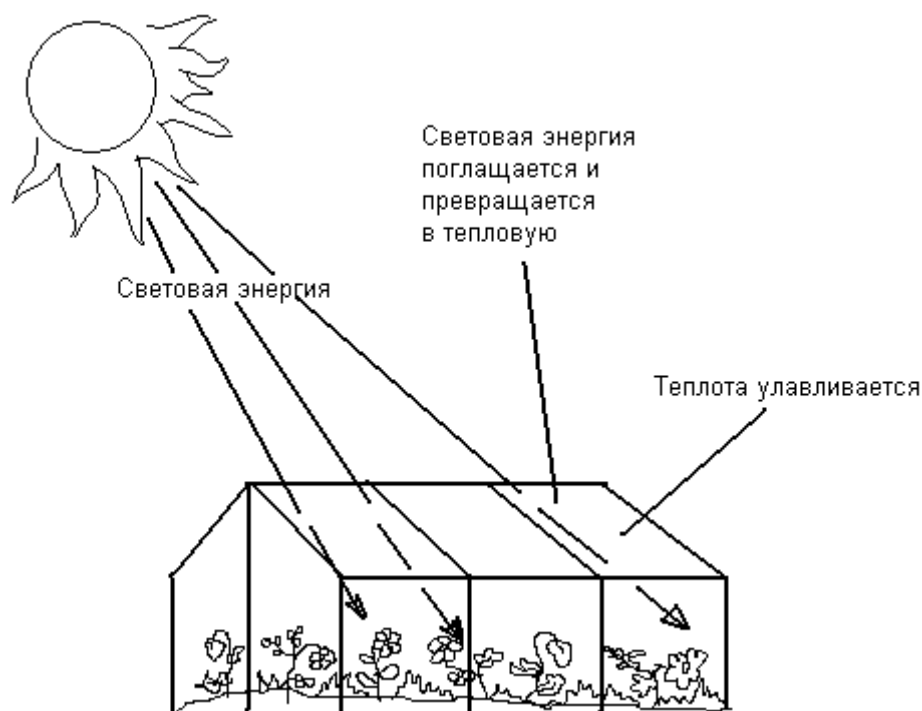


Рис. 25. Парниковый эффект

Естественный парниковый эффект создает прирост средней температуры Земли на 30°C . Это значит, что если бы парникового эффекта не было, то средняя температура Земли, составляющая сейчас 15°C , понизилась бы до -15°C . Всю Землю бы сковало льдом.

Одной из основных причин парникового эффекта является накопление углекислого газа, метана в атмосфере. В биосфере содержание углекислого газа в воздухе регулируется так, что его поступление равняется удалению. Данное равновесие нарушается человеком, основным энергетическим сырьем для человека служат уголь, нефть, газ и др. В результате их сжигания в качестве топлива в атмосферу поступают дополнительные порции углекислого газа. Плюс к нему реальные потери метана при добыче, транспортировке по трубопроводам, распределении в городах и населенных пунктах, при использовании на станциях теплоснабжения и электростанциях.

Ожидается, что к середине XXI века количество углекислого газа в атмосфере удвоится, что повлечет за собой повышение температуры: в умеренных широтах на $2-3^{\circ}\text{C}$, на полюсах более чем на 10°C . Потепление вызовет таяние полярных льдов. В океан дополнительно поступит такое количество воды, что будут затоплены обширные приморские низменности и расположенные на берегах морей города, в которых проживает подавляющее большинство населения планеты и сосредоточен основной промышленный потенциал.

Различия температуры на полюсах и экваторе – основная движущая сила циркуляции атмосферы. Потепление на полюсах приведет к ее ослаблению. Это изменит всю картину циркуляции и связанный с ней перенос теплоты и влаги, что повлечет за собой глобальное изменение климата. Глобальное потепление нанесет урон практически всем экосистемам (см. приложение).

В связи с глобальной угрозой изменения климата страны – члены ООН в 1992 году на Конференции ООН по охране окружающей среды и развитию подписали рамочную Конвенцию ООН об изменении климата, которая ратифицирована РФ 4 ноября 1994 года и вступила в силу 6 марта 1995 года. Конечная цель Конвенции заключается в том, чтобы добиться содержания парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему.

В декабре 1997 года в рамках конвенции ООН по изменению климата был принят Киотский документ, согласно которому все развитые страны и страны с переходной экономикой приняли обязательство по сокращению выбросов в атмосферу газов, создающих парниковый эффект. В качестве отправной точки взят 1990 год. К 2000 году присоединившиеся к Конвенции ООН страны должны сократить выброс парниковых газов в атмосферу до уровня 1990 года, а к 2008 году произвести еще большее сокращение. Так, страны Европы обязаны снизить загрязнения атмосферы на 8 %, Япония – на 6 % в год. Россия в настоящее время сбрасывает всего 70 % уровня 1990 года.

По инициативе Всемирного банка в России были проведены интересные исследования. По их прогнозу, Россия в обозримом будущем не будет выбирать своей квоты. В 2010 году выбросы РФ составят 96 % от уровня 1990 года. Неиспользованные квоты Россия может продавать другим государствам. Они у России будут громадными – 250 млн. тонн ежегодно. Одна тонна выбросов оценивается на рынке в 10 долларов. По данным Госкомэкологии, доходы от торговли квотами планируется направлять на меры экологического характера – лесовосстановление, строительство экологически чистых производств, внедрение безопасных технологий. Согласно этой логике, страна будет заинтересована в уменьшении вредных выбросов на своей территории, так как это принесет существенный доход.

Нарушение озонового слоя. Наряду с видимым светом Солнце излучает также ультрафиолетовые лучи. Особую опасность представляет коротковолновая часть спектра – жесткое ультрафиолетовое излучение. Все живое защищено от его агрессивного воздействия, так как свыше 99 % его поглощается слоем озона в стратосфере на высоте около 25 км (рис. 26).

Основными факторами, разрушающими озоновый экран, являются запуск ракет, испытания ядерного оружия, уничтожение природного озонатора – миллионов гектаров леса, фторхлоруглеродороды (фреоны, хладоны), используемые в холодильниках, а также в аэрозольных товарах. Фторхлоруглеродороды летучи и, поднимаясь в атмосферу, разлагаются, высвобождая атомарный хлор, который при столкновении с молекулой озона вышибает из нее один атом. Озон превращается в кислород, хлор же, соединившись временно с кислородом, вскоре опять оказывается свободным и «пускается в погоню» за следующей «жертвой». Его активности хватает, чтобы разрушить десятки тысяч молекул озона.

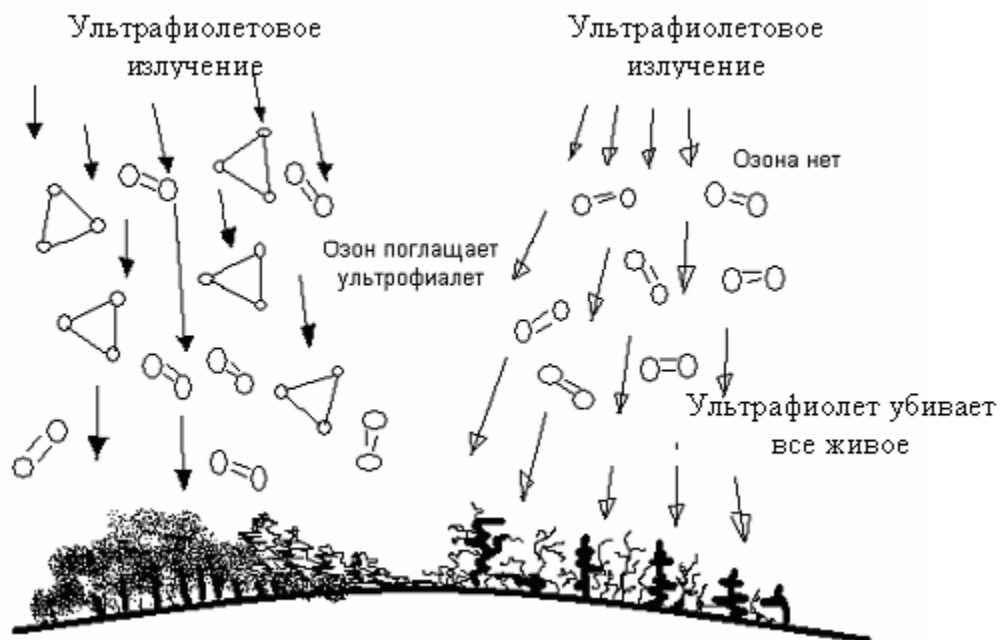


Рис. 26. Озоновый слой

Международное сообщество, озабоченное, проблемами озоновых дыр, уже ввело решением Венской конвенции об охране озонового слоя ограничения на выбросы фреонов в атмосферу (1985 г.).

Энергетический кризис. Промышленная революция началась с того момента, как человек научился использовать энергию ископаемого топлива. Ее началом можно считать 1830-е годы – период строительства железных дорог в Англии. Спустя примерно 150 лет на смену промышленной революции пришла научно-техническая революция. Начался стремительный экономический рост, сопровождавшийся столь же быстрым ростом потребления энергии. Современное энергопотребление человечества составляет 10^{13} Вт и основано на невозобновимых запасах ископаемого топлива. За счет минерального топлива во всем мире вырабатывается около 95 % энергии. Поэтому энергетические проблемы человечества напрямую зависят от топливно-энергетического потенциала планеты. Несмотря на огромные запасы ископаемого топлива и энергосберегающие технологии, рано или поздно эти запасы будут исчерпаны.

Более разумным может считаться переход к экологически чистой энергетике и альтернативным источникам энергии. Например:

- гелиоэнергетика – использование солнечной энергии (уже применяется в Швейцарии – мощность установок от 1 Квт до 1 Мвт);
- использование энергии ветра (в США имеется около 6 млн. установок, мощностью от 3 Квт и выше);
- геотермальные источники энергии (в Исландии столица Рейкьявик полностью теплофицирована за счет гейзеров);
- мировой океан таит в себе колоссальные ресурсы получения тепловой энергии;
- энергия океанских течений;

– энергия прибоа – прилитивные электростанции (ПЭС) (Франция, Россия (Мурманск)) и т. д.

Истощение природных ресурсов и проблема отходов. Истощение природных ресурсов также является одной из глобальных проблем современности. Природные ресурсы – это объекты и явления природы, которые используются или могут быть использованы для удовлетворения материальных, культурных и др. потребностей общества. К ним относятся солнечный свет, воздух, почва, растения, животные, полезные ископаемые и все остальное, что не создано человеком, но без чего он не может существовать ни как живое существо, ни как производитель.

По происхождению природные ресурсы делятся на биологические (леса, растения, животные), минеральные (полезные ископаемые) и энергетические (энергия Солнца, приливов и отливов, ветра и др.).

Природные ресурсы используются в качестве:

- непосредственных предметов потребления (вода, воздух, растения, животные и др.);
- средств труда, с помощью которых осуществляется общественное производство (земля, водные пути и др.);
- источников энергии (гидроэнергия, запасы горючих ископаемых, энергия ветра и др.).

Природные ресурсы условно можно классифицировать на заменимые (топливно-минеральные энергетические ресурсы можно заменить солнечной энергией) и незаменимые (кислород воздуха, пресная вода).

По исчерпаемости природные ресурсы делятся на:

- неисчерпаемые, к ним можно условно отнести солнечный свет, атмосферный воздух, воду, энергию ветра, падающей воды и т. д. важным является качество этих ресурсов: ценна не вода вообще, а вода пригодная для питья; не воздух вообще, а воздух, пригодный для дыхания и т. д. Таким образом, часть даже количественно неисчерпаемых ресурсов может стать непригодной для использования ввиду изменения своего качества;
- исчерпаемые ресурсы делятся на возобновляемые, относительно возобновляемые и невозобновляемые. *Невозобновляемые* ресурсы – это ресурсы, которые совершенно не восстанавливаются или восстанавливаются во много раз медленнее, чем используются человеком. К ним относятся полезные ископаемые, находящиеся в недрах земли. К *относительно возобновляемым* ресурсам относят почву и природные ресурсы, которые обладают способностью к самовосстановлению, хотя этот процесс происходит в течение десятилетий и даже столетий. *Возобновляемые* ресурсы – это ресурсы, способные к восстановлению через размножение и другие природные циклы за сроки, соизмеримые со сроками их потребления. К ним относятся растительность, животный мир и некоторые минеральные ресурсы, однако для их восстановления необходимо создание определенных условий (лесопосадки, разведение животных в заказника и т. д.). По времени ресурсы восстанавливаются по-разному. Для образования 1 см

гумусового слоя почвы требуется 300-600 лет, для восстановления вырубленного леса – десятки лет, для возрождения популяции животных – годы.

Проблема истощаемости природных ресурсов с каждым годом приобретает все большую актуальность. Преждевременное изъятие погребенных в литосфере веществ и ввод их в оборот нарушает оптимальный баланс круговорота веществ в природе.

С проблемой истощаемости природных ресурсов неразрывно связана и другая экологическая проблема – проблеме *отходов производства и потребления*. Отходы производства и потребления – это остатки сырья, изделий, продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также продукция, утратившая свои потребительские свойства.

Человек не может жить, не оставляя после себя твердых бытовых отходов (ТБО). ТБО включают разнообразные вещества и материалы органического и минерального происхождения: пищевые отходы, использованная бумага и картон, текстиль, древесина, кости, кожа, резина, пластмасса, металл, стекло, камни. Количество их зависит от величины города, характера используемых в нем отопительных систем и вида топлива, развития сети общественного питания, степени городского благоустройства, местного климата и др. В среднем принято считать, что на одного жителя в год приходится 250 кг мусора, и эта величина продолжает увеличиваться.

1. Сбор и удаление твердых отходов. Первым этапом очистки территории является ежедневный сбор отходов, для чего в домовладениях устанавливают мусоропроводы и мусоросборники. Их тип и емкость зависят от количества накапливающихся отходов, этажности застройки, способа загрузки и вывоза мусора. Все ТБО вывозят специализированным транспортом в специально отведенные места для обезвреживания и утилизации.

В нашей стране в большинстве городов применяется планово-регулярная очистка, т. е. отходы с мест их сбора удаляют в установленные сроки независимо от фактического накопления, без заявок или вызова транспорта. Мусоросборные машины по определенному маршруту объезжают кварталы города и забирают имеющиеся отходы. В зависимости от местных условий их могут пересыпать из дворовых мусоросборников в кузов машины или вывозить прямо в контейнерах, оставляя взамен пустой контейнер. В некоторых городах используется так называемая поквартирная очистка, когда жители в установленное время выносят собравшийся у них мусор непосредственно в транспорт очистки.

Ни один из применяемых в настоящее время способов сбора и удаления отходов не является полностью удовлетворительным по санитарно-гигиеническим, и технико-экономическим показателям. Несомненно, в ближайшем будущем будут применяться более прогрессивные методы, например, вакуумная система сбора и транспортирования ТБО.

Для облегчения переработки и вторичного использования бытового мусора американский изобретатель М. Шанцис предлагает устроить в многоэтажных домах мусоропровод с сортировкой. Для этого у нижнего конца трубы

мусоропровода надо поставить нечто вроде карусели с мусорными контейнерами, а у каждой дверцы на этажах - панель управления, с помощью которой над отверстием трубы можно подставить контейнер, например, для бумаги или стекла. Когда на одном этаже дверцу открывают, на всех остальных этажах дверцы блокируются, чтобы не поступали противоречивые команды. Специальный пресс уплотняет мусор в контейнерах.

В грязном городе трудно содержать в чистоте жилища и общественные здания. Каждый знает, как отвратителен тяжелый запах своевременно не очищенной помойки, источником которого являются разлагающиеся органические вещества, выделяющие сероводород, аммиак и другие газы. Мусор является благоприятной средой для развития микроорганизмов, вызывающих инфекционные заболевания. В нем содержатся яйца гельминтов, в теплое время года очень быстро размножаются мухи. Поэтому необезвреженные отходы могут быть источником массового загрязнения окружающей среды.

Вывозить содержимое мусорных контейнеров на свалку невыгодно, т. к. ежегодно под полигоны отчуждается около 10 тыс. га плодородных земель, без учета несанкционированных свалок. Более целесообразна организация системы сбора и переработки, при которой отходы везут не на свалку, а на расположенные в черте города перерабатывающие станции или заводы. Там отходы сортируют, измельчают, уплотняют, прессуют, извлекают из них полезные вещества (макулатуру³⁴, стекло, пластмассу, дерево, металлы и т. д.). На полигонах ежегодно пропадает 1 млн. тонн стали, 200 тыс. тонн алюминия, 4 тыс. тонн дефицитного олова. Отходы, которые невозможно переработать, возможно утилизировать на мусоросжигательном заводе³⁵ или отправлять на свалки.

2. Обезвреживание и переработка твердых бытовых отходов. В настоящее время, как правило, ТБО городов свозятся на полигоны, где складироваются на грунт с расчетом на их последующую минерализацию. Они обеспечивают защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствуют распространению болезнетворных микроорганизмов. По российскому законодательству, складирование, захоронение отходов допускается в специально отведенных местах при наличии положительных заключений государственной экологической экспертизы и органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

В результате микробиологических процессов, происходящих в отходах на свалках, возникает так называемый биогаз, приобретающий все большее народнохозяйственное значение. Он обладает значительным энергетическим потенциалом (содержание в нем метана достигает 44-66 %) и может быть

³⁴ Если извлекать из мусора всю бумагу и картон, а затем перерабатывать, то можно спасти не только огромные площади лесов, но и на 40 % снизить объем вывозимых на свалку ТБО. Однако в России нет ни одного бумажного комбината, способного работать на макулатуре

³⁵ Чтобы исключить возможность воздействия токсичных выбросов на людей, рекомендуется сжигать бытовой мусор при температуре 980-1150°C, устанавливать специальные системы для очистки дымовых газов мусоросжигательных печей, постоянно следить за качеством грунтовых вод в районе городских свалок.

использован. В настоящее время в мире эксплуатируют 146 установок по извлечению и использованию биогаза, получаемого в результате анаэробного разложения органических веществ на свалках городских отходов. Так, на свалке в Бирмингеме (Великобритания) отходы загружают в отдельно расположенные бункеры, врытые в землю. Выделение биогаза начинается через три месяца и продолжается в течение 15-20 лет. Каждый бункер производит 17 м³/мин. биогаза. После очистки биогаза от органических включений и конденсата его подают под давлением 1,75 МПа в газотурбинную установку мощностью 64,5 МВт.

В Германии предлагают использовать свалки как источник электроэнергии³⁶.

Большое значение имеет переработка ТБО с последующим вторичным использованием. Например, в поселке Кучино Московской области на базе свалки было создано ООО «Заготовитель». Данное предприятие принимает на себя примерно десятую часть московского мусора. Почти 2/3 принятого мусора подвергается глубокой переработке. Около свалки построены производственные помещения, где стоят импортные агрегаты. Один измельчает провода любого калибра, отделяя затем пластиковую крошку от металлической, а последнюю разделяя еще на медную и алюминиевую. Другой дробит пластик, чтобы был компактнее при перевозке, третий прессует корпуса старых холодильников. На полигоне много прессов разного калибра и назначения - для железа, сплавов алюминия, пивных банок, пластиковых бутылок, полиэтилена, картона.

Продажа вторсырья дает полигону 40 % доходов. «Заготовитель» находит платежеспособных покупателей для множества его видов. Картон, бумага, тряпки поступают в Рязань на рубероидную фабрику, медную крошку из проводов покупают шведы. Целые отечественные бутылки возвращаются изготовителю, нестандарт - в стеклобой и на переплавку, так же как металлолом или пластик. Он также извлекает и утилизирует отработанные батарейки, являющиеся мощным источником химически вредных веществ. В ближайших планах - начать извлечение драгоценных металлов из выброшенных приборов. Детали, содержащие их, выбирают и складывают отдельно. Руководство «Заготовителя» считает, что в полезный оборот можно возвращать больше 65 % от поступающих ТБО.

Экология и здоровье человека. Здоровье человека и всего человечества в целом зависит от воздействия природной и социальной среды, реализующегося через физиологические, биофизиологические и биохимические механизмы регуляции и отражающегося на физиологическом состоянии человека.

³⁶ Неподалеку от города Эрфурт, в Шверборне, построена опытная промышленная установка по переработке мусора. Необычная электростанция станет работать на биогазе, который уже два года получают здесь искусственно, ускоряя процесс разложения органических веществ. На две трети газ состоит из метана. Используя пятую часть свалки, в Шверборне ежедневно получают 5700 м³ газа. Он идет на обогрев жилых домов. Кроме того, заводы в Нордхаузене и Финстерварде освоили комплексное оборудование, которое, сжигая биогаз, будет выдавать электроэнергию. Полученное побочное тепло пойдет на обогрев близлежащих теплиц. Завоз мусора на свалку предлагается прекратить в 2030 г., после чего, считают ученые, она будет способна давать биогаз еще 20 лет.

Возрастающие темпы изменения среды обитания приводят к нарушению взаимосвязи между ней и человеком, снижению адаптационных возможностей организма. Среда обитания может содержать такие вещества, с которыми организм в ходе эволюции не сталкивался и поэтому не имеет соответствующих анализаторных систем, сигнализирующих об их наличии. В связи с этим оценить состояние здоровья человека, понять характер патологии в отрыве от анализа происходящих изменений в окружающей среде невозможно.

Большое значение поэтому имеет организация государственной информационной системы «здоровье населения - окружающая среда», данные для которой могут собираться через государственную статистическую отчетность. Задача данной системы заключается в сборе данных о загрязнении окружающей среды и состоянии здоровья населения.

Вся собранная информация обрабатывается в территориальных центрах санэпиднадзора. Материалы о состоянии здоровья населения, меняющегося в связи с загрязнением окружающей среды, и о характере этого загрязнения позволят более обоснованно управлять качеством окружающей среды с целью охраны здоровья населения.

Важное значение в настоящее время приобретает защита генетического кода от воздействия различных факторов окружающей среды. Глубокие изменения биосферы происходят стремительнее, чем темпы эволюции живых организмов. Поэтому в отлаженном тысячелетиями механизме взаимоотношений среды и организма, связанном с характером и уровнем защитных функций последнего, может возникнуть дисбаланс. Агрессивные экологические факторы, повреждая хромосомы и вызывая мутации в генах, искажают наследственную информацию.

Для оценки допустимости воздействия различных факторов на окружающую природную среду важным является определение допустимого порога вредных воздействий и учет зависимости «доза - ответная реакция». *Под порогом допустимого воздействия* на биологическую систему надо понимать те изменения экосистем, которые могут вывести за пределы обычных физиологических колебаний исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающих на данной территории.

«Допустимые воздействия и нагрузки» на среду обитания - понятие достаточно сложное. Любая возникающая в результате какого-либо воздействия аномалия в экологической системе, выводящая ее из нормального состояния, определяется как экологическая нагрузка. Допустимыми можно считать такие воздействия, которые не приводят к изменению качества окружающей природной среды или меняют ее, не нарушая экологическую систему и не вызывая неблагоприятные последствия. Если нагрузка превышает допустимую, антропогенное воздействие причиняет ущерб популяции, экосистеме или биосфере в целом.

13.9. Новые модели и перспективы человека

Проблемы выживания человечества во весь рост встали уже в начале XX века. В 20-е годы XX века В.И. Вернадский высказал идею ноосферы – биосферы, управляемой разумом человека на основе глубокого научного знания всех протекающих в ней процессов. Сегодня учение о ноосфере разрабатывается большой группой ученых (Л. Андерсон, Д. Беккер, Н. Моисеев).

А.Д. Урсул, разрабатывающий эту идею в наше время, в становлении ноосферы выделяет три этапа:

- информационный – становление информационного общества, наукоемких технологий;
- экологический – становление общества с высокой экологической культурой;
- космический – освоение космического пространства и становление космоноосферы;

Сегодня идея ноосферы остается слабо разработанной, и путь в ноосферу кажется еще более трудным и неопределенным, чем это предполагал Вернадский.

В 1992 году Конференция ООН по окружающей среде и развитию, проходившая в Рио-де-Жанейро, утвердила концепцию устойчивого развития как руководство к действию для всех стран планеты на XXI век.

Международная концепция устойчивого развития включает следующие основные положения. Перечислим некоторые из них.

1. Человечество способно придать развитию устойчивый и долговременный характер с тем, чтобы оно отвечало потребностям ныне живущих людей и не лишало этого будущие поколения. Для этого необходимо:

- соблюдать право людей на экологическую безопасность и благоприятную среду обитания;
- приостановить необратимое расходование невозобновляемых природных ресурсов;
- сохранить необходимое качество окружающей среды;
- Преодолеть утраты генофонда планеты.

2. Основой устойчивости развития является бережное отношение к экологическому потенциалу планеты, ограничение и регулирование народонаселения, потребления и производства.

3. Отказ от чрезмерной эксплуатации высокоразвитыми странами природных ресурсов слаборазвитых стран.

4. Снижение уровня бедности в планетарном масштабе, справедливое распределение ресурсов, предоставление всем возможности реализовать надежды на более благоприятную жизнь, демократическое обеспечение участия граждан в принятии решений, судьбоносных для всей планеты.

Выполнение этих условий связано с неизбежностью компромиссов и жертв, особенно со стороны высокоразвитых стран, и вследствие этого отношение к концепции устойчивого развития неоднозначно.

Попытки снять экологические проблемы чисто техническими средствами, запретами не увенчались успехом. Причина этого поражения в том, что потребительское мышление человека формировалось тысячелетиями, и одновременно, без длительного, целенаправленного воспитания экологической культуры всех и каждого по отдельности переориентировать человечество невозможно.

Поэтому как никогда возрастает роль системы образования как важнейшего инструмента формирования нового, общепланетарного мышления, личности с высокой экологической культурой.

Формирование нового мышления требует изменения многих параметров системы образования и, прежде всего, содержания образования. Одним из основных принципов построения нового содержания должен стать принцип конвергенции естественнонаучного и гуманитарного знания. И, может быть, именно синтез этих двух типов знаний приведет человечество к более глубокому пониманию природы, пониманию множественности взаимосвязей, лежащих в основе мира.

14. ЧЕЛОВЕК. КУЛЬТУРА. ЦИВИЛИЗАЦИЯ

14.1. Человек. Культура. Цивилизация

Человек (человечество) является неразрывной составной частью биосферы, живой природы, животного мира. Человека и всю остальную живую природу объединяют общее происхождение, строение (химическое, биологическое, генетическое), общая эволюция, общий дом – планета Земля. Но, очевидно, можно выделить признаки и качества, отличающие человека от остальных представителей животного и растительного мира. К ним, безусловно, можно отнести наличие разума, способность к абстрактному мышлению, развитой речи, письменности и другие элементы культуры.

В переводе с латинского слово «культура» первоначально обозначало «возделывание земли» и применялось как агротехнический термин. В 45 году до н. э. римский император Марк Туллий Цицерон в работе «Тускуланские беседы» впервые применил слово «культура» в переносном смысле – применительно к воздействию на человеческий ум. Культура стала противостоять другому латинскому понятию – «натура», т. е. природа. В данном контексте слово культура стало обозначать явление созданное, внеприродное. Основываясь на этом первоначальном значении введенного в обиход термина, исследователи достаточно единодушно в самом широком смысле слова под культурой понимают все то, что создается, используется, совершенствуется человеком. Возможно, это дало основание Гегелю определить культуру как созданную человеком «вторую природу».

Самым распространенным является понимание культуры как совокупности достижений общества в результате материального и духовного развития. Но культура – это не только результат, но и сам процесс творческой деятельности человека, в ходе которого изменяется не только окружающая его среда, но и он сам. А значит, культура не существует вне человека, она изначально связана с ним, а рассмотрение проблем культуры невозможно без истории человеческого общества.

Культура – это понятие многоплановое:

- система материальных и духовных ценностей человечества;
- деятельность человека по созданию этих ценностей;
- потребление этих ценностей, означающее изменение, развитие человека, усвоение того социокультурного опыта, который был накоплен предшествующими поколениями.

Таким образом, культура является отличительным признаком, различающим человека и животный мир. Человек начинается с первого культурного акта, выраженного в разумной деятельности, в творчестве, в котором он и способен подняться над природным миром. Именно посредством труда человека и выросло могучее древо познания, связанное с человеческим интеллектом и воплощенное в науке, общественные отношения, связанные с человеческим интеллектом и

нормами права и морали, а также огромный мир искусства, порожденный присущим человеку чувством гармонии и красоты.

Очень тесно с понятием «культура» связано понятие «цивилизация». Более того, понятие культуры как результата приобретенных (в отличие от наследственных) навыков поведения стало постепенно заменяться понятием цивилизации. В настоящее время философским энциклопедическим словарем термин «цивилизация» рассматривается как многозначный: цивилизация (от лат. *Civilis* – гражданский, государственный) –

- синоним культуры;
- степень общественного развития, следующая за варварством;
- уровень, степень общественного развития моральной и духовной культуры.

Такой подход нельзя назвать универсальным. Так, имеющее место в недавнем прошлом отождествление понятий «культура» и «цивилизация» в настоящее время встречается только в обыденном словоупотреблении, в научном обороте это разные термины: цивилизация характеризует развитие общества в целом, культура – деятельность отдельного конкретного человека.

Издавна историки, культурологи, философы делят мир на цивилизации, выделяя основные из них: западную, конфуцианскую, японскую, исламскую, индийскую, латиноамериканскую, славяно-православную. Мы не будем обсуждать правомерность такого подхода, однако заметим, что, по большому счету, все человечество представляет единую общую цивилизацию Земли, развитие которой определяется развитием культуры, науки и техники в целом. Цивилизация, с этой точки зрения, имеет, прежде всего, научно-техническую основу. Уровень развития науки и техники определяет уровень развития цивилизации. В этом смысле человеческая цивилизация прошла значительный путь от примитивных каменных орудий до современной электрической техники, лазерной и ядерной техники (и оружия), глобальных компьютерных сетей и спутников связи, космической техники и т. д. и т. п.

14.2. Проблема внеземных цивилизаций. Гипотеза Дрейка и ее анализ

Можно ли сказать, что человеческая цивилизация достигла предела своего развития? На какой стадии развития она находится? Ответ на первый вопрос, конечно, отрицательный, поскольку ученые выделяют три глобальные стадии развития человечества: земную (теллурическую), солнечную (солярную) (когда произойдет расселение землян на планетах в пределах Солнечной системы) и звездную (сидеральную), предполагающую расселение землян в пределах Галактики. В настоящее время мы находимся в первой стадии развития человечества, когда определяются пути и методы освоения околосолнечного пространства (пути перехода во вторую стадию развития - солнечную), для этого используются космические ракеты, спутники, автоматические межпланетные зонды, орбитальные космические станции и т. д. и т. п. И уже на этой стадии развития возникают вопросы:

▪ Является ли человеческая цивилизация единственной уникальной в Галактике, во Вселенной (история этого вопроса уходит в эпоху инквизиций к Джордано Бруно, который впервые выдвинул идею множественности миров - в ту пору, несомненно, прогрессивную, явившуюся важным шагом в развитии человечества)?

- Сколько существует цивилизаций?
- Какова продолжительность их существования?
- Как велико стремление к контактам у разных цивилизаций?
- Как происходит общение между представителями разных цивилизаций?
- Как происходит контакт?

На большинство этих вопросов нет ответов, но число цивилизаций, населяющих нашу Галактику, может быть оценено по известной гипотезе Дрейка, который предложил простой математический метод расчета, выраженный следующей формулой:

$$N = \frac{b \cdot i \cdot j \cdot k \cdot p \cdot m \cdot s}{t},$$

где N – число способных к контактам цивилизаций в Галактике;

b – число звезд в Галактике;

i – доля звезд, существующих достаточно долго для возникновения жизни;

k – среднее число планет около звезды;

p – доля планет, на которых существует жизнь;

m – доля планет, на которых возникли разумные цивилизации;

s – время жизни цивилизации, обладающей способностью к контактам;

t – время жизни Галактики.

Если воспользоваться формулой Дрейка и попытаться провести оценку числа цивилизаций в нашей Галактике (с разных точек зрения), то полученные результаты, оказываются довольно противоречивыми (таблица 5).

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что результат зависит от подхода, взгляда на проблему (оптимистического или пессимистического), разделяемого тем или иным автором. С позиций оптимистов, внеземных цивилизаций в Галактике десятки или сотни, с позиций пессимиста, можно говорить об уникальности нашей цивилизации.

Таким образом, пытаясь оценить число цивилизаций, с которыми можно было бы установить контакт, ученые сталкиваются с труднопреодолимой проблемой, которую можно решить путем ряда вероятностных оценок. Если ограничиться масштабами нашей Галактики, то можно использовать математический метод (формулу Дрейка), который позволяет оценить вероятность существования внеземных цивилизаций в нашей Галактике. Оценки по этой формуле сильно расходятся, т. к. величины параметров, входящих в состав этой формулы, сегодня достоверно неизвестны.

Таблица 5

Оценки вероятностных факторов, определяющих число цивилизаций в нашей Галактике

Параметры в ф-ле Дрейка	Оценка	Умеренная оценка	Наиболее благоприятная оценка	Наиболее неблагоприятная оценка
1. Число звезд в Галактике (n)	10^{11}	$4 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^{11}$	10^{10}
2. Доля звезд (i), существующих достаточно долго для возникновения жизни (%)	1 (100%)	0,5 (50%)	1 (100%)	0,025 (2,5%)
3. Среднее число планет около звезды (j)	10	10	20	4
4. Доля планет, пригодных для жизни (k) (%)	0,1 (10%)	0,02 (2,5%)	0,25 (25%)	0,001 (0,1%)
5. Доля планет, на которых существует жизнь (p) (%)	1 (100%)	0,5 (50%)	1 (100%)	0,001 (0,1%)
6. +Доля планет, на которых возникли разумные цивилизации (m) (%)	0,01 (1%)	0,5 (50%)	1 (100%)	$10^{-7} \left(\frac{1}{10^5} \right)$
7. Отношение времени жизни цивилизации, способной к контакту, к времени жизни Галактики s/t	$\frac{s}{10^{10}}$	$\frac{s}{10^{10}}$	$\frac{s}{10^{10}}$	$\frac{s}{10^{10}}$
8. N – число цивилизаций, способных к контактам	0.1 s	1,25s	300s	$\frac{s}{10^{12}}$

Но все-таки оптимистические оценки по наличию внеземных цивилизаций позволяют сделать небольшой анализ гипотетических (принципиально возможных) форм жизни. Известная нам форма жизни (на Земле) относится к категориям химических форм жизни. В основе химических форм жизни лежит электромагнитное взаимодействие (обмен электрически заряженными частицами в результате химических реакций). Для эффективного осуществления химических реакций, обеспечивающих жизнедеятельность, как правило, требуется растворитель. В земных условиях таким растворителем является вода. С этой точки зрения принципиально возможны следующие химические формы жизни:

- на основе углерода и воды - органические формы;

▪ на основе кремния и воды – кремнийорганические формы (кремний по своим химическим свойствам довольно близок к углероду и способен образовывать полимерные соединения с водородом, азотом, кислородом);

▪ на основе других растворителей (аммиак, метиловый спирт и т. д.), т. е. при отсутствии на планете воды.

К нехимическим формам жизни можно отнести формы, в основе которых лежат гравитационное и сильное взаимодействия. С этой точки зрения возможны:

- жизнь в плотных межзвездных облаках;
- жизнь на поверхности нейтронных звезд;
- гравитационная жизнь.

1. Плотные межзвездные облака (смесь межзвездного газа и пыли).

Гигантские межзвездные облака гипотетически могут рассматриваться как некие живые организмы. Процессы жизнедеятельности в облаке могут определяться в конечном итоге электромагнитным взаимодействием между отдельными его частями. Источниками энергии для его жизнедеятельности является излучение звезд.

2. Жизнь на нейтронных звездах.

Химические формы жизни и гипотетическая жизнь в межзвездных облаках основаны на электромагнитном взаимодействии. Можно предположить о возможности существования жизни, в основе которой лежат сильные взаимодействия: например, на поверхности нейтронных звезд. Нейтронные звезды возникают при гравитационном коллапсе звезд на последних стадиях эволюции. В таких условиях нет ни атомов, ни молекул, все вещество находится в форме элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов и т. п.).

Для жизни на Земле характерным временем можно считать $t_x = 10^3$ с, на нейтронной звезде $t_x' = 10^{21}$ с. При столкновениях элементарных частиц на поверхности нейтронной звезды могут возникнуть массивные ядра, состоящие из сотен или даже тысяч элементарных частиц, которые могут существовать $\tau^1 = 10^{-15}$ с, т. е.

$$\frac{\tau^1}{t_x^1} = \frac{10^{-15} \text{ с}}{10^{-21} \text{ с}} = 10^6$$

Поскольку

$$\frac{t_x}{t_x^1} = \frac{10^{-3} \text{ с}}{10^{-21} \text{ с}} = 10^{18}$$

раз, можно считать, что все процессы на нейтронных звездах, в том числе и процессы эволюции, происходят во столько же раз быстрее, т. е. если для возникновения жизни на Земле потребовался 1 млрд. лет, то на нейтронной звезде

это время заняло бы $t_3 \approx \frac{1}{30}$ с. За это время на поверхности нейтронной звезды могли бы возникнуть и умереть поколения, цивилизации. Характерное время жизни индивида в такой жизни

$$\tau_x^1 = 10^{-15} \text{ с}$$

3. Гравитационная жизнь.

Коль скоро можно предположить жизнь на основе электромагнитных и сильных излучений, можно предположить существование жизни, основанное на гравитационном взаимодействии.

Очевидно, что роль структурной единицы в такой жизни играет звезда, в земной жизни – молекулы, в нейтронной жизни – ядра атомов.

В такой ситуации Галактика, состоящая из сотен, тысяч, миллиардов звезд может играть роль живого организма. Действительно, для многих галактик характерны высокие формы организации, например, эллиптические и спиральные галактики. Вместе с тем, поскольку характерное время взаимодействия для звезд $T_c \approx 10^6 - 10^7$ лет, то для возникновения галактической (гравитационной) жизни прошло еще, наверное, слишком мало времени.

Таким образом, обобщая вышесказанное, можно сделать следующие выводы.

Для жизни, основанной на химических реакциях, в качестве основного структурного элемента нужен углерод. Только атомы углерода способны образовывать такие химические связи с водородом, кислородом и азотом, которые способствуют образованию большого количества полимеров. Кремний тоже может образовывать полимеры, но в обычных условиях они слишком стабильны, чтобы служить основой для жизни.

Жизнь, по-видимому, нуждается также в растворителе, жидкой среде, в которой атомы и молекулы могли бы вступать в химические реакции. Способность воды растворять другие вещества делает ее одним из наиболее подходящих растворителей. Кроме этого, вода обладает рядом других полезных качеств:

- высокой теплоемкостью и теплотой парообразования;
- способностью оставаться в жидком состоянии в достаточно широком и подходящем диапазоне температур;
- распространенностью в космосе.

Благодаря этому вода хорошо подходит для жизнедеятельности всех живых организмов на Земле. Но при некоторых условиях аммиак может заменять воду в качестве растворителя.

Для всех типов жизни необходимо, чтобы она состояла из множества особей (в противном случае неизбежно вымирание вида).

Кроме химической жизни можно гипотетически представить три типа жизни:

- основанную на элементарных частицах, между которыми осуществляются сильные взаимодействия;
- гравитационную, основанную на взаимодействии гигантских объектов (галактик);
- в межзвездных облаках, которые могут приобрести чрезвычайно тонкую структуру (разум) даже без процессов воспроизводства.

15. СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

15.1. Синергетика как наука о самоорганизации систем. Условия и механизмы самоорганизации

В последние десятилетия наблюдается тенденция построения научной картины мира на основе концепции самоорганизации, идеи которой высказывались еще в традиционной классической науке XVIII–XIX веков (космогоническая гипотеза Канта–Лапласа, эволюционная теория Дарвина и т. д.). Но лишь во второй половине XX века, когда был накоплен достаточный теоретический и практический опыт, разработан необходимый математический аппарат (теория вероятностей, системный анализ, теория бифуркаций и др.) стало возможным детальное исследование поведения открытых, неравновесных систем, описание общих механизмов и закономерностей их развития. Основы теории самоорганизации были разработаны в трудах И. Пригожина, Г. Хакена в 70-е годы XX века.

Под самоорганизацией понимается спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее простых к более сложным и упорядоченным формам организации.

Явление самоорганизации может происходить лишь для определенных систем и при выполнении ряда обязательных условий. Выяснением этих условий занимается **синергетика**. Термин «синергетика» означает совместное (кооперативное) действие, сотрудничество, взаимодействие различных элементов системы. Данное название в начале 1970-х гг. предложил Г. Хакен, один из основоположников этой науки.

В настоящее время под синергетикой понимается междисциплинарное научное направление, объединяющей идеей которого является самоорганизация - образование упорядоченных структур в неупорядоченных стохастических (статистических) системах. В нестрогих терминах синергетика может быть определена как наука о самоорганизации простых систем, о превращении хаоса в порядок. Сегодня это трансдисциплинарная научная теория, которая дает новый образ мира природы, человека и общества как открытых динамических систем, развивающихся по нелинейным законам, раскрывает двойственную природу случайного, его созидательное и деструктивное начала, показывает, что чередование порядка и хаоса является фундаментальным принципом развития.

Перечислим **условия, при которых происходит самоорганизация**. Самоорганизация протекает в **открытых нелинейных диссипативных системах**.

Открытость системы состоит в том, что она обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Этот обмен происходит через имеющиеся в системе источники. Между системой и окружающей средой всегда есть какая-то «полупрозрачная граница», которая одновременно и обособляет систему, отгораживает от окружающей среды, и в то же время обеспечивает возможность взаимодействия системы с окружением. Например, живой организм отделяется от окружающей среды поверхностным покровом. Во внешней среде

может нарушиться равновесие, могут измениться ее параметры, а внутри устойчивой системы поддерживается стационарное равновесие (гомеостаз), например, при понижении температуры человек одевает теплую одежду.

Обменные процессы выступают важнейшим фактором развития системы и определяют характер ее поведения. Поступающие в систему ресурсы идут на жизнеобеспечение системы, ее самоупорядочение, развитие и поддержание устойчивости. Если их недостаточно, или поступают ресурсы не того качества, которое необходимо системе, она деградирует и разрушается.

Нелинейность означает отсутствие пропорциональной связи между величиной воздействия и величиной эффекта. Например, слабое воздействие может привести к новому качественному состоянию системы и, наоборот, сильное воздействие может гаситься. Самоорганизующиеся системы сохраняют свою устойчивость при воздействии среды с помощью механизма отрицательных обратных связей.

Диссипация (рассеяние) - рассеивание отработанного вещества или энергии в окружающую среду. Структуры, обладающие этим свойством, называются **диссипативными структурами**. Система, используя поступившие в нее ресурсы для своего переустройства (переструктуризации элементов, создания новых связей и др.), остатки выбрасывает наружу, но это ресурсы уже иного качества. Например, тепловой баланс Земли устанавливается благодаря равенству потоков энергии, с одной стороны, получаемой за счет своего внутреннего тепла и падающей на нее солнечной радиации, а с другой – рассеиваемой ею в окружающее пространство в процессе теплообмена. Качество энергии в этих потоках разное: Земля получает от Солнца коротковолновое излучение, а рассеивает длинноволновое. Это качественное изменение потоков энергии и обеспечивает протекание физико-химических процессов, которые определяют эволюцию биосферы.

Явления самоорганизации происходят в состояниях, далеких от равновесных. Состояние называется **равновесным**, если в нем нет переноса массы, энергии, температуры, заряда и т. п. Под влиянием внешних воздействий система может переходить из одного равновесного состояния в другое, при этом самоорганизации не возникает.

Именно неравновесность является источником возникновения упорядоченности. **Неравновесность** позволяет системе преобразовывать энергию внешней среды в упорядоченную диссипативную структуру, которая характеризуется стационарным неравновесием. Как происходит этот процесс? В моменты неустойчивости системы малые флуктуации³⁷ усиливаются по типу положительной обратной связи и превращаются в макроскопические. Эти макроэффекты возникают за счет согласованных взаимодействий отдельных элементов системы (**явление когерентности**), которые проявляются в масштабе всей системы. Устойчивые коллективные формы поведения частей системы называются

³⁷Случайные отклонения некоторых величин, характеризующих систему, состоящую из большого числа элементов, от средних значений.

модами. Между модами возникает конкуренция, в результате которой происходит отбор наиболее предпочтительных. Так хаос превращается в порядок.

Синергетика утверждает, что развитие открытых неравновесных систем протекает путем нарастающей сложности и упорядоченности. В цикле развития такой системы наблюдаются две фазы:

- Период плавного развития с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, приводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию.

- Выход из критического состояния одномоментно, скачком, и переход в новое устойчивое состояние с большей степенью сложности и упорядоченности.

Разрешением возникшей кризисной ситуации служит быстрый переход системы в одно из возможных устойчивых состояний (приспособление системы к внешним условиям, чем обеспечивается ее выживание). То есть достигая критических параметров система из состояния сильной неустойчивости как бы «сваливается» в одно из многих возможных новых для нее устойчивых состояний. Состояния, в которых система «выбирает свою дальнейшую судьбу», называются **точками бифуркации** (точки ветвления). В точке бифуркации эволюционный путь системы как бы разветвляется, т. е. невозможно предсказать поведение системы: имеется лишь спектр дальнейших возможностей, но нет указания, по какому пути система должна следовать дальше. Выбор дальнейшей траектории определяется случаем, т. к. в системе, пребывающей в критическом состоянии, развиваются сильные флуктуации, под действием которых и происходит скачок в конкретное устойчивое состояние. Поскольку флуктуации случайны, то и «выбор» конечного состояния оказывается случайным. Но после совершения перехода назад возврата нет, скачок носит одnorазовый и необратимый

В результате случайных блужданий система попадает «в область притяжения» одной из возможных траекторий, скачком переходит на нее и движется по этой траектории до следующей точки бифуркации. То есть этот самопроизвольный процесс усложнения и совершенствования системы периодически повторяется и может продолжаться бесконечно долго. При движении между двумя точками бифуркации система развивается по «детерминистскому сценарию», и ее поведение является относительно устойчивым и предсказуемым. В устойчивом состоянии система будет находиться до очередной случайной флуктуации, под влиянием которой ситуация повторится. В естественных условиях этот процесс может продолжаться бесконечно долго, что и наблюдается на примере естественных химических и биологических систем, единственным «управителем» и «исполнителем» в которых являются фундаментальные законы природы. По такому пути идет развитие абсолютно всех систем, но скорость этого процесса в разных системах различна. Например, химическая эволюция Вселенной продолжается около пятнадцати – двадцати миллиардов лет, живого вещества – около 3,4 млрд. лет, эволюция человека – около двух миллионов, а общества – несколько десятков тысяч лет.

В том, что точки бифуркации это не абстракция, имеет возможность убедиться каждый человек. У любого человека возникали ситуации, когда он стоял перед выбором своего жизненного пути, и случайное стечение обстоятельств определяло этот путь.

15.2. Самоорганизация в живой природе. Идея открытой системы Э. Шредингера

Живая природа являет собой ярчайший пример упорядоченной системы исключительно высокого уровня, как в отношении структуры, так и в отношении функционирования. Она является неделимым целым, сетью отношений взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов, которые затрудняются описать не только классическая, но и неклассическая наука. Например, используя модель закрытой системы, II начало термодинамики и представления об энтропии, классическая наука может объяснить, как из порядка возникает хаос, чем обусловлены взрывы звезд, разрушение планет, старение и смерть организмов, распад цивилизаций – эта направленность процессов связывается с ростом энтропии и др. Однако в природе идут и процессы созидания порядка из хаоса, процессы, связанные с самопроизвольным уменьшением энтропии – зарождаются, растут и усложняются организмы, появляются их новые виды, более приспособленные к среде обитания, популяции пчел и муравьев образуют биосоциальные структуры, беспорядочная группа рыб почти мгновенно превращается в косяк, птицы собираются в стаю, при этом и птицы в стае и рыбы в косяке действуют столь синхронно, как будто это единый целостный организм.

Базовой теорией, объясняющей высокую степень упорядоченности отдельных живых организмов, а также всей живой природы в целом, является эволюционная теория Дарвина. Долгое время считалось, что дарвиновская теория эволюции находится в противоречии со II началом термодинамики: согласно дарвиновской теории в процессе эволюции непрерывно происходит увеличение упорядоченности живой природы, а согласно второму закону термодинамики, энтропия любой системы должна возрастать, следовательно, ее упорядоченность должна уменьшаться.

Объяснение этого парадокса впервые было дано выдающимся физиком Э. Шредингером в его знаменитой книге «Что такое жизнь? С точки зрения физика» (1944). В ней ученый объясняет, что второй закон термодинамики относится к замкнутым (изолированным) системам; в то же время, живые организмы представляют собой открытые системы, которые обмениваются со средой веществом, энергией и информацией. Образно говоря, живые организмы «черпают» организацию и упорядоченность из окружающей среды. Весьма важным при этом является тот факт, что, извлекая вещество и энергию из окружающей среды, живые организмы выводят в нее продукты распада.

Поэтому увеличение упорядоченности живых организмов (а значит, уменьшение энтропии живой природы) сопровождается уменьшением упорядоченности окружающей среды (и тем самым - увеличением ее энтропии). В

целом же в системе «живая природа - окружающая среда» происходит рост энтропии в полном соответствии со вторым законом термодинамики, но в отдельных частях этой системы происходит локальное уменьшение энтропии.

Живые организмы также обладают опережающим отражением, что дает им возможность «предвидеть» грядущие изменения и заранее готовиться к ним, а человеку - осознано ставить цели, планировать их выполнение и выбирать для этого адекватные методы.

15.3. Самоорганизация в неживой природе

Процессы самоорганизации постоянно происходят не только в живой, но и в неживой природе. Приведем несколько примеров физико-химических опытов, в которых наблюдается спонтанная самоорганизация.

1. Структурирование однородной вязкой жидкости при возникновении свободной конвекции (ячейки Бенара) - хорошо изученное в гидродинамике явление.

Рассмотрим некоторый объем вязкой жидкости, заключенный между двумя горизонтальными пластинами, находящийся в сосуде. При подогреве жидкости (нижней пластины) между нижним и верхним ее слоями возникает некоторая разность температур (градиент). Если градиент мал, то перенос тепла происходит на микроскопическом уровне и никакого макроскопического движения тел не происходит. Ввиду действия силы тяжести и выталкивающей архимедовой силы, система становится неустойчивой (более легкий нижний слой стремится поменяться местами с более тяжелым верхним - возникает конвекционное движение жидкости). И при достижении системой некоторого критического значения в жидкости внезапно (скачком) возникает макроскопическое движение, образующее четко выраженные структуры в виде цилиндрических ячеек. Сверху такая упорядоченность выглядит как устойчивая ячеистая структура, похожая на пчелиные соты. В результате жидкость начинает структурироваться в виде небольших ячеек, называемых ячейками Бенара.

Впервые такой эксперимент был проведен в 1900 г. физиком Х. Бенаром. Он наливал в плоский сосуд ртуть и подогревал сосуд снизу. После того, как разность температур нижнего и верхнего слоев достигала некоторого критического значения, верхний слой быстро структурировался в виде шестигранных призм с определенным соотношением между длиной стороны и высотой.

Образование подобных структур происходит не по причине внешнего воздействия, а за счет перестройки внутренних связей между элементами системы, приведенной в неравновесное состояние, и поэтому представляет собой пример самоорганизации. Создается впечатление, что каждая молекула знает, что делают все остальные, и желает двигаться в общем строю. Классические статические законы здесь не работают. Ведь даже если такая «правильная» и устойчиво «кооперативная» структура образовалась случайно, что почти невероятно, то она тут же распалась бы. Но она не распадается при поддержании соответствующих

условий, а устойчиво сохраняется. Значит, возникновение таких структур нарастающей сложности – закономерность.

2. Реакция Белоусова-Жаботинского. В 1951 г. химик Б. Белоусов установил, что можно зрительно наблюдать за ходом некоторых окислительно-восстановительных химических реакций по изменению цвета промежуточных продуктов. Как только исходные вещества сливали в пробирку, раствор начинал периодически менять цветовую окраску.

В 60-е гг. XX века биофизик А. Жаботинский обнаружил множество сходных химических реакций и объяснил их механизм. Периодичность возникновения промежуточных продуктов химических реакций указывает на сходство этих процессов с автоколебаниями, наблюдаемыми в физике, механике, биологии. Автоволны автоматически поддерживают свои физические параметры за счет энергии среды, в которой они распространяются.

3. Превращение ламинарного течения жидкости в турбулентное. Это явление можно наблюдать, например, при стоке воды из ванной. При небольшом количестве воды она стекает ламинарно (т. е. движется параллельными слоями в направлении течения). При большом количестве воды происходит сильное давление верхних слоев на нижние, что резко увеличивает скорость стока. Сток теряет устойчивость и входит в вихреобразный режим. Течение из ламинарного спонтанно превращается в турбулентное.

4. Переход лазера в режим генерации. Лазер - это прибор, который создает высокоорганизованное оптическое излучение. Традиционные источники света создают оптические излучения за счет процессов, подчиняющихся статистическим законам. Так, в нагретой до высокой температуры среде возбужденные атомы и ионы спонтанно излучают кванты света с различными длинами волн во всех направлениях. Только малую часть из них мы воспринимаем как видимый свет. Уровень организации подобной среды крайне низок, упорядоченность мала.

Для лазерной активной среды, которая, в принципе, должна находиться в сильно неравновесном состоянии, характерна высокая упорядоченность атомных, ионных или молекулярных избирательно возбуждаемых состояний, что достигается направленным введением в среду организованного потока энергии. При выполнении определенного условия в среде лавинообразно нарастает вынужденное излучение почти монохроматических квантов света, движущихся в одном направлении. Лазерная генерация возникает скачком после того, как плотность вводимой в среду энергии превысит пороговое значение, зависящее от свойств активной среды, характера вводимой энергии и параметров оптического резонатора, в который помещают активную среду для усиления эффекта. Излучение выходит в виде узконаправленного луча.

При накачке энергии лазер работает как обычная лампа, причем микроскопические ячейки подобно антеннам излучают свет независимо друг от друга. При определенном значении энергии антенны начинают работать самостоятельно в одной фазе, что приводит к мощному излучению. Таким

образом, здесь происходит скачкообразный переход к новому качественному состоянию.

В приведенных примерах наблюдается общая закономерность: в физических или химических системах из хаотических (неупорядоченных) состояний возникают высокоупорядоченные макроскопические структуры - как пространственные, так и временные, т. е. происходит самоорганизация.

15.4. Неравновесная термодинамика И.Пригожина. Синергетика Г. Хакена. Концепция самоорганизации М. Эйгена

В 60-70-е гг. XX в. бельгийский ученый русского происхождения И.Р. Пригожин разработал теорию диссипативных структур в рамках неравновесной термодинамики. В классической термодинамике рассматриваются системы, находящиеся в состояниях, близких к термодинамическому равновесию. Предметом неравновесной термодинамики являются процессы преобразования энергии, протекающие в замкнутых системах, состояние которых близко к термодинамическому равновесию. Но в подобных системах для самоорганизации нет места, поэтому необходимо создать новую термодинамику, способную отражать скачкообразные процессы.

И.Р. Пригожин вместе с группой сотрудников изучал колебательные химические реакции, связанные с периодическими изменениями концентрации участвующих в них веществ. Возникающие при этом структуры, далекие от равновесных, были названы Пригожиным диссипативными структурами. Такие структуры возникают в условиях постоянного притока энергии, которую они используют для поддержания и роста своей внутренней организации, причем происходит также рассеивание (диссипация) отработанной энергии в окружающую среду. Если в диссипативную структуру из среды поступает достаточное количество энергии, то микроскопические флуктуации вместо того, чтобы затухать, усиливаются, превращаются в макроскопические, и диссипативная структура эволюционирует в направлении спонтанной самоорганизации.

Весь доступный нашему познанию мир состоит именно из таких систем. В ходе эволюционного этапа развития диссипативная система достигает в силу самого характера развития состояния сильной неравновесности и теряет устойчивость. Это происходит при критических значениях управляющих параметров, и дальнейшая зависимость происходящих процессов от действующих сил приобретает крайне нелинейный характер.

В конце 60-х гг. XX века профессор Штутгартского университета Г. Хакен, занимающийся физикой лазеров, предложил концепцию самоорганизации, в которой ключевым является понятие «кооперативное поведение». При постоянном поступлении извне энергии разнонаправленные и несогласованные случайные действия, характерные для состояния хаоса, при некоторых критических значениях параметров системы приобретают коллективный, согласованный характер. Примеры коллективного поведения: самоорганизация атомов в узлах кристаллической решетки; когерентное излучение атомов в рабочем веществе

лазерной установки при «накачке» энергии; образование циклонов в атмосфере; образование вихрей в текущей жидкости, порождающих турбулентность. Согласованное поведение, проявляющееся в масштабе всей системы, является центральным моментом самоорганизации.

В 70-е гг. XX века немецкий ученый М. Эйген, работающий в области молекулярной биологии, исследовал химический механизм самоорганизации. Им были обнаружены так называемые циклические типы организации химических реакций, которые являются более совершенными по своим термодинамическим и кинетическим характеристикам, чем цепочечные. Основным понятием здесь является «гиперцикл» - упорядоченный определенным образом набор циклов. Эйген показал, что при благоприятных условиях среды сложные органические молекулы оказываются способными к самовоспроизведению и усложнению организации на предбиологическом уровне, при этом начинает действовать дарвиновский принцип естественного отбора.

15.5. Синергетическая картина мира

Мир, в котором мы живем, состоит из разномасштабных открытых систем, развитие которых подчиняется общим закономерностям. Они позволяют наиболее полно построить картину мира, в которой все - жизнь неживой и живой природы, человека и общества - взаимосвязано и подчинено единым фундаментальным законам природы. Это выступает в виде обобщенной синергетической картины мира. Ее ядром являются следующие идеи. Мир представляет суперсистему, состоящую из иерархии взаимосвязанных подсистем разного уровня сложности, в которой системы более низкого иерархического уровня являются элементами систем более высокого уровня.

- Мир находится в постоянном изменении. Этот глобальный процесс представляет периодическую смену разрушений старого и созиданий нового на пути самоорганизации и усложнения.

- Самоорганизация и усложнение возможны лишь в открытых диссипативных системах, которые обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией и находятся вдали от термодинамического равновесия.

- Закономерности развития систем носят вероятностный стохастический характер; случайность и неопределенность выступают как фундаментальные свойства всего сущего. Случайное изменение отдельных внешних или внутренних параметров системы, отклонение их от равновесного значения (флуктуации) могут вызвать неустойчивость состояния всей системы или ее частей и послужить конструктивным началом для усложнения и перехода на качественно новую ступень развития.

- Процесс самоорганизации происходит в результате взаимодействия случайности и необходимости и всегда связан с переходом от неустойчивости к устойчивости более высокого порядка.

- Самоорганизация обусловлена кооперативными процессами,

коллективным согласованным резонансным взаимодействием элементов системы; интеграцией их совместных усилий на пути развития системы, именно благодаря этому зарождаются новообразования, которые при благоприятных условиях могут перерасти в новую структуру.

Развитие происходит по нелинейным законам. Нелинейность означает многовариантность путей выбора и альтернатив выхода из неустойчивых состояний. Картина мира в хронологии наиболее важных событий выглядит следующим образом:

- 20 млрд. лет назад – Большой взрыв (космогенез);
- 3 минуты спустя – образование вещественной основы Вселенной (фотоны, нейтрино, антинейтрино с примесью ядер водорода, гелия и электронов);
- Через несколько сотен тысяч лет – появление атомов легких элементов.
- 19-17 млрд. лет назад - образование разномасштабных структур.
- 15 млрд. лет назад - появление звезд первого поколения, образование атомов тяжелых элементов;
- 5 млрд. лет назад – рождение Солнца;
- 4,6 млрд. лет назад – образование Земли (геогенез);
- 3,4-3,8 млрд. лет назад – зарождение жизни (биогенез);
- 450 млн. лет назад - появление растений;
- 150 млн. лет назад - появление млекопитающих;
- 2 млн. лет назад – возникновение человека и общества (антропосоциогенез).

Такой моделью является концепция глобального эволюционизма. В ней вся история Вселенной предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи – это указывает на направленность развития материи на повышение своей структурной организации.

Важную роль в данной концепции играет идея отбора: новое возникает как результат отбора наиболее эффективных формообразований, неэффективные же инновации отбраковываются историческим процессом.

В глобальном процессе самоорганизации материи можно выделить три уровня:

1. Самоорганизация и эволюция неживой материи. В этом процессе можно выделить два направления:

- структурная эволюция Вселенной: газопылевая туманность - звездная система - галактика - метagalactica – вселенная;
- химическая эволюция: элементарные частицы - атомы - неорганические молекулы - простые органические молекулы – биополимеры.

Процесс самоорганизации вещества происходит благодаря примитивным способам отражения материи и обмену физической информацией (взаимодействию), носителем которой являются гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное поля.

2. Самоорганизация и эволюция живого вещества. На определенном этапе эволюции материи на Земле создались условия, при которых органическое

вещество сгруппировалось в системы, способные к саморегуляции и самовоспроизведению. Последовательное усложнение этих систем в течение миллиардов лет привело к появлению высокоорганизованных организмов. Живое и неживое взаимосвязаны потоками энергии, информации и вещества. Живое вещество обладает опережающей формой отражения. Ему присущи более сложные формы приема, накопления и передачи информации. На вершине эволюционной пирамиды живого находится человек, способный осмысленно познавать окружающий мир и самого себя.

3. Начало антропогенеза. На определенном этапе эволюции возникают сообщества, основанные на разуме и коллективной деятельности. В процессе их самоорганизации в течение нескольких миллионов лет происходила эволюция человека. В этот период усложняются коммуникативные отношения, техническая оснащенность, уровень познания и использования природы. Человек изменяет характер энергетических, вещественных и информационных потоков, активно вторгается в биогеохимические циклы, создает искусственные системы и управляет ими.

Анализ самоорганизации материи на уровне живого, неживого и социального указывает на общие тенденции и направленность эволюции. Можно сказать, что она позволяет объединить разнородные явления и процессы, протекающие в неживой и живой природе в единое целое, используя общий язык для их описания. Это позволяет увидеть весь окружающий мир в контексте единого процесса развития. Она дает новый образ мира как открытой системы, развивающейся по нелинейным законам, раскрывает двойственную природу хаоса, его созидательное и деструктивное начала, а такие понятия, как случайность, неопределенность и вероятность, оказываются фундаментальными свойствами природы.

Синергетика является лишь одним из возможных подходов к описанию мира. Однако не исключено, что в будущем найдутся новые, более совершенные модели и подходы к описанию мира.

16. ЖИЗНЬ, ОБЩЕСТВО И ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ

Законы природы и жизнь. Живая природа является одной из форм движения материи. Поэтому разумно считать, что существование жизни и ее эволюцию можно объяснить на основе фундаментальных законов природы. Однако может показаться, что жизнь представляет собой исключение из общего закона развития природы, поскольку объекты жизни являются в высшей степени упорядоченными системами (разделение функций между структурами организма, наличие связей между ними и др.).

В настоящее время наука решает вопрос о возникновении и развитии жизни на основе законов природы, в частности, второго закона термодинамики. Большая заслуга в этом принадлежит Л. Онсагеру и И. Пригожину.

Живые организмы можно рассматривать как открытые неравновесные системы с высокоупорядоченной организацией, которые с окружающей средой составляют изолированную систему. В таких открытых системах могут протекать несамопроизвольные процессы, сопровождающиеся понижением энтропии и созданием упорядоченных жизненных структур. Эти процессы могут протекать за счет самопроизвольных процессов в других частях организма. Поступающая извне пища позволяет бороться с повышением энтропии внутри организма. Но в результате всех процессов энтропия системы «организм + окружающая среда» возрастает. Нарушения второго закона термодинамики нет, так как повышается энтропия окружающей среды за счет выделения из организма продуктов метаболита. В организме происходит превращение материи - окисление пищи, в частности глюкозы, и это сопровождается возникновением работы и теплоты.

Реакция окисления глюкозы: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$ характеризуется следующими термодинамическими величинами:

$$\Delta H^\circ = -2803 \text{ кДж};$$

$$\Delta G^\circ = -2871 \text{ кДж};$$

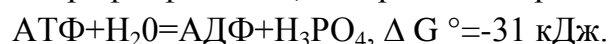
$$\Delta S^\circ = 228 \text{ Дж/К};$$

$$T \Delta S^\circ = 68 \text{ кДж}.$$

При протекании этой реакции в открытом сосуде в окружающую среду выделилась бы теплота $\Delta H = -2803 \text{ кДж}$; а энтропия системы «сосуд + среда» увеличилась бы на $\Delta S = 2871 * 10^3 / 298 = 9,6 * 10^3 \text{ Дж/К}$.

При обратимом протекании реакции в каком-либо аппарате над окружающей средой была бы совершена работа $A = 2871 \text{ кДж}$, а система, в которой протекала эта реакция, поглотила бы из окружающей среды теплоту $Q = T \Delta S^\circ = 68 \text{ кДж}$.

В организме эта реакция протекает промежуточным путем между полностью необратимым и обратимым способами. За счет нее совершается работа по перемещению электронов, движению протонов и фосфатных ионов и соединению их с аденозиндифосфатом. В результате затраты работы образуется аденозинтрифосфат АТФ, который самопроизвольно реагирует с водой:



При этом в других частях организма за счет части энергии данной реакции, ΔG^0 , переданной в форме полезной работы, протекает ряд несамопроизвольных процессов, например, реакции образования пептидных связей между аминокислотами, т. е. реакции синтеза белка. Энтропия организма при этом понижается.

Изменение энергии Гиббса при окислении 1 моль глюкозы составляет -2871 кДж. Для синтеза 1 моль АТФ требуется затрата работы в количестве 31 кДж, т. е. теоретически окисление 1 моль глюкозы должно сопровождаться образованием 93 моль АТФ. Однако в действительности при окислении 1 моль глюкозы синтезируется 38 моль АТФ. Таким образом, около 40 % энергии окисления глюкозы идет на совершение полезной работы по синтезу белка и других процессов в организме. Остальная часть энергии передается окружающей среде в форме теплоты. Энтропия Вселенной при жизнедеятельности организма возрастает благодаря превращению материи - органической пищи, в результате чего совершается полезная работа по созданию и усовершенствованию упорядоченных структур организма, в которых и совершается это превращение материи и полезная работа. Таким образом, весь суммарный процесс образования упорядоченных жизненных структур становится возможным и выгодным с термодинамической точки зрения и возможным с точки зрения второго закона. Этот процесс протекает непрерывно, поскольку Вселенная представляет собой значительное пространство, в котором рассеивается около 60 % теплоты, возникающей при окислении глюкозы, энтропия Вселенной не достигает максимальной величины, т. е. $\Delta S \neq 0$ и не наступает равновесия между деятельностью организма и окружающей средой.

Таким образом, жизнь представляет собой стационарный неравновесный процесс, протекающий в аппарате - организме, при котором совершается полезная работа по созданию и усовершенствованию структур организма и возрастает энтропия Вселенной. Само возникновение жизни становится закономерным и вероятным процессом среди возможных превращений материи в природе, поскольку оно сопровождается возрастанием энтропии Вселенной.

Для того, чтобы возрастала энтропия, теплота должна переходить от организма к окружающей среде, а для этого температура организма должна быть несколько выше температуры окружающей среды или должен осуществляться теплоотвод каким-либо другим способом, например, испарением влаги с поверхности. Теплокровные животные отвечают этим условиям и поэтому являются пока высшим звеном эволюции жизни на планете.

При стационарной жизнедеятельности организма возрастание энтропии системы «организм + окружающая среда» является минимальной и независимой от времени величиной, этому соответствует постоянное значение полезной работы.

При приближении количества полезной работы к максимальному значению ΔG , определяемому, например, реакцией окисления глюкозы, изменение энтропии стремится к нулю. В этом случае жизненные процессы приближаются к равновесию с окружающей средой. Это означает чрезвычайно медленное течение

процессов и зависимость их протекания от изменений внешних условий. С точки зрения организма это означает предел его развития. По-видимому, животные, температура тела которых не регулируется, отвечают данному состоянию, т. е. процессы, протекающие в их организмах, находятся в состоянии, близком к равновесному с окружающей средой.

В соответствии с величиной, $Q = T \Delta S^o > 0$ реакции окисления глюкозы, эта реакция в равновесных условиях при производстве максимальной полезной работы требует поглощения теплоты из окружающей среды. Поэтому понижение температуры окружающей среды препятствует переходу теплоты от окружающей среды к организму, в котором процессы находятся в состоянии, близком к равновесию с окружающей средой, и реакция окисления глюкозы может прекратиться.

Законы природы и общество. Человек и человеческое общество являются частью биосферы. В какой мере к человеческому обществу применимы законы живой и неживой природы?

Человеческое общество создавалось в результате работы человека над внешней средой. Возникновение работы как одной из форм энергии обязано превращению различных видов существования материи в другие формы. Прежде всего, подвергаются превращению полезные ископаемые: уголь, нефть, газ. Эти источники энергии создавались на протяжении истории развития жизни на Земле и представляют собой результат работы, произведенной в растениях при превращении электромагнитного излучения Солнца в другие формы материи. Энергия этих полезных ископаемых посредством аппаратов - двигателей передается окружающей среде в форме теплоты и работы. Результат последней - создание орудий труда, предприятий, дорог, городов, транспорта, систем управления и других упорядоченных структур - всего того, что представляет собой структуру цивилизации.

С точки зрения термодинамики реализуемый процесс превращения полезных ископаемых должен быть неравновесным процессом, проводимым в промежуточных условиях между полностью необратимым и полностью обратимым путями проведения.

Рассмотрим реакцию горения угля: $C + O_2 = CO_2$.

Эта реакция характеризуется следующими термодинамическими величинами:

$$\Delta H^o = - 393 \text{ кДж};$$

$$\Delta G^o = - 394 \text{ кДж};$$

$$\Delta S^o = 3 \text{ Дж/К};$$

$$T \Delta S^o = 1 \text{ кДж}.$$

Если бы 1 моль углерода (12 г) сгорел полностью необратимым способом, то полученная теплота составила бы 393 кДж, и никакой полезной работы не было бы произведено.

Если бы удалось эту реакцию провести в каком-либо аппарате полностью обратимым путем, то можно было бы получить полезную работу, равную 394 кДж,

но при этом необходимо, чтобы реагирующая система непрерывно поглощала из окружающей среды 1 кДж теплоты на 1 моль углерода. В действительности аппараты, в которых протекает эта реакция, устроены так, что только меньшая часть энергии передается окружающей среде в форме полезной работы, а остальная передается в форме теплоты, при этом энтропия системы «аппарат + окружающая среда» возрастает. Передача же теплоты возможна лишь тогда, когда температура системы «аппарат + реагирующая система» выше температуры окружающей среды. Таким образом, при совершении полезной работы и функционировании и развитии человеческого общества возрастает энтропия Вселенной, и появление более высоких ступеней организации человечества становится вероятным в природе.

Появление более высоких ступеней организации общества определяется их способностью использовать энергию ресурсов планеты для получения полезной работы. В процессе эволюции общества отбираются те общественные структуры, которые максимально используют энергетические ресурсы для создания инфраструктуры цивилизации, позволяющие в еще большей степени потреблять источники энергии для совершенствования такой инфраструктуры. При производстве полезной работы непрерывно возрастает энтропия Вселенной.

Развитие человеческого общества представляет собой неравновесный стационарный процесс. В социальной деятельности человеческого общества наблюдаются явления, между которыми и вторым законом термодинамики можно провести аналогию. Если какое-либо сообщество людей, объединенных экономической деятельностью, географически, экономически, политически или иным другим способом, изолировано от других сообществ, то такое сообщество начинает обладать свойствами изолированной системы, в которой изменение энтропии стремится к нулю и процессы замедляются. Снятие таких изоляций превращает данное сообщество в открытую систему и способствует развитию эволюционных процессов.

Итак, развитие человеческого общества, начиная от его первых формаций, является процессом совершения полезной работы в результате превращений полезных ископаемых. Поэтому будущее цивилизации зависит от количества источников энергии и темпов развития общества.

Энергия солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, составляет $(10-15) * 10^{23}$ Дж/год.

Растениями на Земле поглощается $3*10^{20} - 3*10^{21}$ Дж/год, что соответствует ежегодному приросту биомассы $2*10^{11}$ т.

Ежегодное потребление энергии человеком за счет ископаемых составляет $2*10^{19}$ Дж, т. е. $2*10^{19}/3 * 10^{20}=0,07$ от энергии, соответствующей годовому приросту биомассы, и $2*10^{19}/15*10^{23}=1,3 * 10^{-5}$ ($1*10^{-3}$ %) энергии солнечного излучения, достигающего поверхности Земли.

Через каждые 20 лет потребление энергии человеком удваивается. Поэтому уже через 100 лет ежегодное потребление энергии возрастает в 30 раз и будет превышать энергию ежегодного прироста биомассы в 2 раза, а через 200 лет

ежегодное потребление энергии возрастет в 1000 раз и будет превышать энергию прироста биомассы в 70 раз и более. Между тем разведанные запасы полезных ископаемых соответствуют продукции фотосинтеза за 100 лет, поэтому, по приближенной оценке с учетом увеличения разведанных запасов ископаемых, ресурсы угля, нефти, газа будут значительно уменьшаться соответственно через 150, 50 и 50 лет. Таковы перспективы развития общества с точки зрения основных источников энергии.

Рассеиваемые в окружающей среде теплота, углекислый газ, другие продукты превращения ископаемых повышают беспорядок, увеличивают энтропию Вселенной; постоянный рост энтропии в изолированной системе означает приближение процесса развития к равновесному состоянию. Относительно цивилизации это означает замедление темпов ее развития. Практическим сроком наступления энергетического и экологического кризиса называют 2030-е гг.

Дальнейшее развитие цивилизации с энергетической точки зрения должно обуславливаться использованием в качестве основных других источников энергии: солнечной, термоядерной и других, может быть, пока не известных источников. Но использование новых источников энергии также будет повышать энтропию (разупорядоченность) окружающей среды - биосферы. Наиболее разумным наряду с освоением новых источников энергии представляется выход человека в космос. Расширение пространственной деятельности человека означает расширение изолированной системы, которую представляют природа и человеческое общество, и превращение ее в открытую систему, обменивающуюся веществом и энергией с окружающей средой - космическим пространством.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО КУРСУ «ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ»

1. Вопросы анкеты «Мое отношение к естественным наукам»

1. Я нахожу (не нахожу) естественные науки слишком запутанными и трудными для понимания, так как...
2. За математическим описанием процессов и явлений часто затрудняюсь (не затрудняюсь) уловить основные принципы и идеи, так как...
3. Я интересуюсь (не интересуюсь) естественными науками потому, что...
4. В школе из естественных наук мне больше всего нравилась... , потому что ...
5. Естественные науки нужны (не нужны) обществу потому, что...
6. Естественнонаучные знания мне нужны (не нужны), чтобы:...
Обоснуйте свои ответы, для которых, как Вы считаете, необходимо знание естественных наук.
7. Какую информацию несут Вам термины «синергетика», «самоорганизация», «коэволюция», «эволюция», «материя», «НКМ», «ноосфера»?
8. Как вы считаете, можете ли вы использовать естественнонаучные знания в своей профессиональной деятельности? В каких случаях, на Ваш взгляд, это возможно?
9. Какие проблемы естествознания для Вас представляют особенный интерес и почему?

2. Примерные Вопросы к зачету по курсу «Естествознание»

1. Естествознание как иерархия наук о природе. История естествознания и ее основные этапы.
2. Специфика естественнонаучного и гуманитарного знания. Проблема интеграции естественнонаучного и гуманитарного знания (взаимосвязь, взаимовлияние и взаимодополнение). Научные методы и критерии научности.
3. Физические картины мира: механическая картина мира; электродинамическая картина мира; квантово-полевая картина мира.
4. Микромир. Эволюция представлений о строении атомов. Строение атомов и их ядер. Постулаты Бора. Строение атомного ядра. Корпускулярно-волновой дуализм вещества в микрообъектах. Принцип неопределенности Гейзенберга и принцип дополнительности в квантовой механике.
5. Происхождение Вселенной. Модель горячей Вселенной. Инфляционная модель.
6. Расширение Вселенной (красное смещение). Структура Вселенной. Крупномасштабная однородность Вселенной.
7. Современные представления об эволюции звезд.
8. Солнечная система. Основные понятия и характеристики.

9. Общая характеристика планеты Земля. Геологическое время и геологическая шкала времени. Строение Земли. Физические оболочки.

10. Эволюция Земли. Движение континентов. Концепция тектоники литосферных плит. Вулканы и землетрясения.

11. Определение жизни (основные признаки живого). Гипотезы о происхождении жизни. Эволюция форм жизни на Земле. Многообразие форм жизни.

12. Концепции генетики. Генные и клеточные механизмы. Генетическая инженерия. Клонирование и социально-этические проблемы.

13. Положение человека в системе животного мира. Отличия и сходства человека и животных. Происхождение человека.

14. Биологическое и социальное в историческом развитии человека. Биологическое и социальное в индивидуальном развитии (онтогенезе) человека.

15. Глобальные экологические проблемы.

3. Примерные тестовые задания по курсу

(тематическая структура соответствует разделам учебного пособия)

1. Естественнонаучная и гуманитарная культура

1. Концепция это:

- 1) научная диссертация;
- 2) определенный способ понимания, истолкования каких-либо процессов, явлений;
- 3) результат исследования;
- 4) система способов исследования.

2. Естествознание это:

- 1) комплекс наук о природе;
- 2) система знаний о естественнонаучных основах технологий;
- 3) система знаний о формах общественной жизни;
- 4) метод получения знаний.

3. Выберите пять фундаментальных естественнонаучных направлений:

- 1) физика, история, химия, биология, геология;
- 2) физика, математика, биология, химия, геология;
- 3) физика, биология, химия, астрология, геология;
- 4) физика, биология, химия, астрономия, геология.

4. Естественнонаучные знания от гуманитарных отличаются по признаку:

- 1) математичности;
- 2) историчности;

- 3) однозначности и строгости языка;
- 4) эмпирической проверяемости.

5. Противоречия, составляющие сущность проблемы двух культур (естественнонаучной и гуманитарной), связаны с:

- 1) различными законами, на которые они опираются;
- 2) различными подходами в методологии;
- 3) различием в традициях, целях и методах естественнонаучного и гуманитарного знания;
- 4) различием в духовном восприятии мира.

6. Процесс конвергенции естественнонаучного и гуманитарного знания

– это их:

- 1) интеграция;
- 2) отдаление;
- 3) сближение;
- 4) антагонизм.

7. Структура естествознания определяется:

- 1) естественнонаучной картиной мира;
- 2) физической картиной мира;
- 3) многообразием самой природы;
- 4) составляющими его науками.

8. Структурными уровнями организации природы являются:

- 1) мир человека и мир животных;
- 2) Земля, Солнечная система, Галактика, Метагалактика;
- 3) мега – макро – микромиры;
- 4) мир животных и мир растений.

9. Мегамир – это часть материального мира, (продолжите):

- 1) познание в которой, в принципе, невозможно;
- 2) мир планет, звезд, звездных систем, галактик;
- 3) которая подчиняется законам квантовой механики;
- 4) часть материального мира неживой природы.

10. Микромир – это часть материального мира, (продолжите):

- 1) отвечающая за возникновение стихийных бедствий;
- 2) о которой человечество знает меньше всего;
- 3) где возможно познание путем непосредственного наблюдения;
- 4) мир элементарных частиц, атомных ядер, атомов.

11. Мир объектов, в котором пространственные величины выражаются в миллиметрах, сантиметрах и километрах, а время в секундах, минутах, часах, годах – это _____ .

2. Научные методы и критерии научности

12. Цель познания заключается в нахождении:

- 1) способов наблюдения;
- 2) удовлетворения;
- 3) единомышленника;
- 4) истины.

13. Процесс научного познания начинается с:

- 1) выдвижения гипотезы и ее проверки;
- 2) наблюдения и сбора фактов;
- 3) построения модели;
- 4) постановки эксперимента.

14. Совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности называется _____ .

15. Последовательность этапов цикла научного познания: Расставить в порядке очередности следования.

- (А) научная теория;
- (Б) научная идея;
- (В) эмпирическая проверка гипотез;
- (Г) научный факт;
- (Д) гипотеза.

16. Научные методы познания делятся на:

- 1) теоретические и математические;
- 2) математические и модельные;
- 3) эмпирические и теоретические;
- 4) модельные и эмпирические

17. К всеобщим научным методам познания относятся методы:

- 1) анализ и синтез;
- 2) диалектический и метафизический;
- 3) эмпирического уровня познания;
- 4) теоретического уровня познания.
- 5)

18. К общенаучным методам эмпирического уровня познания относятся:

- 1) наблюдение, эксперимент и измерение;
- 2) формализация, индукция и дедукция;
- 3) абстрагирование и идеализация;
- 4) метафизический и диалектический.

19. Абстрагирование, идеализация, мысленный эксперимент, формализация, индукция и дедукция - это общенаучные методы _____ уровня познания.

20. К общенаучным методам теоретического уровня познания относятся:

- 1) наблюдение и эксперимент;
- 2) анализ и синтез;
- 3) абстрагирование и идеализация;
- 4) метафизический.

21. Общенаучные методы эмпирического и теоретического уровня познания – это:

- 1) индукция и дедукция;
- 2) абстрагирование;
- 3) анализ и синтез;
- 4) наблюдение и измерение.

22. Индукция – это:

- 1) умозаключение по аналогии;
- 2) умозаключение от частных фактов к общей гипотезе;
- 3) любое умозаключение;
- 4) умозаключение от общего к частному.

23. Метод, использующий символику, позволяющий отвлечься от изучения реальных объектов и оперировать некоторым множеством символов называется _____.

24. Дифференциация науки – это процесс:

- 1) синтеза наук;
- 2) объединения научных дисциплин;
- 3) взаимопроникновения наук;
- 4) образования отдельных областей науки.

3. История развития естествознания

25. Основателем античного атомизма является:

- 1) Гераклит;
- 2) Аристотель;
- 3) Анаксагор;
- 4) Демокрит.

26. Особенности естествознания античного периода были:

- 1) механицизм;
- 2) теологизм;
- 3) метафизичность;
- 4) абстрактность и отвлеченность.

27. Гелиоцентрическая система мироздания была создана Н.Коперником:

- 1) в эпоху Средневековья;
- 2) в эпоху Нового времени;
- 3) в эпоху Возрождения;
- 4) в эпоху античности.

28. В период классической ньютоновской космологии существовала модель Вселенной:

- 1) стационарного состояния;
- 2) пульсирующего состояния;
- 3) расширяющейся;
- 4) эволюционирующей.

29. Правильно ли определены соответствия между отраслями научного знания и периодом их бурного развития: (схематично упорядочить по цифрам)

1. электродинамика	1. XX век
2. синтетическая химия	2. античность
3. медицина, биология, генетика	3. XVI век
4. механика	4. XIX – XX вв.

30. Правильно ли соотнесены открытия в области естествознания и их авторов: (схематично упорядочить по цифрам)

1. Ч. Дарвин	1. Закон всемирного тяготения
2. А. Эйнштейн	2. Концепция биосферы и ноосферы

3. В. Вернадский	3. Создание теории относительности
4. Дж. Максвелл	4. Изобретение телескопа: открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, солнечных пятен и др.
5. И. Ньютон	5. Создание теории эволюции органического мира
6. Г. Галилей	6. Создание классической электродинамики

31. Во второй половине XX века в научном мировоззрении появилась идея самоорганизации материи. Теориями, изучающими общие принципы самоорганизации, являются:

- 1) химическая кинетика;
- 2) равновесная термодинамика;
- 3) неравновесная термодинамика;
- 4) синергетика.

4. Естественнонаучная картина мира

32. Естественнонаучная картина мира – это:

- 1) форма накопления знаний;
- 2) классификация научных знаний;
- 3) физическая картина мира;
- 4) система научного понимания внешнего мира.

33. Основоположителем классической механики является:

- 1) Эйнштейн;
- 2) Максвелл;
- 3) Архимед;
- 4) Ньютон.

34. В рамках механической картины мира материя отождествляется с:

- 1) дискретным веществом;
- 2) полем;
- 3) веществом и полем;
- 4) состоянием пустоты.

35. Частнонаучная картина мира формируется на основе:

- 1) естественнонаучных знаний;
- 2) гуманитарных знаний;
- 3) совокупности знаний отдельных научных дисциплин;
- 4) совокупности знаний отдельной научной дисциплины.

36. Общая научная картина мира формируется на основе:

- 1) космологической картины мира;

- 2) гуманитарных знаний и элементов гуманитарной культуры;
- 3) нескольких частнонаучных картин мира;
- 4) интеграции естественнонаучной картины мира и гуманитарных знаний.

37. Поле – это:

- 1) удобная модель реального объекта;
- 2) нематериальная субстанция;
- 3) одна из форм существования материи;
- 4) физическая абстракция.

38. Корпускулярно-волновой дуализм основывается на том, что:

- 1) существуют волновые или корпускулярные виды материи;
- 2) свет может быть либо потоком частиц, либо волной;
- 3) все виды материи существуют в виде неделимых частиц;
- 4) объекты обладают вещественными и волновыми свойствами.

39. Скорость света в вакууме является предельно возможной. Это постулат:

- 1) относительности;
- 2) причинности;
- 3) постоянства скорости света;
- 4) суперпозиции.

40. Механические, электромагнитные и оптические явления во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково. Это является принципом:

- 1) неопределенностей Гейзенберга;
- 2) дополненности Н. Бора;
- 3) относительности А. Эйнштейна;
- 4) относительности Г. Галилея.

41. В теории относительности Эйнштейна утверждается, что пространство и время:

- 1) относительны;
- 2) абсолютны;
- 3) существуют независимо друг от друга;
- 4) существуют как единая четырехмерная структура.

42. Согласно специальной теории относительности длина отрезка в движущейся системе отсчета:

- 1) увеличивается;
- 2) сокращается;

- 3) остается неизменной;
- 4) сокращается при скоростях близких к скорости света.
- 5)

43. Пространственно-временной континуум – это:

- 1) «моменты», в которые происходят явления;
- 2) пространство и время;
- 3) целостное, непрерывное единство пространственно временных координат;
- 4) непрерывное, целостное единство точек, физических величин.

44. В общей теории относительности Эйнштейн показал, что структура пространства-времени определяется свойствами:

- 1) полей;
- 2) вещества;
- 3) материи;
- 4) вакуума.

5. Структурные уровни организации природы

45. Укажите правильную последовательность (от меньшего к большему) в структурной иерархии микромира:

- 1) элементарные частицы;
- 2) молекулы;
- 3) атомы;
- 4) ядра атомов.

46. Планетарная модель строения атома была предложена:

- 1) А. Эйнштейном;
- 2) Э. Резерфордом;
- 3) М. Планком;
- 4) Дж. Томсоном.

47. Согласно планетарной модели атома:

- 1) положительные и отрицательные заряды в атоме смешаны;
- 2) в центре атома находится ядро, вокруг него движутся электроны;
- 3) в центре атома находятся электроны, а ядро движется вокруг них;
- 4) электроны, протоны, нейтроны образуют «изюминки» вокруг ядра.

48. В состав атомов входят:

- 1) электроны, протоны и нейтроны;
- 2) электроны, позитроны и нейтроны;
- 3) электроны, протоны и нейтрино;
- 4) электроны и ядра.

49. Согласно первому постулату Бора, в стационарном состоянии атом:

- 1) не излучает энергию;
- 2) излучает энергию;
- 3) поглощает энергию;
- 4) находится в состоянии покоя.

50. Корпускулярно-волновой дуализм не характерен для:

- 1) макрообъектов;
- 2) света;
- 3) электронов;
- 4) всех микрообъектов.

51. В состав ядра атома входят:

- 1) электроны и протоны;
- 2) электроны и нейтроны;
- 3) протоны и нейтроны;
- 4) фотоны и протоны.

52. Массивные элементарные частицы (типа протонов и нейтронов) состоят из:

- 1) пульсаров;
- 2) кварков;
- 3) лептонов;
- 4) фотонов.

53. Явление «удержание кварков» означает, что:

- 1) сильное взаимодействие так велико, что они его не могут преодолеть ;
- 2) наблюдать кварки в свободном состоянии принципиально невозможно;
- 3) кварки могут быть в связанном состоянии только попарно;
- 4) кварки могут быть в связанном состоянии только при их определенных комбинациях.

54. Теории взаимодействия посредством полей базируются на принципе:

- 1) близкодействия;
- 2) дальнодействия;
- 3) суперпозиции;
- 4) симметрии.

55. Фундаментальные физические взаимодействия: сверхсильное, сильное, слабое, электромагнитное и _____ .

56. Среди фундаментальных типов взаимодействия наиболее слабым является:

- 1) сильное;
- 2) электромагнитное;
- 3) слабое;
- 4) гравитационное.

57. Фундаментальные взаимодействия по величине относительной интенсивности (от большей к меньшей) располагаются в следующем порядке:

- 1) сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное;
- 2) электромагнитное, гравитационное, сильное, слабое;
- 3) гравитационное, электромагнитное, слабое, сильное;
- 4) слабое, гравитационное, сильное, электромагнитное.

58. Сильные взаимодействия, происходящие между частицами, проявляются в:

- 1) удержании электронов
- 2) целостности атомных ядер
- 3) образовании молекулярных структур
- 4) работе живых организмов

59. β -распад – это проявление _____ взаимодействия.

6. Законы сохранения и принцип симметрии в естествознании

60. Наука, изучающая законы взаимопревращения различных видов энергии в тепловую, называется _____.

61. Система, не обменивающаяся с окружающей средой веществом и энергией, называется _____.

62. Мера неупорядоченности термодинамической системы – это _____.

63. Энтропия – это:

- 1) количество теплоты, которым термодинамическая система обменивается с окружающей средой;
- 2) внутренняя энергия системы, которую она имеет;
- 3) энергия системы, которая не может быть преобразована в механическую работу;
- 4) количество теплоты, идущее на совершение механической работы.

64. В изолированных системах для необратимых процессов энтропия:

- 1) может только возрастать;
- 2) может только убывать;
- 3) остается неизменной;
- 4) может убывать и возрастать.

7. Космологические концепции

65. Вселенная – это:

- 1) галактика «Млечный путь»;
- 2) весь окружающий человека материальный мир;
- 3) звездная система, наблюдаемая человеком в космосе;
- 4) Солнечная система.

66. Часть Вселенной, доступную астрономическим наблюдениям, называют _____ .

67. Космология – это:

- 1) учение о Вселенной как о целостной эволюционирующей, динамической системе;
- 2) учение о божественном происхождении небесных тел;
- 3) наука, которая занимается проблемами космических полетов;
- 4) наука, которая занимается поиском жизни во Вселенной.

68. Космология как наука появилась в результате эволюции:

- 1) астрологии и философии;
- 2) астрономии и физики;
- 3) мифологии и алхимии;
- 4) химии и геологии.

69. Во Вселенной все физические свойства пространства одинаковы по всем направлениям – это постулат:

- 1) однородности Вселенной;
- 2) изотропности Вселенной;
- 3) непрерывности Вселенной;
- 4) бесконечности Вселенной.

70. Модель расширяющейся Вселенной была в 1923 году сформулирована:

- 1) А. Эйнштейном;
- 2) А. Фридманом;
- 3) Г. Гамовым;
- 4) Э. Хабблом.

71. «Красное смещение» в спектрах галактик свидетельствует о:

- 1) сближении галактик друг с другом;
- 2) удалении галактик;
- 3) том, что галактики находятся в стационарном положении;
- 4) том, что галактики двигаются навстречу друг другу.

72. Э. Хаббл, открыв «красное смещение» в спектрах галактик, подтвердил:

- 1) вероятность тепловой смерти Вселенной;
- 2) синергетическое развитие Вселенной;
- 3) модель расширяющейся Вселенной А. Фридмана;
- 4) модель стационарных состояний Вселенной.

73. Физический вакуум – это:

- 1) абсолютная пустота;
- 2) наименьшее энергетическое состояние электромагнитного поля;
- 3) состояние разряженного газа;
- 4) космическое пространство.

74. Согласно инфляционной модели теории Большого взрыва, Вселенная образовалась из:

- 1) неизвестных на Земле химических элементов;
- 2) физического вакуума;
- 3) известных химических элементов;
- 4) антивещества.

75. Первыми химическими элементами, образовавшимися после Большого взрыва, были:

- 1) углерод и кислород;
- 2) изотопы $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_7\text{N}$ и $^{15}_7\text{N}$ и $^{17}_9\text{F}$;
- 3) изотопы водорода и гелия;
- 4) железо, никель.

76. Общепризнанной моделью Вселенной является модель:

- 1) изотропной, горячей, расширяющейся Вселенной;
- 2) изотропной, горячей, сужающейся Вселенной;
- 3) горячей стабильной Вселенной;
- 4) изотропной, холодной Вселенной.

77. В своей эволюции Солнце проходит стадию:

- 1) красного гиганта;
- 2) белого карлика;

- 3) желтого карлика;
- 4) черного карлика.

78. Пропущен этап эволюции Солнца:

желтый карлик → _____ → **белый карлик** → **черный карлик**.

79. Назовите планету, вращающаяся в сторону, обратную той, в которую вращается большинство планет:

- 1) Земля;
- 2) Марс;
- 3) Уран;
- 4) Венера.

8. Геологические концепции

80. Средний радиус Земли составляет:

- 1) 2500 км;
- 2) 12300 км;
- 3) 6400 км;
- 4) 1650 км.

81. При использовании литологического способа измерения геологического времени за основу берутся:

- 1) осадочные горные породы;
- 2) останки древних организмов;
- 3) изотопы химических элементов;
- 4) вулканические породы.

82. Геосферы Земли – это:

- 1) область существования жизни на Земле;
- 2) климатические зоны Земли;
- 3) сферы, составляющие структуру Земли;
- 4) осадочный, гранитовый и базальтовый слои земной коры.

83. Геохронология – наука о:

- 1) хронологии изменения климата Земли;
- 2) эволюции горных пород Земли;
- 3) геофизических исследованиях;
- 4) истории геологических открытий.

84. Данные о внутреннем строении Земли, главным образом получают:

- 1) в процессе поиска и разведки полезных ископаемых;
- 2) на основе интерпретации данных сейсмических исследований;

- 3) в результате анализа вулканических газов;
- 4) при анализе радиоактивных превращений элементов Земли.

85. Процесс химико-плоскостной дифференциации земного вещества означает, что:

- 1) легкие химические элементы устремляются к ядру планеты, а тяжелые поднимаются наверх;
- 2) тяжелые химические элементы перемещаются к ядру планеты, а легкие - поднимаются наверх;
- 3) легкие химические элементы вращаются на периферии ядра, а тяжелые - вблизи ядра;
- 4) легкие химические элементы вращаются вблизи ядра, а тяжелые на периферии.

86. Интенсивные конвективные движения внутри Земли характерны для:

- 1) внутреннего ядра;
- 2) литосферы;
- 3) мантии;
- 4) земной коры.

87. Приводом «машины», передвигающей земную кору, являются:

- 1) процессы разрушения и выветривания горных пород;
- 2) подземные источники воды и морские течения;
- 3) конвекционные потоки расплавленной магмы;
- 4) движение Земли вокруг Солнца.

88. Процессы горообразования, вулканическая деятельность, землетрясения являются следствием:

- 1) извержения вулканов;
- 2) падения метеоритов на Землю;
- 3) влияния Луны на Землю;
- 4) тектонической активности недр Земли.

89. Литосфера – это:

- 1) ядро вместе с мантией;
- 2) земная кора и атмосфера;
- 3) часть верхней мантии вместе с земной корой;
- 4) вся мантия с земной корой.

90. На ранних этапах своего развития (4,6–4 млрд. лет назад) Земля:

- 1) обладала окислительной атмосферой, а гидросфера появилась позже;
- 2) обладала гидросферой, а атмосферы не было;

- 3) не приобрета гидросферы, обладала восстановительной атмосферой;
- 4) обладала и гидросферой и атмосферой.

91. К «извлечению» углекислого газа из атмосферы привел процесс:

- 1) дегазации планеты;
- 2) серпентизации океанической коры;
- 3) распада радиоактивных элементов;
- 4) гравитационного сжатия.

92. Атмосфера Земли содержит 78% _____ и 21% - _____.

93. Наличие озонового слоя в атмосфере Земли обусловлено содержанием в ней:

- 1) азота;
- 2) кислорода;
- 3) водяных паров;
- 4) углекислого газа.

94. Резкие суточные колебания температуры в районах великих пустынь связаны с:

- 1) свойствами песка, неспособного удержать солнечное тепло;
- 2) парниковым эффектом;
- 3) отсутствием водяного пара в воздухе;
- 4) техногенной деятельностью человека.

9. Химические концепции

95. Все химические реакции осуществляются за счет взаимодействия:

- 1) гравитационного;
- 2) электромагнитного;
- 3) слабого;
- 4) сильного.

96. Укажите последовательность, в которой исторически развивалось химическое знание: А) учение о составе; Б) учение о закономерностях химических процессов; В) эволюционная химия; Г) структурная химия.

- 1) Б-А-Г-В;
- 2) А-Б-В-Г;
- 3) Г-А-Б-В;
- 4) А-Г-Б-В.

97. Правильно ли соотнесены открытия в и их авторы в области химии: (схематично упорядочить по цифрам)

1. М.В. Ломоносов	1. Периодический закон химических элементов
2. Д.И. Менделеев	2. Закон действия масс
3. А.М. Бутлеров	3. Атомно-молекулярное учение
4. К. Гульдберг, П. Вааге	4. Теория химического строения
5. А.Л. Ле-Шателье	5. Влияние температуры на скорость реакции
6. Я.Г. Вант-Гофф	6. Смещение химического равновесия

98. Бензин в качестве добавки, повышающей октановое число, обычно содержит:

- 1) бензилхлорид;
- 2) тетраэтилсвинец;
- 3) тетраметилсвинец;
- 4) соединения ртути.

99. Порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева определяет:

- 1) число нейтронов в ядре атома;
- 2) число протонов в ядре атома;
- 3) размер атома;
- 4) массу ядра.

100. Химические свойства элементов находятся в периодической зависимости от:

- 1) числа нуклонов в ядре;
- 2) числа протонов в ядре атома;
- 3) атомных масс элементов;
- 4) общего количества элементарных частиц в атоме.

101. Атомы одного элемента, имеющие одинаковый заряд ядра, но разные массовые числа, называются _____.

102. Химические свойства атомов определяются:

- 1) строением атомных ядер;
- 2) взаимодействием элементарных частиц в атоме;
- 3) строением электронной оболочки атомов;
- 4) скоростью движения электронов.

103. Закон действующих масс в химической кинетике выражает:

- 1) зависимость скорости реакции от природы катализатора;
- 2) влияние внешних воздействий на смещение равновесия;

- 3) влияние температуры на скорость реакции;
- 4) зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

10. Биологические концепции

104. Науку о клеточном строении называют:

- 1) цитологией;
- 2) эмбриологией;
- 3) океанологией;
- 4) археологией.

105. Основополагающий признак жизни – способность к _____.

106. Возникновения жизни путем занесения ее на Землю из космоса называется гипотезой:

- 1) панспермии;
- 2) самозарождения;
- 3) биохимической эволюции;
- 4) креационизма.

107. По В.И. Вернадскому, источник жизни был привнесен на Землю из глубин космоса в виде:

- 1) молекулярных форм;
- 2) в виде энергии космических излучений;
- 3) в форме постоянно действующих во Вселенной биологических полей;
- 4) в виде клеток живого вещества.

108. По современной концепции возникновения жизни на Земле, жизнь является результатом:

- 1) деятельности сверхъестественных сил;
- 2) вмешательства неземной цивилизации;
- 3) закономерной эволюции материи;
- 4) случайного переноса спор жизни из космоса.

109. А.И. Опарин – основоположник гипотезы появления жизни на Земле в результате:

- 5) панспермии;
- 6) самозарождения;
- 7) биохимической эволюции;
- 8) креационизма.

110. Жизнь на планете Земля появилась:

- 1) 15,3 млрд. лет назад;

- 2) 10,4 млрд. лет назад;
- 3) 4,6 млрд. лет назад;
- 4) 3,4 млрд. лет назад.

111. Переход от неживой материи к живой произошел, когда:

- 1) начал действовать механизм самовоспроизведения;
- 2) появились биологические мембраны;
- 3) споры жизни из космоса попали на Землю;
- 4) у примитивных первых клеток появилось ядро.

112. Первые живые организмы на Земле:

- 1) морской планктон;
- 2) эукариоты;
- 3) прокариоты;
- 4) трилобиты.

113. Автотрофами называют организмы,...

- 1) способные жить в темноте;
- 2) бактерии и вирусы;
- 3) способные к самостоятельному синтезу питательных веществ;
- 4) потребляющие готовые органические продукты.

114. Эра бурного развития пресмыкающихся:

- 1) кайнозой;
- 2) мезозой;
- 3) палеозой;
- 4) археозой.

115. Предки человекообразных обезьян и людей появились в конце _____ эры.

116. Перечислите уровни организации живого в порядке увеличения масштабности: А) популяционно-видовой, Б) биосферный, В) организменный, Г) молекулярно-генетический, Д) уровень биогеоценозов.

- 1) А-Б-В-Г-Д;
- 2) Г-В-А-Д-Б;
- 3) В-Б-А-Д-Г;
- 4) Г-Д-В-Б-А.

11. Концепции генетики

117. Генетика – это наука о:

- 1) целенаправленном конструировании несуществующих в природе сочетаний генов;
- 2) физиологии человека;
- 3) воспроизведение живого объекта, генетически не различимого от оригинала;
- 4) законах наследственности, изменчивости организмов и методах управления ими.

118. Основоположителем учения о наследственности является:

- 1) Теодор Шванн;
- 2) Джеймс Паркинсон;
- 3) Грегор Мендель;
- 4) Владимир Вернадский.

119. Современная биология утверждает, что наследственная информация содержится на уровне:

- 1) ядерном;
- 2) макромолекулярном;
- 3) молекулярном;
- 4) атомном.
- 5)

120. Основная функция ДНК и РНК:

- 1) сохранение химического баланса клетки;
- 2) хранение и передача наследственной информации;
- 3) регулирование процессов обмена веществ;
- 4) регулирование гомеостаза клетки.

121. Назовите два химических соединения, которые имеются в РНК, но отсутствуют в ДНК:

- 1) дезоксирибоза + аденин;
- 2) дезоксирибоза + урацил;
- 3) рибоза + урацил;
- 4) рибоза + тимин.

122. Содержание в ДНК четырех азотистых оснований (А, Т, G, C) может быть различным, но при этом всегда количество G = C; A = T - это принцип _____.

123. Генотип – это:

- 1) вариант размещения генов в клетке;
- 2) тип признака иммунитета организма;
- 3) тип признака продолжительности жизни;

- 4) наследственная конституция организма.

124. Совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом клетки, называется:

- 1) генотип;
- 2) геном;
- 3) генофонд;
- 4) ген.

125. Ген – единица наследственного материала, ответственная за формирование:

- 1) отличительных признаков организма;
- 2) общих свойств живого организма;
- 3) какого-либо элементарного признака;
- 4) темперамента индивида.

126. Единицей генетического кода – системы, кодирующей последовательность аминокислот в молекуле белка, является:

- 1) нуклеотид;
- 2) ДНК;
- 3) ген;
- 4) триплет нуклеотидов.

127. Генетический код:

- 1) универсален для всего живого мира;
- 2) характерен для каждого биологического вида;
- 3) человека отличается от генетического кода всех остальных животных;
- 4) характерен только для бактерий.

128. Генетический код был расшифрован в 1954 году:

- 1) Германом Меллером;
- 2) Георгием Гамовым;
- 3) Ильей Пригожиным;
- 4) Александром Опариним.

129. Процесс «перезаписи» информации о нуклеотидной последовательности ДНК на уровень РНК называется:

- 1) репликацией;
- 2) сплайсингом;
- 3) синтезом белка;
- 4) транскрипцией.

130. Деление клеток, связанное с тождественным распределением генетического материала между дочерними клетками:

- 1) мейоз;
- 2) трансляция;
- 3) митоз;
- 4) транскрипция.

131. Генная инженерия это:

- 1) синоним понятия «клонирование»;
- 2) раздел молекулярной биологии, основанный на целенаправленном конструировании несуществующих в природе сочетаний генов;
- 3) наука о воспроизведении живых объектов, не различимых с оригиналом;
- 4) наука о законах наследственности, изменчивости организмов и методах управления ими.

12. Антропологические концепции

132. Современный вид рода Homo:

- 1) человек умелый;
- 2) человек прямоходящий;
- 3) человек неандертальский;
- 4) человек разумный.

133. Отличительным признаком человека от животных является наличие:

- 1) высокой социальности;
- 2) понятийного мышления, речи, способности к труду;
- 3) конкретного мышления;
- 4) способности изготавливать орудия труда.

134. Характерные черты человеческого поведения и деятельности приобретаются:

- 1) по наследству (генетически);
- 2) через социальное взаимодействие;
- 3) в процессе изоляции;
- 4) в процессе мобилизации внутренних сил личности.

135. Культура общества является результатом:

- 1) наличия наследственной информации;
- 2) преобразования природы человеком;
- 3) преобразования природы человека;
- 4) деятельности человечества.

136. Интеллект – это:

- 1) способность к самовосприимчивости;
- 2) способность к рациональному мышлению;
- 3) большой объем накопленных знаний;
- 4) свойство, присущее человеку с образованием.

137. Рост интеллекта детей связан с:

- 1) продолжающимся эволюционным развитием головного мозга человека;
- 2) развитием научно-технического прогресса;
- 3) совершенствованием системы воспитания и образования;
- 4) повышением уровня радиации.

13. Биосферные и экологические концепции

138. Область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы называется _____.

139. Биосфера, по В.И.Вернадскому – это:

- 1) оболочка, подобная геосферным оболочкам Земли;
- 2) организованная оболочка Земли;
- 3) оболочка Земли, постоянная по своему физико-химическому составу;
- 4) почвенный покров.
- 5)

140. Границы биосферы – это область жизни, охватывающая:

- 1) нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы;
- 2) Солнечную систему;
- 3) земную кору и атмосферу;
- 4) гидросферу, литосферу.

141. Эволюция биосферы происходит за счет:

- 1) энергии собственных источников биосферы;
- 2) рассеяния энергии Солнца;
- 3) внутреннего тепла Земли;
- 4) излучения космоса.

142. В процессе фотосинтеза энергия Солнца:

- 1) преобразуется в энергию химических связей;
- 2) обеспечивает тепло для протекания химических реакций;
- 3) разрушает молекулы CO₂;
- 4) способствует появлению смога.

143. Живое вещество в биосфере выполняет функции:

- 1) накопления энергии;
- 2) средообразования;
- 3) связанные с деятельностью человека;
- 4) биохимические.

144. Первый уровень трофических цепей в биогеоценозе представлен:

- 1) консументами;
- 2) редуцентами;
- 3) продуцентами;
- 4) гетеротрофами.

145. Ноосфера – это сфера:

- 1) включающая часть литосферы и гидросферы;
- 2) в которой, возможна деятельность человека;
- 3) разумного взаимодействия человечества и природы;
- 4) новое состояние биосферы, когда человеческая мысль и деятельность становятся определяющими факторами развития жизни на Земле.

146. Ноосферное развитие человечества – это:

- 1) разумно управляемое соразвитие общества, человека и природы;
- 2) установление гармонии человека и природы;
- 3) развитие общества, имеющее целью получение максимальной прибыли;
- 4) главенство человека над природой.

147. Наука, исследующая влияние солнечной активности на все живое называется _____.

148. Глобальными проблемами человечества не являются:

- 1) истощение природных ресурсов;
- 2) истощение ресурсов термоядерных реакций на Солнце;
- 3) загрязнение природы;
- 4) снижение уровня культуры.

149. Причиной роста приземной температуры воздуха не являются:

- 1) кислотные дожди;
- 2) парниковый эффект;
- 3) озоновые дыры;
- 4) демографический взрыв.

150. Решение главнейших экологических проблем человечества возможно путем:

- 1) ограничения роста населения;
- 2) запрета на новые виды техники;
- 3) создание безотходных, не загрязняющих технологий производства;
- 4) вынос производства за пределы Земли.

14. Синергетические концепции

151. Синергетика – это теория самоорганизации:

- 1) систем неживой природы;
- 2) систем живой природы;
- 3) упорядоченных систем;
- 4) неупорядоченных систем.

152. Самоорганизация – это процесс:

- 1) перехода системы в термодинамическое равновесие;
- 2) перехода системы из одного состояния в другое;
- 3) упорядочения с возникновением новой структуры;
- 4) протекающий в закрытой системе.

153. Самоорганизация в синергетике – это:

- 1) возникновение флуктуаций;
- 2) возникновение предопределенности;
- 3) переход к локальной конденсации вещества;
- 4) спонтанный переход от хаоса к порядку.

154. Системы, обменивающиеся с окружающей средой веществом и энергией, называются:

- 1) самоорганизующимися;
- 2) открытыми;
- 3) неравновесными;
- 4) нелинейными.

155. Флуктуация физической величины – это:

- 1) постоянство величины;
- 2) отклонение величины от среднего значения;
- 3) уменьшение величины;
- 4) увеличение физической величины.

156. Точка бифуркации это – точка:

- 1) равновесия системы;
- 2) начала становления любого объекта;

- 3) расхождения путей равновесия системы;
- 4) устойчивого состояния системы.

157. По теории самоорганизации, выбор дальнейшего пути развития системы в точке бифуркации определяется:

- 1) начальными условиями развития системы;
- 2) случайными флуктуациями;
- 3) онтогенезом системы;
- 4) конечными параметрами.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, ВЫНОСИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ СЛУШАТЕЛЕЙ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ

	Тема	Содержание	Вид отчетности
.	Физические концепции	1. Динамические и статистические закономерности в природе. Принципы относительности, симметрии, соответствия, суперпозиции. 2. Естественнонаучная картина мира	Самостоятельное конспектирование Составить сводную таблицу
.	Космологические концепции	1. Типы галактик. 2. Типы звезд. 3. Солнечная система	Презентация в Power Point
.	Геологические концепции	1. Современные концепции развития геосферных оболочек. 2. Строение Земли. 3. Эволюция Земли.	Самостоятельное конспектирование
.	Биологические концепции	1. Концепции возникновения жизни на Земле. 2. Развитие органического мира.	Презентация в Power Point
.	Концепции генетики	1. Геном человека. 2. Генетическая инженерия.	Подбор материала Презентация в Power Point
.	Антропологические концепции	1. Биологическое и социальное в онтогенезе человека. 2. Здоровье. Потребности человека. Бессмертие.	Примеры
.	Биосфера. Ноосфера.	1. Этика. Биоэтика.	Собеседование

	Человек.		
	Экология	1. Глобальные экологические проблемы.	Презентация в Power Point

5. ПРИМЕРНЫЕ ЗАДАНИЯ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Тема 1. Естественнаучная и гуманитарная культуры.

ПЛАН

1. Естествознание в системе науки. Дифференциация наук.
2. Естествознание и иерархия наук о природе.
3. Специфика естественнонаучного и гуманитарного знания.
4. Проблема интеграции естественнонаучного и гуманитарного знания (взаимосвязь, взаимовлияние и взаимодополняемость).

Темы докладов и рефератов:

1. Характерные черты науки и ее отличие от других отраслей культуры.
2. Естествознание и его отличие естествознания от других областей науки.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что следует понимать под словом «концепции»? Назовите известные вам современные естественнонаучные концепции и, по возможности, охарактеризуйте.
2. Что такое наука и естествознание?
3. Каковы возможные принципы классификации наук о природе?
4. В чем конкретно проявляются сегодня единство и взаимосвязь естественнонаучной и гуманитарной культур?
5. По каким позициям естественнонаучная культура нуждается в содействии культуры гуманитарной?
6. Какую смысловую нагрузку несут термины «интеграция» и «дифференциация»?
7. *Прокомментируйте слова: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять; точная наука немыслима без меры». В какой степени эти слова можно отнести к гуманитарным наукам? Приведите примеры из науки, которую Вы изучаете.
8. *А. Эйнштейну принадлежит высказывание: «Среди всех наук математика пользуется особым уважением; основанием этому служит то единственное обстоятельство, что ее положения абсолютно верны и неоспоримы, в то время как положения других наук до известной степени спорны, и всегда существует опасность их опровержения новыми открытиями». В какой мере это относится к гуманитарным наукам? Приведите примеры использования

математических методов в науке, которой Вы занимаетесь.

Тема 2. Научные методы и критерии научности

ПЛАН

1. Общее понятие о методе.
2. Уровни и формы научного познания.
3. Общенаучные методы эмпирического уровня познания.
4. Общенаучные методы теоретического уровня познания.
5. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания.
6. Критерий научности.

Темы докладов и рефератов

1. Структура естественнонаучного познания.
2. Всеобщие, общенаучные и конкретно научные методы познания.
3. Моделирование: мысленное, физическое, знаковое, численное.
4. Моделирование на ЭВМ.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Расположите последовательно этапы процесса научного познания: описание эмпирических фактов, получение информации, проверка гипотез, выдвижение законов, выдвижение гипотез, моделирование теории.
 2. Приведите пример естественнонаучной теории и проанализируйте:
 - Какие опытные факты и гипотезы лежат в основе этой теории?
 - Какие научные модели использует эта теория?
 - Назовите законы частных естественных наук, составляющие основу этой теории, и покажите, как они вытекают из общих фундаментальных законов природы.
 - Каковы познавательные возможности этой теории?
 3. Обозначьте основные типы научных теорий.
 4. Охарактеризуйте основные компоненты теории.
 5. Охарактеризуйте научный метод познания.
 6. В чем отличие всеобщих методов от общенаучных?
 7. Какие условия необходимы для проведения научных экспериментов?
 8. Приведите примеры роли мысленного эксперимента в научно-технических исследованиях.
 9. Что понимается под формализацией в научном познании?
 10. Приведите примеры использования методов индукции и дедукции персонажами художественной литературы.
 11. Что такое моделирование в научном познании?
 12. Каково содержание гипотетико-дедуктивного метода?
 13. Каково содержание прагматического метода?
 14. Каков основной критерий научности естествознания?

15. Каков основной критерий научности гуманитарных наук?

Тема 3. Исторические этапы познания природы

ПЛАН

1. Естествознание в эпоху античности.
2. Естествознание в Средние века.
3. Естествознание в эпоху Возрождения.
4. Естествознание в XVII-XVIII вв..
5. Естествознание XIX и XX века.

Темы докладов и рефератов

1. Основные особенности научно-технической революции.
2. Специфика научных революций и научные революции в XX в.
3. Роль математики в развитии естествознания.
4. Взаимосвязь естествознания и морали.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что характерно для натурфилософского понимания природы?
2. Когда возникла наука?
3. Назовите основные принципы атомистического учения о природе Демокрита.
4. Каковы особенности развития науки в эпоху античности?
5. Каковы особенности развития науки в Средние века?
6. Каковы особенности развития науки в Новое время?
7. Что такое научная революция? Приведите примеры.
8. Какие научные революции в истории общества вам известны?
9. Каковы особенности развития науки в XX веке?
10. Какие важнейшие открытия были сделаны в астрономии и в биологии XX века?
11. *Приведите примеры влияния естественнонаучных идей и открытий XX века на любую сферу человеческой деятельности. Проанализируйте положительное и отрицательное влияние данных идей и открытий на развитие цивилизации.
12. Выпишите, в какой период развития естествознания, в каких областях работали какие ученые. Заполните таблицу

Этап	Астрономия	Физика	Химия	Геология	Биология	Смежные области
В эпоху античности						

В Средние века						
В эпоху Возрождения						
В XVII-XVIII вв.						
В XIX веке						
В XX веке						

13. *Сделайте персонифицированные карты о роли ученых в истории естествознания (Галилей, Ньютон...).

14. Почему Ньютон считался основоположником физики как науки?

Тема 4. Физические картины мира

ПЛАН

1. Понятие естественнонаучной картины мира.
2. Механическая картина мира, ее основные понятия, положения, законы и принципы.
3. Электродинамическая картина мира и ее основные понятия, положения, законы и принципы.
4. Квантово-полевая картина мира и ее основные понятия, положения, законы и принципы.
5. Основные положения специальной и общей теорий относительности и их роль в современном естествознании.

Темы докладов и рефератов

1. Физическая карта мира.
2. Происхождение, развитие и виды материи.
3. Развитие представлений о пространстве и времени.
4. Основные положения СТО и ее роль в современном естествознании.
5. Основные положения ОТО и ее роль в современном естествознании.
- 6.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что такое «естественнонаучная картина мира»?
2. Какая теория лежит в основе механической картины мира?
3. Каковы причины крушения МКМ?
4. Какой новый вклад в картину мира вносит электромагнитная теория?
5. Кто и когда создал электромагнитную теорию поля?
6. Как рассматриваются понятия времени и пространства в МКМ? Каково содержание концепции абсолютности физического пространства и времени?
7. Почему теория относительности так называется?

8. Почему СТО постулирует постоянство скорости света?
9. *Как изменяется характер времени в движущейся и покоящейся инерциальных системах отсчета? Объясните, исходя из этого, парадокс близнецов.
10. Каковы свойства времени, пространства? Почему мы утверждаем, что время необратимо?
11. Каково содержание главного принципа ОТО.
12. Охарактеризуйте фундаментальные естественнонаучные понятия: материя, пространство, время, взаимодействие.
13. * Какие виды материи различают в современном представлении? Составьте схему, в которую бы логично укладывались все формы существования материи.
14. * Все прекрасно знают, как важно знать точное время. Изучите способы измерения времени. Какие природные процессы использовал для этого древний человек? Как возникли часы и календари? Кто были те гениальные люди, которые их придумали?
15. Основываясь на положениях, изложенных в теме 4 учебника, заполните таблицу.

	Положения	М	Э	К
		КМ	ДКМ	ПКМ
	Век			
	Основа ФКМ			
	Ученые			
	Понятие материи			
	Понятие пространства			
	Понятие времени			
	Понятие движения			
	Взаимодействие объектов			
	Причины смен картин мира В рамках КМ возникают трудности с объяснением...			

Тема 5. Микромир

ПЛАН

1. Эволюция представлений о строении атомов (модель Томсона, опыты Резерфорда, постулаты Бора).
2. Корпускулярно-волновой дуализм вещества в микрообъектах.
3. Принцип неопределенности Гейзенберга и принцип дополнительности в квантовой механике.

4. Строение атомного ядра.
5. Кварковая природа материи.
6. Основные характеристики элементарных частиц.
7. Фундаментальные взаимодействия в природе.

Темы докладов и рефератов

1. Природа микромира.
2. Современные модели атомов химических элементов. Развитие атомизма.
3. Современное состояние ядерной энергетики.
4. Причинность и принцип неопределенности.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Как изменялись представления о строении атома (модель Томсона, планетарная модель, суть опытов Резерфорда)?
2. Можно ли с помощью теории Бора объяснить структуру атомов всех элементов таблицы Менделеева?
3. Как вы себе представляете микрообъект? Как понимать корпускулярно-волновой дуализм?
4. Какие эксперименты доказывают существование волновых свойств у микрочастиц материи?
5. Что такое волновая функция, в чем ее смысл? Существуют ли волновые свойства частиц отдельно от корпускулярных?
6. Каково содержание принципа неопределенности? В чем заключается различие в описании поведения классических и квантовых объектов? Почему принцип неопределенности служит фундаментом квантовой механики?
7. Сформулируйте принцип дополнительности и объясните, какое значение имеет этот принцип в описании физической реальности микромира?
8. Какова структура атома с точки зрения современной физики? Кто и когда предложил гипотезу кварков?
9. Приведите классификацию элементарных частиц.
10. Какие типы физических взаимодействий в природе вам известны? Какова их природа?

Тема 6. Законы сохранения в естествознании

ПЛАН

1. Первое начало термодинамики.
2. Энтальпия.
3. Энтропия.
4. Второе начало термодинамики.

Темы докладов и рефератов

1. Свойства симметрии и законы сохранения.

2. Характеристика основных физических сил и взаимодействий.
3. Энтропия и жизнь.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Охарактеризуйте основополагающие принципы естествознания, отражающие фундаментальные законы природы.
2. Какими свойствами обладают открытые и закрытые системы.
3. Сформулируйте первое начало термодинамики.
4. Каково содержание второго начала термодинамики.
5. Подтверждает ли современная физика гипотезу тепловой смерти Вселенной?
6. Что такое энтропия, как она ведет себя в открытых и закрытых системах?
7. Какие примеры энергии вы знаете? Приведите примеры следующих превращений: химическая → электромагнитная, ядерная → тепловая, химическая → тепловая, тепловая → электромагнитная.
8. *Охарактеризуйте кратко суть невозможности создания вечного двигателя.
9. *Прокомментируйте с точки зрения II закона термодинамики пословицу: «Умный в гору не пойдет, умный гору обойдет».

Тема7. Космологические концепции

ПЛАН

1. Космологические модели Вселенной (стационарная модель Вселенной Эйнштейна, модель расширяющейся Вселенной Фридмана).
2. Расширение Вселенной (красное смещение).
3. Концепция Большого взрыва (модель горячей Вселенной, теория инфляции).
4. Структура Вселенной. Крупномасштабная однородность Вселенной. Реликтовое излучение.
5. Наша галактика.
6. Основные концепции происхождения звездных систем. Современные представления об эволюции звезд.
7. Солнечная система. Основные понятия и характеристики

Темы докладов и рефератов

1. Гипотезы происхождения Вселенной.
2. Самоорганизация и эволюция Вселенной.
3. Рождение и эволюция галактики.
4. Млечный путь. Его состав и строение.
5. Жизнь звезд во Вселенной.
6. Солнечная система и ее происхождение.
7. Строение Солнечной системы.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Дайте определения понятиям «Вселенная», «Метагалактика», «галактика», «звезда», «планета».
2. Какие модели Вселенной разработаны в современной космологии?
3. Что такое «красное смещение»? Каково содержание формулы Хаббла?
4. Что такое нестационарность Вселенной?
5. Какие выводы следуют из анализа факта наличия реликтового излучения?
6. Обладает ли Вселенная центром? Почему единообразно расширяются различные области Вселенной?
7. Поясните понятие «сингулярность». В чем сущность концепции Большого взрыва (в модели горячей Вселенной)?
8. Существуют ли физические явления, которые никак себя не проявляют?
9. Поясните понятие «физический вакуум». Что такое виртуальные частицы?
10. Объясните роль вакуума в процессе рождения Вселенной. Опишите инфляционный сценарий эволюции Вселенной.
11. Каково значение антропного принципа в современной науке?
12. Какова структура нашей галактики?
13. Какие процессы происходят в недрах звезд? Каковы источники энергии звезды на разных этапах ее эволюции?
14. Почему черные дыры называют «гравитационной могилой»?
15. Опишите современные представления о структуре Солнца.
16. Какие революции в развитии космологического знания вам известны?
17. * Прочитайте из книги «Мифы народов мира» мифы разных народов, повествующие о сотворении мира, найдите в них общие идеи. Подумайте над вопросами: 1) с чем, по-вашему, такая общность связана; 2) как эти идеи трансформировались в религии и современных научных представлениях о мире?
18. * Прочитайте оду М.В. Ломоносова «Вечернее размышление о Божем величестве при случае великого Северного сияния». Как представляет себе ученый и поэт XVIII века Вселенную и физические законы, царящие в мире природы? Насколько сопоставимы представления М.В. Ломоносова с современными представлениями о мире?

Тема 8. Геологические концепции

ПЛАН

1. Планета Земля.
2. Общая характеристика планеты.
3. Геологическое время и геологическая шкала времени.
4. Строение Земли. Физические оболочки.

5. Эволюция Земли.
6. Движение континентов. Концепция тектоники литосферных плит.

Темы докладов и рефератов

1. Космические ритмы Земли.
2. Самоорганизация и эволюция Земли.
3. Концепции развития геосферных оболочек (история атмосферы, гидросферы и др.).
4. Вулканы и землетрясения.
5. Природные ресурсы Земли и охрана окружающей среды.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. *Исследование Солнечной системы с помощью искусственных спутников позволило получить разнообразные сведения о планетах – Венере и Марсе. У астрономов и геофизиков появилась гипотеза о том, что Венера – это прошлое Земли, а Марс – будущее. Обсудите возможные сценарии развития этих планет. Сравните атмосферу Земли 4 млрд. лет назад и сегодняшнюю с атмосферой Венеры. Некто, обсуждая эту проблему, высказал следующую гипотезу: «Ежедневно Солнце излучает в космическое пространство огромное количество энергии и теряет в массе. Вследствие этого ослабляется гравитационное притяжение планет к Солнцу, они «сбиваются» со своей орбиты, постепенно удаляются от Солнца...». Обсудите все «за» и «против» такой гипотезы.
2. По каким причинам физическая поверхность Земли отклоняется от эллипсоида вращения и геоида?
3. Почему происходит смена дня и ночи, времен года?
4. Какие способы измерения геологического времени вы знаете?
5. В чем состоят современные представления о строении внутренних оболочек Земли?
6. Отличается ли континентальная кора от океанической коры?
7. Как происходит процесс химико-плоскостной дифференциации земного вещества?
8. Что является причиной горообразования и вулканической деятельности?
9. Как осуществляется круговорот воды?
10. Почему именно вода осуществляет терморегуляцию планеты?
11. Каково строение атмосферы Земли? Объясните понятие «парниковый эффект».
12. Каково содержание истории развития геологической концепции?
13. Каково содержание концепции глобальной эволюции Земли?
14. Каковы этапы глобальной эволюции Земли?

Тема 9. Химические концепции

ПЛАН

1. Специфика химического знания. Эволюция химических знаний.
2. Строение и взаимодействие химических веществ.
3. Учение о составе вещества. Учение о химических процессах. Катализ.
4. Эволюционная химия. Связь химии и биологии.
5. Место и роль химии в системе «общество – природа».

Темы докладов и рефератов

1. Периодический закон Д.И. Менделеева и его значение в науке.
2. Химия и ее роль в обществе.
3. Химические элементы и их распределение в природе.
4. Теория химической эволюции А.П. Руденко.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что изучает химия, и какие основные методы она использует?
2. Каков главный критерий научности химического знания?
3. Какая связь существует между атомным весом и зарядом ядра атома?
4. Кто и когда предложил теорию химического строения вещества?
5. От каких факторов зависят свойства веществ?
6. От чего зависит динамика химических процессов?
7. Какие вещества называют катализаторами?
8. Какую роль играет катализ в эволюции химических систем?
9. Опишите основные химические законы и их практическое использование в химической технологии.
10. Ваше понимание проблемы «химия и экология».

Тема 10. Биологические концепции

ПЛАН

1. Исторические аспекты развития биологии.
2. Проблема сущности и определения жизни.
3. Химические элементы в живой материи.
4. Концепции возникновения жизни на Земле.
5. Эволюция и многообразие форм жизни на Земле.

Темы докладов и рефератов

1. Определение жизни.
2. Гипотезы о происхождении жизни на Земле.
3. В.И. Вернадский о начале и вечности жизни на Земле.
4. Жизнь. Этапы развития жизни на Земле.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Какие этапы развития биологического знания вам известны? Кратко их охарактеризуйте.

2. Каково содержание популяционно-генетического подхода?
3. Какие принципы составляют основание биологии как науки?
4. Что изучает биология? Какова структура комплекса биологических наук?
5. Перечислите основные признаки живого, раскройте его сущность.
6. Какие концепции возникновения жизни вы знаете, раскройте их суть.
7. Дайте определение жизни. Как известно, для самоорганизации системы необходим внешний источник энергии. Что стимулировало и поддерживало геохимическую, а затем и биологическую эволюцию на Земле? Какую роль для биосферы Земли играет этот источник сегодня и как его можно использовать в будущем?
8. Какую роль играют аминокислоты в живом организме?
9. Чем отличается молекулярная структура живых систем от неживых?
10. Что называют молекулярной хиральностью, и кто ее открыл?
11. Чем отличаются клетки – прокариоты от эукариотов?
12. Какие основные способы питания существуют в живой природе?
13. Перечислите основные уровни живого, покажите особенности каждого из них.
14. Постройте схему из следующих понятий: клетка, вид, молекула, органы и ткани, биосфера, организм, биоценоз, биогеоценоз, популяция. Объясните последовательность схемы.

Тема 11. Концепции генетики

ПЛАН

1. Возникновение и развитие генетики. Генетика – наука о наследственности и изменчивости.
2. Структура молекулы ДНК.
3. Концепция генетического кода Г. Гамова.
4. Генные и клеточные механизмы.
5. Мутации и их виды.
6. Проблемы генетической инженерии.

Темы докладов и рефератов

1. Генетика и механизм воспроизводства жизни.
2. Мутации и их виды.
3. Генная инженерия, ее возможности и перспективы.
4. Эволюционная теория в свете современных достижений генетики.
5. Химические основы наследственности.
6. Генетическая программа человека и природа интеллектуальных способностей.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что изучает генетика?

2. Что такое ген, ДНК, РНК, хромосома, рибосома, аминокислота, генотип, фенотип, доминантность, рецессивность?
3. Дайте сравнительные характеристики ДНК и РНК. Заполните таблицу.

Признаки	ДНК	РНК
Локализация в клетке		
Строение мономера нуклеотида		
Строение молекул		
Функции		

4. Кто и когда впервые создал модель структуры ДНК?
5. Какую роль играют молекулы ДНК в передаче наследственности, и как был расшифрован генетический код? Каковы особенности генетического кода?
6. Каков механизм воспроизводства жизни на молекулярном уровне?
7. Что такое ген? Охарактеризуйте структуру и функции генов.
8. Каково содержание I, II, III законов Менделя?
9. Что такое мутации и мутагены? Каковы виды мутаций?
10. Охарактеризуйте кратко генную инженерию и ее потенциальные возможности.
11. Каков механизм клонирования?
12. * В настоящее время генная инженерия с успехом используется для выведения высокоурожайных культур и высокопродуктивных пород животных. Может быть, стоит начать использовать ее для улучшения природы человека, например, повышения умственных способностей, улучшения морфологических качеств? Может быть, создать генофонд гениальных людей, а затем использовать их для выведения новых «сортов» людей? Обсудите все «за» и «против» этой идеи.
13. * Прокомментируйте следующее высказывание: «Генетики открыли ген, который несет в себе информацию о завершении жизни живого организма, и ген опознан. Его можно удалить методами генной инженерии, и человек может стать бессмертным». Как вы думаете, стоит ли это делать? В чем, на ваш взгляд, заключается бессмертие человека?
14. Какой вклад в теорию эволюции внесла генетика?

Тема 12. Антропологические концепции

ПЛАН

1. Исторические аспекты происхождения человека.
2. Положение человека в системе животного мира.
3. Отличия человека от животных.
4. Антропогенез.
5. Биологическое и социальное в историческом развитии человека.
6. Биологическое и социальное в онтогенезе человека.

Темы докладов и рефератов

1. Современные представления о происхождении и эволюции человека.
2. Биосоциальная природа человека.
3. Концепция этногенеза Л.Н. Гумилева.
4. Развитие психики человека и вторая сигнальная система.
5. Электрическая активность мозга и учение о биополях.
6. Евгеника – возможное будущее человечества?

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Какова зоологическая характеристика человека?
2. Каковы отличия человека от животных? В чем принципиальное отличие познания окружающего мира человеком и животными?
3. Что такое мышление? Перечислите и охарактеризуйте его отдельные виды.
4. *Какие особенности в образе жизни древнейших людей свидетельствуют об их более высоком уровне развития по сравнению с древнейшими формами?
5. Заполните таблицу «Основные стадии эволюции человека»

Признаки	Дриопитек	Австралопитековые	Человек умелый	Древнейшие люди	Древние люди	Кроманьонец
Возраст, лет						
Внешний вид						
Объем мозга						
Череп						
Орудия труда						
Образ жизни						

6. Как связано развитие мозга и совершенствование орудий труда?
7. Продолжается ли биологическая эволюция Homo sapiens?
8. Каково соотношение биологического и социального в онтогенезе человека?

9. На какие факты можно опереться, доказывая ложность теории расизма?
10. Что такое здоровье? В чем заключается этический аспект здоровья?
11. Охарактеризуйте потребности человека.
12. В чем заключается бессмертие человека?

Тема 12. Биосфера. Ноосфера. Человек

ПЛАН

1. Понятие биосферы.
2. Границы, состав и элементы биосферы.
3. Система биосфера – человек - техносфера.
4. Противоречия в системе: биосфера – человек - техносфера.
5. Ноосфера. Проблемы перехода биосферы в ноосферу.
6. Проблемы коэволюции человечества и природы.

Темы докладов и рефератов

1. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
2. Концепция ноосферы П. Тейяра де Шардена.
3. Концепция ноосферы и ее научное обоснование.
4. Русский космизм: идеи устойчивого развития.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. В чем заключается сущность учения В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере?
2. Почему В.И. Вернадский сравнивает деятельность разума человека с геологической силой?
3. Что такое техносфера? Какова ее роль в эволюции биосферы?
4. В чем выражается взаимовлияние космоса и Земли?
5. Как вы понимаете выражение «человек – мера всех вещей и причина всего»?

Тема 13. Глобальные проблемы человечества

ПЛАН

1. Понятие «глобальные проблемы».
2. Проблема демографического взрыва.
3. Проблема голода.
4. Глобальные экологические проблемы.
5. Экология и здоровье человека.
6. Новые модели и перспективы человечества.

Темы докладов

1. Парниковый эффект на Земле и на Венере, его последствия.
2. Реалии энергетического кризиса.
3. Угроза истощения природных ресурсов.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Охарактеризуйте вклад ученых в создание и развитие экологии.
2. Одной из причин, позволяющих экосистеме длительное время сохранять постоянство видового состава, является динамическое равновесие между ее компонентами. Какие параметры характеризуют это состояние? Что произойдет при резком увеличении численности одного из видов?
3. Приведите классификацию природных ресурсов.
4. От каких факторов зависит климат на планете Земля? Какие космические и антропогенные факторы определяют изменения климата планеты?
5. Перечислите основные источники загрязнения атмосферного воздуха и дайте их характеристику.
6. Кратко охарактеризуйте особо охраняемые природные территории.
7. Какие пути выхода из экологического кризиса вы видите?
8. Как вы представляете будущее человечества?
9. Какова с позиции синергетики новая стратегия поведения человека, адекватная реалиям XXI в.?
10. Каково содержание принципа ответственности.

Тема 14. Культура и цивилизация

ПЛАН

1. Культура. Основные подходы к ее определению.
2. Связь между понятиями «мировоззрение», «культура» и «цивилизация».
3. Человеческая цивилизация и перспективы ее развития.
4. Внеземные цивилизации и возможные формы жизни во Вселенной.

Темы докладов

4. Искусственные цивилизации. Фантастика и реальность.
5. Проблемы контакта с внеземными цивилизациями.
6. Космические исследования: реальность и перспективы.
7. Культура в контексте развития цивилизации.
8. Сценарии и прогнозы развития человеческой цивилизации.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Что такое культура? Охарактеризуйте основные подходы к ее определению.
2. На чем основано такое утверждение: «Если хочешь проникнуть в тайну человека, изучай культуру, в которой он живет»?
3. Постройте схему из следующих понятий: наука, культура, Вселенная, природа, техника, эволюция, знания, мировоззрение, человечество, ноосфера. Объясните последовательность схемы.

4. На чем основано утверждение «если хочешь проникнуть в тайну человека, изучай культуру, в которой он живет»?

5. Прокомментируйте четверостишие поэта Н.Заболоцкого:

Два мира есть у человека:

Один - который нас творил,

Другой - который мы от века

Творим по мере наших сил.

Тема 15. Синергетические концепции

ПЛАН

1. Общее представление о синергетике как науке о самоорганизации систем.
2. Условия и механизмы самоорганизации.
3. Процессы самоорганизации в живой природе.
4. Процессы самоорганизации в неживой природе.

Темы докладов и рефератов

1. Концепции самоорганизации синергетики.
2. Идея открытой системы Э.Шредингера.
3. Неравновесная термодинамика И.Пригожина.
4. Синергетика Г.Хакена.
5. Концепция самоорганизации М.Эйгена.

Контрольные вопросы и темы для размышления

1. Выпишите и охарактеризуйте основные понятия синергетики. Что такое синергетика?
2. Что означает термин «универсальный эволюционизм»?
3. Охарактеризуйте термин «самоорганизация».
4. Что такое «флуктуация»?
5. Какова роль самоорганизации в развитии процессов в природе.

6. ПРИМЕРНАЯ СТРУКТУРА ДОКЛАДОВ ПО ТЕМАМ КУРСА

1. Основные особенности научно-технической революции

Определение НТР. Время и причины возникновения НТР и ее связь с промышленной революцией XVIII-XIX вв. и с научными революциями в XX в. Основные достижения НТР. Роль современного естествознания в достижении каждого из этих результатов.

Становление единой системы наука - техника. Отрицательные последствия НТР, их причины и способы преодоления. Роль науки в решении данной проблемы.

2. Характерные черты науки и ее отличие от других отраслей культуры

Определение и характерные черты науки. Относительный и интерсубъективный характер научных истин.

Отличие науки от других отраслей культуры: мистики, искусства, мифологии, религии, философии, техники, идеологии. Отличие науки от обыденного сознания.

3. Естествознание: отличие естествознания от других областей науки

Особенности естествознания. Всеобщий характер истин естествознания.

Отличие естествознания от гуманитарных наук. «Две культуры» по Ч. Сноу. Связь естественного и гуманитарного познания.

Отличие естествознания от технических наук (познавательная и преобразовательная направленность). Связь естественных и технических наук.

Отличие естествознания от математических наук. Причины широкого применения математики в естествознании.

5. Структура естественнонаучного познания

Структура познания. Два уровня естественнонаучного познания (сходство и отличия уровней).

Соотношение эмпирического уровня и чувственного познания, теоретического уровня и рационального познания. Различие между гипотетико-дедуктивным и прагматическим методом.

Значение выведения следствий из теории дедуктивным путем. Примеры.

Способы эмпирической проверки теорий, их название и объяснение потребности в них. Различие между верификацией и фальсификацией.

6. Всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы познания

Определение метода, научного метода. Его роль в познании.

Различия между всеобщими, общенаучными и конкретно-научными методами.

Характеристика всеобщих методов: анализа и синтеза, индукции и дедукции, интуиции и дискуссии, сравнения, идеализации и т.д.

Характеристика общенаучных методов: наблюдения, эксперимента, моделирования. Специфика научного наблюдения и эксперимента.

Теоретические методы исследования. Характеристика конкретно-научных методов исследования. Примеры из современного естествознания.

Научный метод в естествознании как образец научной методологии.

Определение методики и методологии. Сравнение метода, методики и методологии. Значение логики в естественнонаучном познании.

7. Специфика научных революций и научные революции в XX в.

Определение понятия «научная революция». Сходство и отличие научной революции от научно-технической и социально-политической революций.

Факторы, ведущие к научной революции.

Научные революции XX века в космологии, физике, биологии, антропологии. Характеристика каждой из них и их общие черты. Влияние внешних и внутренних факторов на ход научной революции.

8. Физическая картина мира (МКМ и ЭДКМ)

Эволюция физической картины мира. Структура микро-, макро-, мегамира.

Механическая картина мира. Открытие и природа электромагнетизма. Понятие поля. Попытки сведения электромагнитных взаимодействий к механическим.

9. Происхождение, развитие и виды материи

Эволюция материи после Большого Взрыва: элементарные частицы, атомы, молекулы. Четыре состояния вещества.

Два основных вида материи. Отличие вещества от поля. Отличие частиц от волн. Корпускулярно-волновой дуализм квантовомеханических объектов.

Кварки и их свойства. Дробный заряд.

10. Природа микромира

Предмет квантовой механики. Специфика изучения микромира по сравнению с изучением мега- и макромира.

Понятие кванта. Корпускулярно-волновой дуализм и принцип дополнительности. Соотношение неопределенностей. Квантовая гипотеза Планка.

Принципиальное отличие применения вероятностных методов в квантовой механике, классической физике. Понятие детерминизма, индетерминизма и неоднозначного детерминизма. Причинность и случайность. Случайность и закономерность.

Роль прибора в квантовой механике. Причины появления понятия физической реальности.

11. Основные положения СТО и ОТО и их роль в современном естествознании

Предпосылки теории относительности. Для каких процессов справедлива теория относительности? Что относительно в теории относительности и что абсолютно? Что такое точка отсчета? Определение инерциальной системы. Главные выводы специальной теории относительности.

Что происходит с пространством и временем при скоростях, близких к скорости света? Определение кривизны пространства и пространственно-временного континуума.

Универсальность физических законов и потребность в общей теории относительности. Что такое неинерциальные системы? Определение системы тяготения.

Чем общая теория относительности отличается от специальной?

Как соотносятся в теории относительности материя и энергия? Как это повлияло на законы сохранения материи и энергии? Явление аннигиляции.

Связь между законами сохранения и законами развития. Возникновение проблемы создания единой теории поля.

13. Развитие представлений о пространстве и времени

Свойства пространства и времени в классической физике, релятивистской физике и синергетике (однородность и неоднородность, изотропность и анизотропность, обратимость и необратимость, абсолютность и относительность).

Что нового внесли теория относительности и синергетика в представления о пространстве и времени? Отличия физического пространства от субъективного. Отличия физического времени от психологического.

Способы измерения физического времени. Что такое пространственно-временной континуум?

Парадокс времени. Как он разрешается в синергетике? Обратимость физических законов. Ситуация с этим в биологии и общественных науках. Биологическое и социокультурное время. Соотношение пространства, времени и материи.

14. Современное состояние ядерной энергетики

Развитие атомизма. Ядерная энергетика. Современное состояние. Перспективы развития. Проблемы.

15. Характеристика основных физических сил и взаимодействий

Четыре основные физические силы. Их название и основная характеристика. Особенности гравитационного взаимодействия. Тяготение. Его универсальность. Масса покоя. Следствия гравитационного взаимодействия и его смысл.

Особенности электромагнитного взаимодействия. Между какими телами оно действует?

Особенности сильного и слабого взаимодействия. Почему они так называются и чем отличаются друг от друга. Значение сильного и слабого взаимодействия.

Главные отличия сильного и слабого взаимодействия от гравитационного и электромагнитного.

16. Концепции самоорганизации. Синергетика

Предмет синергетики. Определение простой, сложной, закрытой, открытой, устойчивой и неустойчивой системы. Примеры.

Понятия энергии и энтропии, флуктуации, бифуркации. Равновесные и неравновесные области.

Связь синергетики и термодинамики. Роль энергии в образовании новых структур. Понятие диссипативной структуры. Этапы становления нового в

неживой природе.

17. Гипотезы происхождения Вселенной

Определение Вселенной. Теории эволюции Вселенной (стационарность и нестационарность). Роль теории относительности в становлении новых представлений. Эмпирические подтверждения расширения Вселенной. Красное смещение.

Создание и характеристика модели Большого Взрыва. Точка сингулярности. Как может появиться материя из вакуума?

Проверка модели Большого Взрыва. Реликтовое излучение.

18. Рождение и эволюция галактик

Определение галактики. Форма и строение галактик. Процессы, протекающие в них. Звездные системы, их структура. Характеристика небесных тел. Квазары и пульсары: когда они были открыты, их определение.

19. Жизнь звезд во Вселенной

Основные характеристики звезд. Источник энергии звезд.

Процесс рождения звезды. Эволюция звезд.

Белые карлики. Нейтронные звезды. Черные и белые дыры. Гравитационный коллапс и антиколлапсионный взрыв.

20. Солнечная система и ее происхождение

Две модели происхождения Солнечной системы. Их особенности и характеристики.

Возраст Солнца и Земли и его влияние на построение данных моделей.

21. Строение Солнечной сист

Строение Солнца и Солнечной системы. Влияние солнечной активности на земные процессы.

Условия, способствовавшие появлению жизни на Земле.

22. Планета Земля

Строение Земли: ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера. Эволюция Земли. Гипотеза А.Вегенера о едином континенте и ее эмпирическое подтверждение.

Тектоника литосферных плит. Две концепции причин горообразовательных процессов в земной коре.

23. Вулканы и землетрясения

Тектоника литосферных плит. Вулканообразование. Типы вулканов. Причины извержения вулканов. Наиболее известные вулканы. Примеры.

Причины землетрясений. Наиболее сейсмически активные зоны на территории земного шара и России. Предупреждение землетрясений.

24. Определение жизни

Три основных отличия живого от неживого: по вещественному составу, структуре, функциям. Сравнение химического состава живого и неживого.

Определение жизни различными авторами.

25. Гипотезы о происхождении жизни на Земле

Причины трудности научного решения проблемы происхождения жизни. Креационизм. Панспермия.

Первая научная модель происхождения жизни. Предварительные условия возникновения жизни на Земле. Этапы возникновения жизни.

Молекулярная хиральность. Почему жизнь не может зародиться на Земле сейчас?

26. Жизнь. Этапы развития жизни на Земле

История развития жизни на Земле: археозой, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой.

Эволюция одноклеточных организмов. Эволюция растительного и животного мира и многообразие форм жизни на Земле.

27. Генетика и механизм воспроизводства жизни

Возникновение и этапы развития генетики. Что изучает генетика? Значение для жизни нуклеиновых кислот.

ДНК и РНК. Структура ДНК. Ген. Механизм воспроизводства жизни на генном уровне. Клеточные механизмы.

28. Мутации и их виды

Определение мутации. Причины и факторы возникновения мутаций. Вещества – мутагены. Типы мутаций. Эволюция видов с точки зрения генетики.

29. Генная инженерия, ее возможности и перспективы

Генная инженерия. Генная и зародышевая терапия. Трансгенные организмы. Положительные результаты и потенциальные опасности генной инженерии. Примеры: клонирование, создание новых штаммов бактерий и т. п.

30. Современные представления о происхождении и эволюции человека

Стадии развития человека и их характеристика: человек умелый, человек прямоходящий, неандерталец, человек разумный. Постепенное увеличение и усложнение мозга, создание материальной и духовной культуры, преобразование среды.

Условия происхождения человека: роль природной среды и мутаций.

Взаимоотношения первобытного человека с природой.

Стадии хозяйственной эволюции человека: охотничье-собирательное хозяйство, неолитическая революция, земледельческо-скотоводческое хозяйство, появление первых цивилизаций.

Каменный, бронзовый, медный, железный века как стадии развития материальной культуры.

31. Концепция этногенеза Л.Н. Гумилева

Специфика общественной жизни человека и ее роль в формировании и развитии человека как вида. Социальная сущность человека. Становление форм общественной жизни у человека: семья, род, племя, этнос.

Понятие этноса и его соотношение с понятием нации. Концепция этногенеза Гумилева. Стадии становления этноса (характеристика). Степень научного обоснования данной концепции.

32. Учение В.И. Вернадского о биосфере

Понятие биосферы до В.И. Вернадского.

Понятие живого вещества, его функции. Человечество как часть биосферы. Значение учения о биосфере для развития экологических исследований и решения проблемы взаимоотношений человека со средой его обитания.

33. Концепция ноосферы и ее научное обоснование

Понятие ноосферы (характеристика). Научное обоснование становления ноосферы, исходя из эволюционных представлений о развитии структурных уровней организации материи. Геогенез, биогенез, психогенез, ноогенез как последовательные стадии эволюции природы. Интерпретация Вернадским концепции ноосферы как сферы разумного взаимодействия человека с природой. Значение учения о ноосфере для развития экологических исследований и решения проблемы гармонизации взаимодействия человека со средой его обитания.

34. Понятия и законы экологии

Экология как наука. Основные понятия экологии (популяция, сообщество, экологическая ниша, экосистема). Иерархическая структура экосистем. Характеристика трофических уровней. Законы экологии (минимума, толерантности, принцип конкурентного исключения и т. д.). Этапы развития экосистем.

Взаимодействие человека с экосистемами. Глобальный экологический кризис и его причины. Концепция устойчивого развития.

35. Структурные уровни организации материи и их определение

Концепция структурных уровней организации материи. Характеристика и определение основных структурных уровней Вселенная, галактика, звездная система, планета, биосфера, сообщество, популяция, индивид, клетка, молекула,

атом, элементарная частица, кварк (способ организации и отличия).

Понятия организации, самоорганизации, структурного уровня.
Характеристика системного подхода.

36. Этические проблемы науки

Этика. Этика добродетелей Аристотеля. Этика долга. Этика ценностей.

Этика ответственности. Проблемы биоэтики. Проблемы компьютерной, инженерной, глобальной, экологической этики.

Необходимость запретов на научные исследования в определенных направлениях. Отношение самих ученых к последствиям применения их открытий. Реальная практика запретов на исследования в области генетики и ее результаты.

37. Понятие закона

Понятие закона. Закон как цель естественнонаучного исследования.

Типы законов, существующих в науке: детерминистский закон, вероятностный закон, закон как тенденция, закон как ограничение разнообразия. Примеры различных типов законов.

Соотношение закона и целесообразности. Научное понимание целесообразности (примеры систем, действующих целесообразно). Понятие целесообразного и нецелесообразного поведения. Целесообразность в неживой и живой природе.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ НАПИСАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАБОТ (в письменной форме или в виде презентации в Power Point)

Выполнение индивидуальной работы способствует закреплению и углублению знаний, а также выработке навыков научного исследования, творческого мышления, дает возможность углубить уровень знаний по исследуемой проблеме.

В работе необходимо четко выразить новизну исследования, ее актуальность, аргументированность приводимого материала, дать соответствующие выводы.

Работа должна иметь титульный лист, на котором в верхней части пишется название учебного заведения, кафедры. Затем - посередине - название темы исследования. Снизу с правой стороны - имя, отчество и фамилия слушателя. Далее с новой строки - фамилия и инициалы, а также ученая степень и звание научного руководителя. Внизу по центру - город и год написания работы.

Оглавление включает: введение, названия глав, заключение и список литературы.

Во введении слушатель четко обосновывает выбор темы, степень ее разработанности и актуальность исследования. Необходимо сформулировать цель

и задачи исследования.

Основная часть может состоять из нескольких глав, в свою очередь разделенных на разделы и. т. д. В каждой главе слушатель делает анализ используемых источников, а также отражает собственную точку зрения по исследуемой проблеме. Текст основной части по необходимости сопровождается иллюстративным материалом. При написании работы обязательны ссылки на используемые источники.

Заключение синтезирует выводы глав, разделов работы, обосновывает их значимость и указывает перспективы дальнейшего изучения поставленной проблемы.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ

Оглавление помещают в начале работы. Все части работы, кроме введения и заключения, должны быть озаглавлены. Все заголовки и подзаголовки в оглавлении должны быть написаны в той же последовательности и в той же словесной формулировке, в какой они приведены в работе. В оглавлении следует проставить номер страницы, с которой печатается глава (параграф).

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист включают в общую нумерацию. На титульном листе номер не ставят, на последующих – номер проставляют снизу страницы от центра.

В заголовках глав, разделов, подразделов переносы слов не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Подчеркивать заголовки не следует. Расстояние между заголовками и основным текстом должно быть равно одному интервалу.

Главы и разделы должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами. Введение и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Например, номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой («2.3» - третий подраздел второго раздела).

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами, например, Рис. 1.

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте. Таблица должна иметь номер и название. Знак «№» - не ставится, при оформлении таблицы пишется слово Таблица и проставляется ее порядковый номер арабскими цифрами. Ниже дается заголовок.

Литература

Основная литература:

1. Слинкин, С. В. Концепции и гипотезы естествознания / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова. – Tobольск : ТГПИ им. Д.И. Менделеева, 2006. – 292 с.
2. Слинкин, С. В. Основы естествознания / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова. – Tobольск : ТГПИ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 160 с.
3. Слинкин, С. В. Электронный дистанционный учебный курс «Естественнонаучная картина мира» / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2014. – № 7 (62). – С. 27.
4. Слинкин, С. В. Электронный дистанционный учебный курс «Концепция современного естествознания» / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2013. – № 9 (52). – С. 50.
5. Слинкин, С. В. Естествознание и современная научная картина мира: учебное пособие для самостоятельной работы слушателей курсов повышения квалификации (учителей естественнонаучного профиля: физика, химия, биологии, география, экология) / С. В. Слинкин, Э. Ф. Садыкова ; авт. учреждение доп. проф. образования Ханты-Манс. авт. окр. – Югры «Ин-т развития образования» - Ханты-Мансийск : Институт развития образования. – 2017. – 167 с.
6. Кунаш, М. А. Астрономия. 11 класс: методическое пособие к учебнику Б. А. Воронцова-Вельяминова, Е. К. Страута «Астрономия. Базовый уровень. 11 класс» / М. А. Кунаш. – М. : Дрофа, 2017. – 217, [7] с.

Дополнительная литература:

1. Акоста, В. Основы современной физики / В. Акоста. – М. : Просвещение, 1981. – 495 с.
2. Молекулярная биология клетки. Т.1 / Б. Альбертс, Д. Брей [и др.]. – М. : Мир, 1994. – 253 с.
3. Асланян, М. Евгеника – соблазн остается / М. Асланян // Наука и жизнь. – 1997. – №12. – С.112-115.
4. Бабушкин, А. Н. Современные концепции естествознания / П. И. Бабушкин. – СПб. : Лань, 2001. – 208 с.
5. Курс общей астрономии / П. И. Бакулин [и др.]. – М. : Наука, 1990
6. Баландин, Р. К. Область деятельности человека: Техносфера / Р.К. Баландин. – М. : Высшая школа, 1982. – 208 с.
7. Бганба, В. Р. Социальная экология / В.Р. Бганба. – М. : Высшая школа, 2004. – 309 с.
8. Бор, Н. Избранные труды. В 2-х т. Т. 2 / Н. Бор – М. : Наука, 1971.
9. Бредшоу, М. Дж. Современная геология / М. Дж. Шоу. – Л. : Недра, 1977. – 279 с.
10. Вернадский, В. И. Научная мысль как планетное явление / В. И. Вернадский. – М. : Сов. Россия, 1989.

11. Вернадский, В. И. Об условиях появления жизни на Земле // Известия АН СССР. Сер. 7, ОМОН. – 1931. – № 5. – С. 633-653.
12. Горелов, А. А. Концепции современного естествознания. – М. : ВЛАДОС, 2000. – 512 с.
13. Грин, Н. Биология / Н. Грин, Ч. Стаут, Д. Тейлор. – М. : Мир, 1996. – 386 с.
14. Грушевицкая, Т. Г. Концепции современного естествознания / Т. Г. Грушевицкая, А. П. Садохин. – М. : Высшая школа, 1998. – 383 с.
15. Дебабов, В. Г. Биотехнология: вклад в решение глобальных проблем / В. Г. Дебабов // Биология в школе. – 1997. - №1. – С.9-15.
16. Дубнищева, Т. Я. Концепции современного естествознания / Т. Я. Дубнищева. – Новосибирск : Изд-во НГПУ, 1997. – 832 с.
17. Дягилев, Ф. М. Становление науки и ее методология / Ф. М. Дягилев. – Нижневартовск : Изд-во НПИ, 2002. – 777 с.
18. Дягилев, Ф. М. Основные концепции и принципы естествознания / Ф. М. Дягилев, В. Ф. Дягилев. – Нижневартовск : Изд-во НПИ, 2002. – 255 с.
19. Захаров, В. Б. Биология: общие закономерности / В. Б. Захаров, С. Г. Мамонтов, В. И. Сивоглазов. – М. : Школа – Пресс, 1996. – 624 с.
20. Игнатова, В. А. Естествознание / В. А. Игнатова. – М. : Академкнига, 2002. – 254 с.
21. Игнатова, В. А. Формирование экологической культуры учащихся: теория и практика / В. А. Игнатова. – Тюмень : Изд-во ТГУ, 1998. – 196 с.
22. Казначеев, В. П. Учение о биосфере / В. П. Казначеев. – М. : Знание, 1985. – 80 с.
23. Камшилов, М. М. Эволюция биосферы / М. М. Камшилов. – М. : Наука. – 256 с.
24. Канке, В. А. Концепции современного естествознания / В. А. Канке. – М. : Логос, 2001. – 368 с.
25. Карпенков, С. Х. Основные концепции естествознания / С. Х. Карпенков. – М. : Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 208 с.
26. Карпинская, Р. С. Философия природы: коэволюционная стратегия / Р. С. Карпинская. – М. : Интерпракс, 1995. – 352 с.
27. Комарова, А. И. Концепции современного естествознания для студентов вузов / А. И. Комарова, Л. Б. Олехнович. – Ростов н/Д. : Феникс, 2004. – 160 с.
28. Концепции современного естествознания / В. Н. Лавриенко [и др.]. – М. : Юнити-Дана, 1999. – 303 с.
29. Концепции современного естествознания / С. И. Самыгин [и др.] – Ростов н/Д. : Феникс, 2000. – 576 с.
30. Левонтин, Р. Человеческая индивидуальность: наследственность и среда / Р. Левонтин. – М. : Прогресс, 1993.
31. Лобанов, В. В. Современные концепции естествознания. Вселенная. Земля. Жизнь / В. В. Лобанов. – Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2001. – 40 с.

32. Лорина, Л. Клонирование: мифы и реальность / Л. Лорина// Что нового в науке и технике. – 2003. – № 3. – С.38-50.
33. Мир вокруг нас: беседы о мире и его законах / В. Г. Астахова, Е. В. Дубровский [и др.]. – М. : Политиздат, 1983. – 175 с.
34. Мотылева, Л. С. Концепции современного естествознания / Л. С. Мотылева, В. А. Скоробогатов, А. М. Судариков. – СПб. : Союз, 2000. – 320 с.
35. Найдыш, В. М. Концепции современного естествознания / В. М. Найдыш. – М. : Гардарики, 2002. – 476 с.
36. Новиков, И. Д. Черные дыры и Вселенная / И. Д. Новиков. – М. : Мол. гвардия, 1985. – 190 с.
37. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю. В. Новиков. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 560 с.
38. Огурцов, А. П. Дисциплинарная структура науки / А. П. Огурцов. – М. : Наука, 1988. – 124 с.
39. Петров, К. М. Экология и культура / К. М. Петров. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001.- 368 с.
40. Естествознание и основы экологии / Р. А. Петросова, В. П. Голов, С. В. Сивоглазов, Е. К. Страут. – М. : Академия, 2000. – 304 с.
41. Рибалов, Л. Б. Концепции современного естествознания / Л. Б. Рибалов, Т. Е. Россолино. – М. : ИПС, 1997. – 80 с.
42. Рогинский, Я. Я. Антропология / Я. Я. Рогинский, М. Г. Левин. – М. : Высшая школа, 1978. – 357 с.
43. Розен, В. В. Концепции современного образования / В. В. Розен. – М. : Айрис-пресс, 2004. – 240 с.
44. Рузавин, Г. И. Концепции современного естествознания. – М. : Юнити, 2001. – 287 с.
45. Сафронов, Е. В. Экология / Е. В. Сафронов. – Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2001. – 87 с.
46. Северцев, А. С. Генетика и эволюция / А. С. Северцев, // Биология в школе. – 1998. – № 5. – С.5-15.
47. Седов, А. Е. Тиражирование людей и животных и изменение их наследственности : факты и мифы / А. Е. Седов // Лицей. – 2000. – № 3. – С.62-71.
48. Солопов, Е. Ф. Концепции современного естествознания / Е. Ф. Солопов. – М. : ВЛАДОС, 2001. – 232 с.
49. Сорохтин, О. Г. Глобальная эволюция Земли / О. Г. Сорохтин, С. А. Ушаков. – М. : МГУ, 1991.
50. Струнников В. А. Клонирование животных: теория и практика / В. А. Струнников // Природа. – 1998. – № 7. – С.3-9.
51. Философия / под ред. Т. И. Кохановской. – Ростов н/Д. : Феникс, 2000. – 576 с.
52. Философия и методология науки: в 2-х ч. / под ред. В. И. Купцова. – М. : Аргус, 1994. – 504 с.

53. Хаин, В. Е. Эволюция геологических обстановок в истории Земли / В. Е. Хаин // Эволюция геологических процессов в истории Земли. – М. : Наука, 1993. – С.29-38.

54. Харитонов, В. М. Теория антропогенеза: два взгляда на проблему / В. М. Харитонов // Биология в школе. – 1997. - № 2. – С.5-11.

55. Харитонов, В. М. Теория антропогенеза: современное состояние / В. М. Харитонов // Биология в школе. – 1997. – № 3. – С.17-21.

56. Школа выживания / под ред. С. И. Самыгина. – Ростов н/Д. : Феникс, 1996. – 638 с.

57. Яковец, Ю. В. История цивилизаций / Ю. В. Яковец. – М. : Аргус, 1995. – 384 с.

58. Яковлев, Ю. Б. Основные законы природы в термодинамике, жизни, обществе / Ю. Б. Яковлев // Химия в школе. – 1991. – № 3. – С.70-75.

59. Якушин, Б. В. Гипотезы о происхождении языка / Б. В. Якушин. – М., 1985.

60. Ясаманов, Н. А. Современная геология / Н. А. Ясаманов. – М. : Недра, 1987. – 191 с.

1. Возможные изменения климата от парникового эффекта

Изменение климата в результате антропогенных выбросов парниковых газов ведет к крупномасштабным негативным последствиям практически во всех областях деятельности человека. Наиболее значительному потеплению подвержены высокие широты Земли, в которых расположена значительная часть территории России.

В 2001 году ООН опубликовала отчет, подготовленный ведущими специалистами многих стран, о глобальных климатических изменениях, которые ожидают нашу планету уже в ближайшем будущем.

По этому прогнозу, средняя температура поднимется на 1,4-5,8⁰С. Как глобальные климатические изменения отразятся на России? В России станет теплее на 4⁰С, изменения климата видны даже неспециалисту. 90-е годы стали самым жарким десятилетием минувшего века. За 100 лет температура в Северном полушарии выросла больше, чем за всю предыдущую тысячу лет. В Москве за 100 лет стало на 1,2⁰С теплее, если не исключать городской эффект – даже на 3⁰С, холодные зимы ушли, мороз стал редкостью, весна приходит раньше. Отопительный сезон объективно сокращается.

Повышение средней температуры по России на 2-4⁰С для сельского хозяйства является благом, оно как бы сдвигается в северные широты, однако острее встанет проблема воды. Но наиболее уязвимыми считаются леса. В Сибири им хорошо, но если Сибирь станет другой, если снизится влажность почв, леса могут отступить к северу. Но самая большая угроза нависнет над большими городами, которые построены на вечной мерзлоте. Это связано с прочностными характеристиками зданий. Возможность деградации вечной мерзлоты – реальная угроза газовым и нефтепромыслам. Она может прийти гораздо быстрее, чем мы сегодня предполагаем.

Климатологи очень осторожны. Они предпочитают не употреблять термин «прогноз», они строят так называемые сценарии. Суть этих сценариев, если пройтись по континентам такова:

- В Африке и Азии упадут урожаи, повысится риск наводнений в Европе, Австралия и Новая Зеландия будут томиться от жажды, Восточное побережье США попадет в зону разрушительных штормов и эрозии берегов. Пустыни разрастутся, бури и наводнения станут чаще.

- Ледовый покров Арктики сократится на 15%.

- Лед на антарктическом побережье отступит на 7-9⁰.

- Растают тропические ледовые покровы в горах Ю. Америки, Африки, Китая, Тибета. К 2015 году как показывают расчеты, окончательно исчезнут снега с самой высокой африканской горы Килиманджаро.

Важно подчеркнуть, что дело не в изменении средней температуры и уровня Мирового океана. В конце концов, к концу XXI века на Земле установится температура, которая была на ней за 50 веков до нашей эры. Опасно другое –

скорость так высока, что не оставляет человеку времени приспособиться к новым условиям.

В докладе, подготовленном под эгидой ООН международной группой по проблемам климатических изменений, 1500 специалистов из 60 стран утверждают: к 2100 году температура на Земле увеличится на 4⁰. При этом нас ожидает следующее.

- Уровень в морях поднимется на 1 метр. Под водой окажутся огромные территории на Атлантическом побережье США, значительная часть Китая, Мальдивские, Сейшельские, Маршалловы острова и острова Кука.

- Зимы потеплеют, а летняя жара станет сильнее. В Северном полушарии ледовое покрытие рек и озер держится на две недели меньше чем, в XIX веке. Сезон роста растений в Европе увеличится на 11 дней.

- Там, где дожди уже вызывают потопаы, они станут еще обильнее, а там, где осадки - великая радость, о них вообще забудут. Ураганы, рождающиеся над теплыми акваториями Мирового океана, станут еще свирепее.

- Естественным экосистемам будет нанесен существенный удар, примерно 1/3 растительного мира планеты окажется в неестественных условиях обитания и погибнет.

Положительных изменений немного: зимой станет меньше смертей от замерзания, в Юго-Восточной Азии вырастет урожай зерновых, станет больше древесины.

В 1998 году правительство Франции поручило различным научным учреждениям разработать прогнозы реальных последствий климатических изменений. Практически все эксперты сошлись во мнении, что в ближайшие полвека человечество ждет трудные испытания, связанные с потеплением на планете. Постоянный рост в атмосфере парниковых газов грозит повышением среднепланетарной температуры на 3,5⁰ С, а это чревато таянием полярных льдов и повышением в среднем на 0,5 м уровня Мирового океана, изменением привычного движения воздушных масс и морских течений.

Для Франции, которая с трех сторон омывается океаном, неизбежный подъем уровня океана станет катастрофой. Если потепление климата не удастся остановить, то концу нынешнего столетия, по прогнозам французских климатологов, страна потеряет более половины своей территории. Исчезнут под водой долины Аквитании и Гаскони, Бретань и Нормандия, практически весь север страны. На месте Парижа будет плескаться теплый океан. И только центральный массив, а также восточные области Эльзаса и Лотарингии, Бургундии и Савойи станут воспоминанием о некогда цветущей стране.

Существует реальная угроза затопления к 2050 году Роттердама, Гамбурга и Венеции, превращения в пустыню не только Алжира, но и Сицилии и юга Испании, исчезновение всей пляжной зоны в Средиземноморье.

Еще жарче и суше станет в странах Северной Африки, ближнего и Среднего Востока, одновременно воды океана зальют треть территории Бангладеш. Уйдут под воду Багамские острова в Карибском бассейне и Мальдивский архипелаг в

Индийском океане. Начнется интенсивное таяние ледников в Гималаях и других горных массивах Центральной Азии, что резко повысит угрозу наводнений в Индии, Пакистане и Китае. Эти же регионы будут подвержены более частым ураганам и тайфунам.

Из-за потепления и таяния ледников могут потерять свое значение горнолыжные курорты в Альпах и других горных массивах Европы. Также французские эксперты предвидят возможность отклонения Гольфстрима, что сделает более холодной зиму в различных районах Европы.

Климатические изменения могут преподнести неожиданности населению Земли. Продвижение тропических и субтропических зон от экватора к полюсам будет неизбежно сопровождаться расширением ареала обитания болезнетворных насекомых, паразитов, микробов и вирусов, которые принесут в средние широты тяжелые заболевания.

Прямой и косвенный ущерб от глобального потепления понесут развивающиеся страны Латинской Америки. Им грозит повышение засушливости климата и увеличение продолжительности засушливых периодов. Подъем уровня воды в океане нанесет серьезный ущерб аквакультуре Мексики, большей части стран Центральной Америки, Колумбии, Эквадору, северной части Перу и Бразилии. Ученые давно высказывают опасения, что глобальное потепление может, в конце концов, привести к таянию огромного Западно-Антарктического ледникового щита, что вызовет повышение уровня океана на катастрофическую величину – 6 м или около этого. Ледовое покрытие Земли действует как защитное зеркало, отражая значительную долю солнечных лучей в космос и сохраняя планету прохладной. Начиная с 1993 г., толщина ледового покрытия Гренландии ежегодно сокращается более, чем на 1 м.

2. Экспертиза продукции из ГМИ

Большинство ученых считает необходимой поэтапную оценку безопасности и качества генетически модифицированных источников (ГМИ). Объем проводимых исследований дифференцирован в зависимости от особенностей продукта. В основе этого подхода лежит принцип композиционной эквивалентности, который заключается в сравнении ГМИ с традиционным аналогом по фенотипическим характеристикам, уровню содержания основных нутриентов, антиалиментарных и токсичных веществ и аллергенов, характерных для данного вида продовольствия или определяемых свойствами переносимых генов.

Если в результате оценки композиционной эквивалентности не обнаруживаются отличий ГМИ от традиционных аналогов, то ГМИ причисляют к I классу безопасности и предлагают считать полностью безвредными для здоровья потребителей.

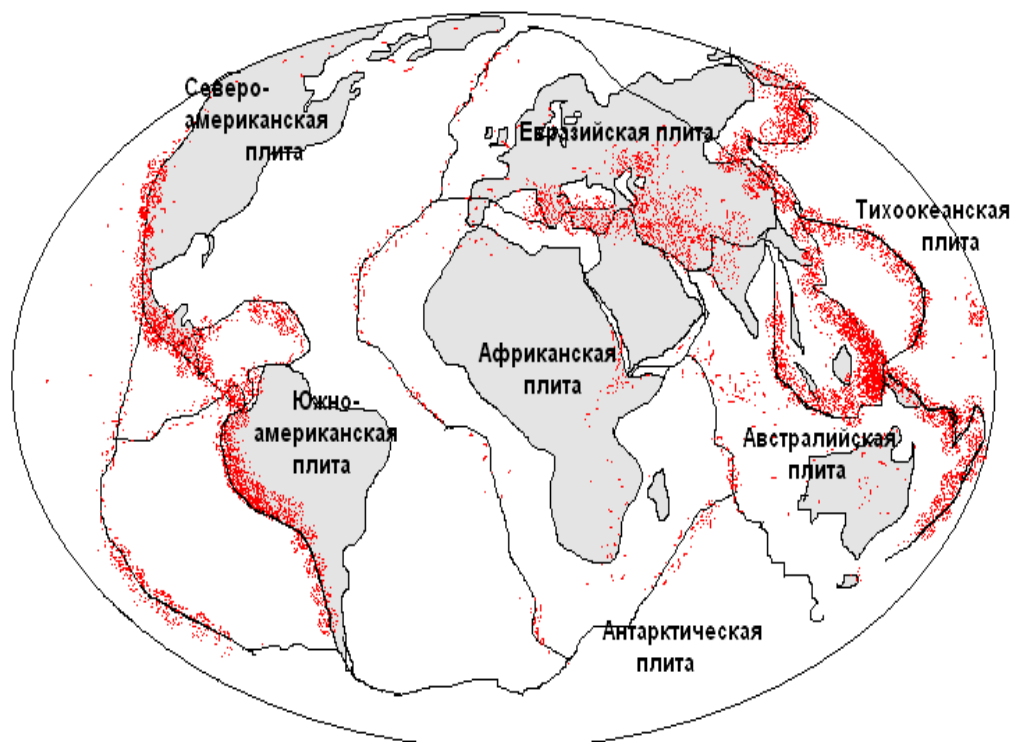
При обнаружении отличий от традиционного аналога (II класс безопасности) или полного несоответствия с традиционным аналогом (III класс безопасности) оценка безопасности ГМИ должна быть продолжена.

Следующие этапы предусматривают исследования пищевых токсикологических характеристик ГМИ. Оценка пищевых свойств предполагает изучение пищевой ценности нового продукта, его квоты в рационе человека, способов использования в питании, биодоступности, оценки поступления отдельных нутриентов (если ожидаемые поступления нутриентов превышают 15 % от его суточной потребности), влияния на микрофлору кишечника (если ГМИ содержат живые микроорганизмы).

Токсикологическая характеристика включает следующие показатели:

- токсикинетика,
- генотоксичность,
- потенциальная аллергенность,
- потенциальная коллогизация в желудочно-кишечном тракте (в случае содержания в ГМИ живых микроорганизмов),
- субхронического (90 дней) и токсикологического эксперимента на лабораторных животных и исследований на добровольцах.

Литосферные плиты



Сергей Викторович Слинкин
Эльза Фаилевна Садыкова

Естествознание

учебное пособие для самостоятельной работы
слушателей курсов повышения квалификации
(учителей естественнонаучного профиля:
физика, астрономия, химия, биологии, география, экология)

Оригинал-макет изготовлен в
АУ «Институт развития образования»

Дизайн обложки:
Белов М.В.

Подписано к печати 13.09.2017.
Формат 60*84/16. Гарнитура Times New Roman.
Заказ № 498 . Усл.п.л. 18.25.

АУ «Институт развития образования»

628011, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 104