Тимофеева С.С., Медведева С.А.,
Ларионова Е.Ю.

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Издательство
Иркутского государственного технического университета
2012

УДК 658.345

Рецензенты: доктор химических наук, профессор Воронов В.К.
(Иркутский государственный технический университет)
доктор биологических наук, профессор Стом Д.И.
(Иркутский государственный университет)

Тимофеева С.С., Медведева С.А., Ларионова Е.Ю. Основы современного естествознания и экологии. Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 2012. – 276 с.

Рассмотрены основные концепции, понятия, определения, законы современного естествознания и экологии.

Предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» и студентов гуманитарно-социальных и экономических специальностей университетов, академий и других вузов, а также для широкого круга читателей, интересующихся проблемами естествознания и экологии.

© Тимофеева С.С., Медведева С.А.,
Ларионова Е.Ю., 2012
© Иркутский государственный
технический университет, 2012

Введение

Мир, окружающий нас, огромен. Радиус Вселенной порядка 10^{23} км, а классический радиус электронов примерно $2{,}8 \cdot 10^{-13}$ см. Человек, изучая окружающую его действительность оперирует от размеров Вселенной до размеров элементарных частиц.

Мир, окружающий нас, далёк от равновесия. В нём постоянно происходят процессы от созидательных микропроцессов в живой клетке до космических взрывов звёзд, от вселенского хаоса до создания сложных упорядоченных структур, от рождения молекул и клеток до возникновения растений и животных.

В мире, окружающем нас, казалось бы царит беспорядок и хаос, однако, в нём всё взаимосвязано и взаимообусловлено, схвачено обратными связями и кооперативно согласовано. Между всеми объектами Вселенной, начиная от элементарной частицы и живой клетки до нейтронной звезды и Галактики, постоянно происходит обмен энергией. Многие процессы на Земле теснейшим образом связаны с процессами, происходящими на Солнце и в космосе. По высказываниям А.Л. Чижевского: «Жизнь… в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Она живёт динамикой этих сил, и каждое биение исторического пульса согласно с биением космического сердца – этой грандиозной совокупности туманностей, звёзд, Солнца и планет. За огромный промежуток времени воздействия космических сил на Землю утвердились определённые циклы явлений, правильно и периодически повторяющиеся как в пространстве, так и во времени. Начиная с круговорота атмосферы, углекислоты, океанов, суточной, годовой и многолетней периодичности и физико-химической жизни Земли и кончая сопутствующими этим процессам изменениями в органическом мире, мы всюду находим циклические процессы, являющиеся результатом воздействия космических сил…»

Наиболее сложное явление во Вселенной – рождение жизни, возникновение живых организмов и человека, который является совершенным живым разумным существом. Каждая клетка живого организма представляет собой элементарную физиологическую ячейку. Человек состоит примерно из 10^{16} клеток и является индивидуальной упорядоченной и самоорганизующейся системой. Любая клетка живого биологического объекта содержит хотя бы одну молекулярную нить ДНК, несущую генетическую информацию и обладающую способностью к самокопированию. Сегодня на нашей планете описаны и получили наименование 10^6 биологических видов.

Неживая природа также разнообразна. Более ста химических элементов и тысячи известных изотопов образуют более 10^6 идентифицированных химических соединений, жидких и твёрдых растворов и сплавов, минералов, имеющих самые различные физические и химические свойства.

Человек и мир, его окружающий, иначе среда обитания, являются сложной термодинамической системой, обладающей наличием обратных связей, стохастичностью (случайностью) и требующей для своего устойчивого развития необходимых и достаточных условий.

Сегодня перед человечеством стоит три глобальных проблемы:

- технико-экономическая, связанная с истощением природных ресурсов зелёного шара;
- экологическая, связанная с биологическим равновесием человека с живой природой при глобальном загрязнении окружающей среды;
- социально-политическая, поскольку эти проблемы решаются в масштабах всего человечества.

Решать эти проблемы смогут только специалисты в достаточной степени подготовленные теоретически и обладающие основами планетарного мировоззрения, знанием основ современного естествознания и экологии.

Естествознание, которое человек использует для познания окружающего мира, развивается в настоящее время особенно интенсивно. Оно отличается от отдельных специальных наук целостным взглядом на явления и процессы и даёт возможность преодолеть кризис системы современного знания, наблюдаемый в современной физике и биологии. Так, современная физика распрощалась с идеей «элементарных кирпичиков» мироздания, находящихся где-то в микромире, а также с абсолютным пределом окружающей Вселенной. Современная биология выяснила, что эволюция имеет некоторую теологическую направленность, а поведение генов, клеток гораздо более сложно, чем это предполагалось ещё каких-то 20-30 лет тому назад.

Предлагаемое учебное пособие подготовлено на основе лекций, читаемых на кафедре промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Иркутского государственного технического университета для магистрантов-по авторским программам.

В учебном пособии 5 разделов. Рассматриваются основные достижения наук о неживой природе (физики, химии), наук о живой природе (биологии, экологии, психологии), даётся современное учение о биосфере и будущем человечества.

Таким образом, учебное пособие ориентировано на целостность и взаимосвязь с науками биосферного цикла, что подводит студента к концепциям ноосферы, синергетического и планетарного мышления.

РАЗДЕЛ I.
ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВОЗНАНИИ, ЕГО ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ

Глава 1. Естественнонаучный и другие институты культуры

Современное Естествознание создается на базе концепций (теорий, законов, гипотез, эмпирических обобщений и т.д.), возникших в XX веке. Научная революция XX века привела к появлению новых взглядов на фундаментальные вопросы естествознания и формированию нового мировоззрения, в основе которого лежит органичное единство мира: единство неживой природы во всем ее разнообразии и живой природы, венцом развития которой является человек. Современное Естествознание по-новому ставит вопрос о роли человека во Вселенной и участии его в преобразовании нашей планеты, его биосоциальной деятельности и единстве законов, управляющих развитием нашего Мира и Общества.

Основой развития современных концепций была наука, родившаяся значительно раньше, еще до нашей эры. ***Наука*** **– это сфера человеческой деятельности, целью которой является изучение предметов и процессов природы, общества, мышления, их свойств, отношений и закономерностей развития.** Порожденная материальной и духовной культурой общества, наука сегодня стала частью истории человечества, приобрела статус общественного знания.

1.1. Естественнонаучная и гуманитарная культуры – от конфронтации к сотрудничеству

Науки художествам путь показывают;
Художества происхождения наук ускоряют.
М.В. Ломоносов

В процессе исторического развития человечество создало естественную (материальную) и гуманитарную (духовную) культуры. ***Культура*** **– это совокупность, созданных человеком материальных и духовных ценностей, а также способность человека создавать и использовать эти ценности.**

Естественная культура, составляющая основу естествознания, возникла в связи с необходимостью человека обеспечить свое существование, удовлетворить свои потребности. Для этого необходимо было познать окружающий

мир, познать законы природы и использовать их на свое благо. В ходе человеческой истории многими поколениями создан огромный мир материальной культуры: это наши города, промышленные предприятия, транспорт, электростанции, ракетная техника и спутники, продукты питания и лекарства и т.д. **Естественнонаучная культура подразделяется на фундаментальную** (теоретическую) и **прикладную** (практическую или техническую). Фундаментальные науки (математика, физика, химия, биология, история, психология и др.) изучают объективные законы мира и определяют содержание научной картины мира. Они, на первый взгляд, не решают практических вопросов. Однако в большинстве случаев именно решение фундаментальных проблем приводит к выдающимся открытиям и технической революции, обеспечивающим интенсивное развитие прикладных наук. Ярким примером тому служат работы по исследованию атома и атомной энергии и созданию на базе этих работ атомных электростанций и космической техники. Задачи прикладной науки (кибернетика, ядерная энергетика, космонавтика и др.) направлены на внедрение фундаментальных разработок и создание новых технологий. **Уровень развития материальной культуры, который в значительной степени обеспечивается научными знаниями, является важнейшим показателем характера и уровня развития общества.**

Гуманитарная культура связана с деятельностью, направленной на удовлетворение духовных потребностей человека, то есть потребностей в развитии и совершенствовании внутреннего мира человека, его сознания, психологии, мышления. Духовная деятельность связана с формированием идей, художественных образов, моральных норм и правовых законов, политических взглядов и т.д., которые создаются социальными науками (история, экономика, науки о государстве, археология и др.) и гуманитарными науками (филология, логика, психология и др.). Результатом этой деятельности являются литература, живопись, архитектура, музыка, государственное право и т.д. К гуманитарной культуре относятся и такие институты знания как религия и философия. В процессе творческой деятельности, проявляя свое высшее предназначение, человек создает новые элементы духовной культуры.

Обе культуры, создаваемые человеком, тесно взаимосвязаны. Если обеспечение жизнедеятельности человека – необходимое условие существования его сознания, мышления, духа, то правосознание, политическое сознание, ясное творческое мышление, высокая мораль и духовность, обеспечивают законодательную, правовую, социальную организацию общества и его технический прогресс. И в то же время естественнонаучная и гуманитарная культуры обладают индивидуальными особенностями, межу ними существуют немалые различия, заключающиеся, прежде всего, в том, что они имеют разный ***предмет исследования*: гуманитарная культура занята исследованием духовной и социальной жизни общества, а естественнонаучная – изучает явления природы, законы их проявления.** Кроме того, они пользуются различными ***методами познания*. Естествознание пытается объяснить и доказать причинную обусловленность и закономерности,**

управляющие Миром, а гуманитарные науки – пытаются понять и истолковать происходящие события, религиозные откровения, чувственные проявления.

Различия, имевшие первоначально теоретический, дискуссионный характер, в XX веке привели к противостоянию двух культур, то есть к их взаимонепониманию. Связано это с тем, что именно в это время естественные науки и математика сделали огромный скачок в своем развитии. Физика, химия и математика стремительно двинулись по пути дифференциации и специализации, которые привели к мощному совершенствованию и углублению знаний. Благодаря этому человек познал мир атома и Вселенной, расшифровал генетический код и вышел в космос, создал новые материалы, новые мощные источники энергии, телевидение, лазеры, компьютеры**.** Естествознание достигло своего расцвета, создав четкие теории строения материи, строго обосновав их математически, и уже не востребовало ни философской, ни нравственной поддержки. Успехи же гуманитарных наук утонули в потоке естественнонаучной информации. Пути естественных и гуманитарных наук начали расходиться.

Возникшая между культурами конфронтация стала темой лекции «Две культуры и научная революция» английского историка и писателя Чарльза Сноу, которую он прочитал в Кембриджском университете в 1959 г. В 1973 вышла его книга «Две культуры», посвященная обсуждению этой проблемы. По мнению Сноу все расширяющаяся пропасть, возникшая между традиционной гуманитарной культурой европейского Запада и новой «научной культурой», порожденной научно-технической революцией, – опасная тенденция, которая способна привести к гибели всю человеческую культуру. Во избежание этого необходимо, прежде всего, признать, что проблема существует, понять – почему, и найти пути ее ликвидации. В 60-е годы поднятый Сноу вопрос вылился по всему миру в бурные общественные дискуссии между «физиками» (естественниками) и «лириками» (гуманитариями), проходившие под лозунгом: «только физика соль – остальное все ноль». В конечном итоге этот спор выявил несостоятельность конфронтации культур. К тому же, дифференциация наук, так активно способствующая прогрессивному накоплению знаний, их углублению, привела к появлению многочисленных направлений исследований в рамках даже одной и той же науки. Так появилось множество различных направлений в химии (химия координационных соединений, химия кремния, химия ацетилена, химия природных соединений и др.), в физике (физика элементарных частиц, физика плазмы, физика Солнца и др.). Это привело не только к ослаблению творческих контактов между коллегами, но и к их взаимонепониманию, так как каждый, работая в своей области, использовал свои специфические подходы, экспериментальные и расчетные методы. В результате сама естественнонаучная культура при всех ее великолепных достижениях стала терять внутреннюю взаимосвязанность и свою целостность. «Зеркало природы, в которое пытливо всматривался человек, оказалось разбитым на мелкие осколки».

Сегодня мы вновь, как и во времена натурфилософии, пытаемся выстроить цельный взгляд на природу, и определить место и роль человека в природе, только на новом уровне, на новом витке, интегрируя накопленные за 23 века научные знания. Понимание целостности мира в его сложности, гармонии и красоте существовало и в недрах точного естествознания. Великий философ и естествоиспытатель, «Аристотель Х1Х века» Александр Гумбольдт (1769-1850), видевший мир в неразрывной связи всех его явлений и понимающий его единую сущность, писал: «Все науки и все искусства с тем или иным успехом познали и познают Космос…История физического миросозерцания есть история познания целостности природы, есть изображение стремления человека понять совокупное действие сил в земных и небесных пространствах. Она, таким образом, обозначает эпохи постепенного успеха в обобщении воззрений на Вселенную и составляет часть истории нашего мира мыслей…». Действительно, **и естественнонаучная, и гуманитарная культуры созданы человеком, а в основе созидания лежит единое начало – творчество. Человек един в своем творении, поскольку его деятельность отражает единый мир, в котором он живет.**

Сегодня признается, что расцвет науки и искусства – процессы взаимосвязанные, свидетельствующие о прогрессивном развитии общества. Эта взаимосвязь прослеживается по всей истории естествознания. Древние греки воспринимали и науку, и искусство как единый метод познания мира. Со времен Пифагора считали, что музыка наиболее полно может передать гармонию математики, и математике обучали на музыкальных формах. Натурфилософы, имена которых дошли к нам из прошлых веков, были энциклопедистами, они владели и гуманитарными и естественнонаучными знаниями. Так Авицена был не только выдающимся врачом, но и блестящим богословом и юристом. Декарт не только перевел геометрию на язык алгебры и построил оригинальную философскую систему, но вошел в историю физики и психологии. Аристотель был естествоиспытателем, логиком и философом. Леонардо-да-Винчи, известный итальянский художник, скульптор, архитектор, он же – талантливый ученый, инженер; ему принадлежит модель первого летательного аппарата и «вечного двигателя». Автор гениальной трагедии «Фауст» Иоганн Вольфганг Гёте как естествоиспытатель создал целое учение о цвете, законах смешения цветов. Этими законами до сих пор пользуются ученые-психологи и художники- полиграфисты. Изучение Гёте сравнительной морфологии растений и животных предвосхитило венец рационального научного подхода – дарвинизм, а рационализм Гёте-художника привел в результате к рождению аналитического искусства, искусства дизайна и рекламы. Отец русской науки М.В. Ломоносов был одновременно поэтом, художником, историком и филологом. Открытые им законы сохранения вещества и энергии легли в основу естествознания, его стихи и проза – в основу русской словесности. Связь науки и искусства была естественным состоянием его души. Даже научные трактаты он писал поэтическим языком. Известный русский композитор А.П. Бородин – профессор химических наук. Гени-

альный натуралист, наш соотечественник и современник А.Л. Чижевский был выдающимся художником и поэтом-философом. Это лишь небольшой перечень примеров, его можно продолжать и дальше. Многие замечательные поэтические произведения русских ученых собраны в книге «Муза в храме науки», созданной нашим современником физиком и поэтом В.Ф. Ноздревым.

Искусство является одним из способов познания мира. Оно всегда стимулировало научную мысль. Сама же научная мысль является одной из многогранных сторон творческой деятельности человека. Эти две области знаний объединяет то, что в основе рождения и научного открытия, и произведения искусства лежит образное восприятие мира, научной проблемы. Так ученый, создающий научно-рациональный способ познания, обязательно обладает образным мышлением, в то время как художник пользуется обобщенным образом, который отражает действительность. Например, Ф. Кекуле написал циклическую формулу бензола только после того, как увидел ее образ в зоопарке: обезьяны, держась за хвосты и лапы, образовали шестигранную фигуру. Д.И. Менделеев очень долго не мог найти форму, что бы выразить взаимосвязь химических элементов. Образ таблицы к нему пришел совершенно неожиданно, когда он занимался домашними делами и пил чай. Прообраз своей универсальной таблицы он нарисовал на конверте, на котором остался кружок от кружки с чаем.

Итак, обе культуры, имеют единый корень, однако, обладают собственной индивидуальностью и особенностью, о которых мы говорили выше. Гуманитарии в своих изысканиях не стремились и не могли достичь точности и строгости доказательств, характерных для естественных наук. В этой области знаний очень часто одно и то же историческое событие в разное время и разными людьми получает взаимоисключающие оценки, например, происшедшую в России революцию в 1917 г. одни считают великим достижением эпохи, другие – тяжелой ошибкой, или признание деятельности многих писателей, художников, ученых только после их смерти. И эта неоднозначность выводов, критикуемая естественниками, как раз и ставит, дискутируемый и по сей день, вопрос о том, можно ли естественнонаучные образы и методы использовать в области гуманитарных наук или необходимо создавать индивидуальные.

В поисках общего смысла двух культур, общих целей, общего языка широким фронтом ведутся научные исследования, проводятся конференции, издаются журналы и книги. Благодаря возникновению и развитию новых научных методов исследования, общенаучных дисциплин таких, как синергетика, кибернетика, все более признанной становится точка зрения о совместимости гуманитарной и естественнонаучной культур.

Новое мировоззрение, складывающееся сегодня, опирается на достижения современных естественных наук. Оно основано на идеях эволюции и всеединстве мира, взаимосвязи живого и неживого, связано с понятиями вероятности, самоорганизации, выбора, информации, ее кодирования. Мы от-

крываем, что сама природа обладает внутренней сложностью. Этот новый взгляд уже проявляется и в гуманитарных знаниях. Согласно современной классификации систем, существующей в естествознании, общество можно отнести к числу открытых систем, которые обмениваются с окружающей средой не только энергией и веществом, но и информацией. Периодичность наблюдаемых общественных событий связывают с цикличностью самой природы. По словам А.Л. Чижевского, «в этом бесконечном числе разной величины подъемов и спусков, сказывается биение общемирового пульса, великая динамика природы, различные части которой созвучно реагируют одна с другой».

Проявление взаимосвязи естественных и гуманитарных знаний мы уже наблюдаем в жизни. Так, юристы, социологи, педагоги, историки, психологи – специалисты гуманитарной культуры, применяют в своей работе и исследованиях методы кибернетики и информатики, используют системный подход и эволюционный взгляд на события и процессы, т.е. используют методы и законы, которые открыты и действуют в естественных науках. Развитие микро- и наноэлектронных технологий способствовало созданию новых средств передачи и переработки информации, что позволило как в области естественных, так и гуманитарных наук, использовать дистанционное управление, современные каналы связи и общемировые информационные ресурсы, например, систему «INTERNET». С развитием информационных технологий стало понятно и другое – необходимо внедрять образность и синтетический подход, естественные для искусства, в науку.

Таким образом, становится фактом, что познание в естественных и гуманитарных науках в целом совершается по некоторым общим принципам, правилам и способам деятельности. Это свидетельствует, с одной стороны, о взаимосвязи и единстве этих наук, а с другой – об общем, едином источнике их познания, которым является окружающий нас объективный реальный мир: природа и общество.

Коснемся двух наиболее дискуссионных вопросов о взаимоотношениях естественных наук с такими институтами знания как религия и философия.

1.2. Наука и религия

Чем больше наука делает открытий в физическом
мире, тем более мы приходим к выводам,
которые можно разрешить только верой.
А. Эйнштейн

История сосуществования научного и религиозного знаний очень противоречива. В давние времена церкви и монастыри были колыбелью культуры и образования. Именно в их стенах были написаны первые книги, в которых повествовались истории бытия и возникающих государств. Здесь же со-

средотачивалась иконописная живопись. При церквях возникли первые школы, в которых детей обучали грамоте. Основателями практической химии (изобретение пороха и разработка способов крашения) были жрецы Индии и Китая. Первые астрономические, математические и химические знания были получены жрецами Вавилона и Египта. Большинство ученых были теологами. Научные знания тогда считались священными, они строго охранялись и передавались только посвященным. В связи с этим, например, секреты бальзамирования и изготовления папируса, известные жрецам Египта, оказались потерянными. Эта привилегия монастырей в конечном итоге стала мощным тормозом для развития науки. Развитию и распространению знаний жестко препятствовала инквизиция. И лишь в XVI в., благодаря учению Коперника, у науки появляется надежда на самостоятельность. Статус самостоятельности она приобретает благодаря последующим работам великих ученых естествоиспытателей – Кеплера, Галилея, Ньютона и др. К XVIII в. дороги религии и науки окончательно разошлись. Материализм, рожденный еще античной философией, перерос в атеизм, который утверждал, что научное мышление несовместимо с верой в Бога.

Таким образом, научное знание и вера – эти изначально единые проявления человеческого бытия, стали развиваться независимо друг от друга. Каждое из этих знаний имеет свой предмет познания и методы исследования: **наука изучает законы материального мира, использует аналитический способ познания, который опирается на эксперимент и доказательство (рациональное познание), а религия изучает отношение человека к Богу, использует иррациональный (внечувственный) способ познания, основой которого служит божественное откровение.** Трудно лучше определить различие научного и религиозного знания, чем это сделал русский физик Николай Бердяев (1874-1948) в книге «Философия свободы»:

«Научное знание – это такое знание, для достижения которого человек использует материал опыта и законы логики. Каждый новый элемент знания выводится из предыдущих с той же неизбежностью, с какой поезд проходит станции в указанной на карте последовательности.

Ученый находится в железных тисках законов природы и логики. Он не свободен. Религиозное знание принципиально отличается тем, что оно ниоткуда не может быть выведено. Оно достигается в результате внезапного внутреннего озарения, как наитие свыше. Если бы существование Бога можно было бы доказать, то религия исчезла бы, поскольку она превратилась бы в обычное научное знание.

Существование внезапного внутреннего озарения любому творческому человеку хорошо знакомо. Ни одну новую теорему математик не доказывает дедуктивным способом; вначале интуиция подсказывает ему результат, а затем он строит для него доказательство, которое убедило бы его самого и

окружающих в том, что результат верен. Таким образом, истину он увидел до того, как нашел, построил к ней мостик – доказательство.

Возникает вопрос о том, для любой ли истины такой мостик существует. Так вот, истины, для которых такие мостики есть, и составляют область научного знания, истины, для которых таких мостиков нет в принципе, – область религиозного знания».

Однако и в науке не все доказывается. Например, в науке известно понятие «аксиома» – определение, которое не доказывается, а принимается на веру. К числу аксиом относится утверждение Эвклида о непересекающихся параллельных или теория атома Бора и др. Оказывается в науке всегда есть место вере, без которой познание невозможно. Это вера в чувственную реальность, данную человеку в ощущениях, вера в познавательную возможность разума и способность научного знания отражать действительность. В науке большое значение имеет интуиция, особенно в формировании гипотез и открытий. ***Интуиция***, как считают психологи, **это реализуемый опыт на уровне подсознательного запоминания и восприятия.** С другой стороны, в теологических откровениях активно используются научные достижения, например, теория Большого взрыва, понятие дуализма и др. Современное естествознание, совершившее скачок не только вширь, но и в глубь познания материи, очень осторожно ставит вопрос о том, что некоторые открытия позволяют думать о направленном, запрограммированном развитии Вселенной. Все это свидетельствует о том, что резкого различия, а тем более антагонизма, между наукой и религией не существует, хотя они и представляют самостоятельные области знания.

Сегодня очень важно, чтобы научная деятельность сочеталась с духовностью, управлялась нравственными законами, поскольку научным открытиям всегда угрожает огромная опасность их неразумного использования. Такое случалось не раз: открытие радиоактивности привело не только к созданию неиссякаемых источников энергии, но и к атомной бомбе; открытие ДНК привело к созданию не только генной инженерии, но и к проблеме Франкенштейна. Необходимость установления этико-нравственных норм в современном естествознании приводит к осознанному сближению религии и науки во всем мире. В 1998г. на церемонии вручения ученому Я. Барбуру премии Фонда Темплтона президент Российской академии наук, академик Ю.С. Осипов сказал: «Многими учеными в разных странах ведется огромная работа по выявлению содержательных связей науки и религии, рассматриваемых как различные, но дополняющие друг друга измерения человеческого существования… как два взаимодополняющих вида познания действительности».

1.3. Наука и философия

Кто жил, в ничто не обратится.
Гёте

Термин **«философия»** имеет греческое происхождение и буквально означает **«любовь к мудрости»**, но более точно по смыслу он переводится как **«стремление к истине»**. Как система миропонимания она возникла из потребности людей в обобщенном и целостном представлении об окружающем мире. **Философия – это уникальная форма постижения мира в целом, выявления общих принципов и закономерностей его бытия и познания.**

Философия является самой древней наукой, насчитывающей в своем развитии около трех тысячелетий. Она всегда была тесно связана с наукой: уже то, что на пороге своего развития естествознание, носило натурфилософский характер, говорит об их глубоком единстве. Философы всех времен опирались на новейшие достижения науки и в первую очередь естествознания. Многие философские идеи рождались в недрах естествознания. Философия и естествознание всегда необходимо дополняли друг друга и взаимодействовали как общее и частное знание, решая свои конкретные задачи. Достижения последнего столетия в физике, химии, биологии и других науках позволили по-новому взглянуть на сложившиеся веками философские представления, которые формируются в настоящее время в современную философию. Например, происходит отказ от образа мира как построенного из элементарных частиц – кирпичиков материи, обосновывается его понимание как совокупности нелинейных процессов; делаются попытки сформировать представление о том, что материя и сознание соотносятся в далеком приближении так же, как волна и корпускула.

Отличие философии от науки заключается в том, что философия пытается ответить на общие вопросы, например, о бытие, о свободе, о бессмертии, о таинствах мироздания, которые вряд ли будут иметь конечное решение. Наука же не берется за изучение мира в целом. Она представляет частное познание и предполагает экспериментальную проверку результатов своих знаний. Основной вопрос философии, что первично материя или сознание остается и сегодня философским вопросом. Этот вопрос определяет существование двух философий – **материалистической и идеалистической.**

Материалистическая философия признает, что материя первична и мир познаваем. Сознание же вторично и является отражением окружающей нас реальности. Идеалисты исходят из первичности идеального фактора и в большинстве своем отрицают познаваемость мира. В настоящее время материалистическую линию продолжает современная философия, а идеализм представлен различными течениями (герменевтика, неотомизм, постмодернизм и др.). Наука в этом отношении занимает далеко не нейтральную позицию. Ее результаты всегда являлись подтверждением материалистических выводов, теоретической основой преобразований, осуществляемых человеком в мире.

Глава 2. Научный метод познания

Хорош тот эксперимент, который
не согласуется с теорией.
П. Капица

Индивидуальное познание является основой коллективного познания. Коллективный характер познания особенно ярко проявляется в настоящее время благодаря интенсивному развитию средств связи и передачи информации.

Всеобщих методов в истории познания известно два: **диалектический** и **метафизический**. Это общефилософские методы, на их основе формируется соответственно материалистическая и идеалистическая философия. Метафизический метод с середины XIX века все больше вытесняется из естествознания диалектическим методом, который лег в основу диалектического материализма. Диалектический материализм рассматривает природу как единое целое, в котором предметы и явления зависят друг от друга и обуславливают друг друга. Он признает принципиальную познаваемость вещей, существующих независимо от сознания человека, раскрывает сложный, противоречивый характер процесса познания, и считает содержание наших знаний объективной истиной, которая складывается из суммы относительных истин. Основой познания и критерием истинности знаний рассматривает практическую деятельность человека.

Современная наука стоит на позициях диалектического материализма и использует определенную методологию. Знания появляются и накапливаются в результате исследования. Для проведения исследования каждая наука использует свои способы получения знаний, т.е. определенные приёмы и методы, оценка, анализ которых и составляет предмет методологии. Научный метод – это способ организации средств познания. Он рационализирует и оптимизирует научное познание. По словам Ф. Бэкона, одного из основоположников методологии естествознания XVII в., научный метод подобен фонарю, освещающему дорогу бредущему в темноте путнику**. Методы познания подразделяются на эмпирические и теоретические.**

На эмпирическом уровне познания используются методы, опирающиеся на чувственно-наглядные приемы и способы познания.

Научное наблюдение **– целенаправленное восприятие предметов и явлений объективной действительности, которое осуществляют планомерно согласно поставленной цели.** Непосредственные визуальные наблюдения играют огромную роль в получении и сборе научной информации. Например, визуальные наблюдения с борта батискафа позволяет непосредственно получить картину жизни подводного мира, а наблюдения с космической орбитальной станции дают конкретные данные (температуру, давление

и др.) о состоянии атмосферы, поверхности суши и океана. Чаще всего наблюдение проводится с использованием приборной техники, например, биноклей, телескопов, приборов ночного видения и др. Применение технических средств намного расширило границы человеческого зрения, а, следовательно, и горизонты наблюдения. Так с помощью рентгеновских телескопов, установленных на борту орбитальной станции, оказалось теперь возможным наблюдение за пульсарами и квазарами. Однако, оставаясь наблюдателем, исследователь не может изменять объект, влиять на протекание процесса или управлять процессом.

Описание **– языковая или письменная фиксация полученных при наблюдениях сведений.** Описание должно быть точным и полным, давать достоверную и адекватную картину наблюдаемого объекта или явления. Каждая наука проходит «описательную» фазу развития и именно описания результатов наблюдений создают эмпирический базис науки, который становится всеобщим достоянием. Например, традиционная биология как наука формируется на основе правильно описанных признаков растений и животных.

Измерение **– это сравнение объектов исследования по каким-либо сходным признакам и определение неизвестной величины с помощью эталона – известной установленной единицы меры.** Значение измерений для науки огромно. С измерения начинается количественное естествознание. Существует множество единиц измерения. Оно соответствует множеству объектов, явлений, их свойств, которые приходится количественно характеризовать в процессе работы. В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам. Международная система единиц построена на базе семи основных (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан, стерадиан) единиц. Эта система охватывает физические величины механики, термодинамики, электродинамики и оптики, которые связаны между собой физическими законами. Измерение осуществляется с помощью специально создаваемой приборной техники. С развитием науки и техники, существующие измерительные приборы постоянно совершенствуются, создаются принципиально новые конструкции, отличающиеся более высокой точностью измерения. Дадим определение наиболее широко используемым измерениям – длины, времени и массы.

Единицей длины принят метр. Первоначально метр был определен как одна десятимиллионная доля расстояния от экватора до Северного полюса вдоль меридиана, проходящего через Париж. В 1889 г. метр был официально определен как расстояние между двумя параллельными метками, нанесенными на платиноиридиевом брусе, который хранится в строго определенных условиях в Международном бюро мер и весов в Севре. Сравнение длины тела с эталонным метром может быть произведено с точностью до 2.10^{-7} с помощью прецизионного микроскопа. Совершенствование методов расчета и точности техники измерений неоднократно меняло определение

понятия метр. В 1983 г. на XVII Генуэзской конференции по мерам и весам было принято действующее и сейчас определение метра как длины пути, проходимого светом в вакууме за 1/299 792 458 долю секунды.

Общепринятой единицей времени является секунда. Исторически эта единица связана с делением суток на 24 часа, одного часа – на 60 минут, одной минуты – на 60 секунд. До 1964 г. международная единица времени была основана на суточном вращении Земли. Но продолжительность суток зависит от положения Земли на околосолнечной орбите, то есть зависит от скорости вращения Земли вокруг Солнца. Изменения скорости вращения на протяжении года составляют около 10^{-8} секунд. Для ликвидации этого расхождения за стандарт были выбраны средние солнечные сутки 1900 года. С учетом поправок на расхождение солнечных и звездных суток эфемерная секунда составила 1/31 556 925, 9747 от продолжительности 1900 года в тропиках. К 1971 г. в результате накопления отклонений разница между всемирным и эфемерным временем достигла полминуты. В 50-ые годы от измерений времени на основе вращения Земли перешли к измерению всех интервалов времени с помощью атомных стандартов. Атомная секунда определяется как интервал времени, в течение которого совершается 9 192 631 830 колебаний атома изотопа цезия Cs^{133}. В настоящее время действует еще более точный эталон – водородный мазер, изготовленный в Швейцарии, с шириной спектра 1 Гц, стабильность которого доведена до 10^{-12}. Мы регистрируем время с помощью бытовых часов. Для этих целей достаточно хорошей точностью обладают кварцевые часы.

За единицу массы принят килограмм. Массой материального объекта называется физическая величина, которая является количественной мерой его инертных и гравитационных свойств. Это скалярная величина, положительная и постоянная величина. За единицу массы в системе СИ принята масса эталона, хранящегося в Париже. Это цилиндр из платино-иридиевого сплава. Высота и диаметр эталона равен 39 мм.

В современной науке большое значение приобрели статистические методы, позволяющие определять не индивидуальные, а средние значения величин, характеризующие всю совокупность изучаемых предметов. С помощью этого метода невозможно предсказать поведение отдельного индивидуума совокупности, но можно предсказать вероятность того, как будет вести себя система – большая совокупность индивидуумов. Для статистической обработки результатов используются компьютерная техника.

***Эксперимент* – целенаправленное повторение наблюдения в специально созданных и строго контролируемых условиях.** В отличие от наблюдения в эксперименте исследователь может вмешиваться в процесс и влиять на его протекание. Он может преобразовывать объект исследования, создавать своеобразные условия его изучения: изолировать предмет от внешнего воздействия, изучать его в условиях глубокого вакуума или высо-

кого давления, сверхнизких температур или в условиях плазмы и т.д. Это позволяет открывать новые свойства объектов и глубже постигать сущность явлений. Так, например, исследование проводимости металлов при низких температурах, близких к критическому нулю, не реализуемых в обычной практике, привело к открытию явления сверхпроводимости, а исследование поведения химических веществ при низких температурах – к открытию нового перспективного направления в химии – низкотемпературного синтеза.

В тех случаях, когда трудно или невозможно изучить объект в естественных условиях, применяют **метод моделирования, т.е. подбирают очень близкий прототип, исследуют его в соответствующих условиях и полученную информацию экстраполируют на подлинный объект исследования.**

В эксперименте исследователь активно использует приборную технику. В большинстве случаев, при исследовании макро- и мегаобъектов, воздействие приборов не учитывается, так как оно очень мало. В случае же изучения микрообъектов (элементарных частиц) возмущающим действием прибора пренебрегать нельзя. Воспроизводимость экспериментов, т.е. повторение наблюдения и измерения, позволяет считать полученные результаты достоверными.

Если экспериментальный метод связан с чувственным познанием, которое опирается на работу органов чувств, и проявляется ощущением и восприятием, то теоретический метод основан на логическом или абстрактном мышлении. Чувственные восприятия при наблюдениях позволяют оценить лишь внешние стороны явлений, не раскрывая сущности и законов их развития. Например, в результате химической реакции мы видим изменение цвета раствора или образование осадка. Наблюдения не дают сведений том, что в реакционной среде происходит активация молекул, которая сопровождается переносом электронов и образованием новых ионов и молекул. Эти понятия формируются в результате теоретических исследований. Теоретическое мышление помогает чувственному познанию в раскрытии внутренних взаимосвязей, строения и свойств изучаемых систем. Научные методы теоретического уровня познания формируются на определенных абстрактных конструкциях, отражающих сущность изучаемых явлений.

Абстрагирование **– это переход от чувственно воспринимаемых конкретных объектов к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них.** Формирующееся при этом понятие отражает только общие стороны предметов или явлений, не включая признаки второстепенного характера, например, такие понятия как «растение», «животное», «вещество», «частицы», «растворимость», «вязкость», «электропроводность», и др. Абстрактные понятия формируются в результате практической и аналитической деятельности. Логически осмысленная абстракция содержит в себе не только чувственно воспринимаемое, но и нечто скрытое, постигнутое лишь с помощью теоретического мышления. Переход от чувственного вос-

приятия к абстрактному мышлению представляет диалектический скачок в процессе познания, который обеспечивает более глубокое понимание происходящих процессов и позволяет раскрывать их сущность. **Логическое мышление является высшим этапом в развитии познания.**

***Идеализация* – это особый вид абстрагирования, мысленного создания прообраза существующего объекта.** Идеализация предполагает мысленное внесение изменений в исследуемый объект или наделение его новыми свойствами.

В физике примером идеализации является «материальная точка». Под этим понятием подразумевается любое тело, лишенное всяких размеров и формы. Подобное абстрагирование оказывается очень удобным при описании движения самых различных реальных объектов от атомов до планет солнечной системы. Или абстракция – «абсолютно черное тело». Это тело наделяется несуществующим в природе свойством поглощать абсолютно всю попадающую на него лучистую энергию, ничего не отражая. Изучение идеального спектра излучения абсолютно черного тела, на которое не оказывает влияния природа вещества, позволило Планку найти правильное математическое решение спектрального распределения энергии излучения абсолютно черного тела и тем самым заложить основы квантовой теории.

Идеализации создаются для того, чтобы мысленно оперировать с идеальным объектом, как с реально существующим, и создавать идеальные схемы реальных процессов, помогающие более глубокому познанию реальных объектов. Обычно законы науки точно приложимы только к идеальным объектам и явлениям. Успешное их применение в практике требует связующих звеньев между идеальными и реальными свойствами объектов.

***Формализация* – построение абстрактно-математической модели с использованием специальной символики.** Это позволяет проводить исследования формальным путем, т.е. оперировать не с объектом, а с символами или знаками. Формализация обеспечивает краткость и четкость записи научной информации. Примерами формализации являются химическая символика и математические описания физических законов. Математической формализации принадлежит центральное место. Сформировавшаяся в середине XIX века математическая логика, в основе которой лежит математическая формализация, положила начало развитию кибернетики, сыграла огромную роль в создании электронных вычислительных машин и решении задач автоматизации производства.

***Индукция* – это формальное умозаключение, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок (фактов). Это способ рассуждения от частного к общему.** Например, при исследовании зависимости структура – свойство в органических соединениях было обнаружено, что оптической активностью обладают лишь те, которые имеют хиральный атом углерода (все заместители у углерода разные). На основании

этого сформировалась научная теория об асимметрии органических соединений. Формирование научного понятия или теории является результатом движения познания от исследовательских фактов к обобщениям. По словам Павлова «факты – это воздух для ученого».

***Дедукция* – это получение частных выводов на основе каких-либо общих положений. В отличие от индукции это способ рассуждения от общего к частному.** Так, используя индуктивно полученный вывод о асимметрии органических соединений, приведенный выше, можно предположить, что, если в органическом соединении есть асимметрический атом углерода, то оно будет оптически активно. Это дедуктивный вывод.

Индукция и дедукция выступают как тесно взаимосвязанные формы теоретического познания. Всякая научная дедукция является результатом индуктивного изучения объекта или процесса, индукция же является подлинно научной только тогда, когда изучение отдельных частных явлений основывается на знании общих законов развития.

***Интуиция* – непосредственное постижение истины без предварительного логического рассуждения, то есть без того, что лежит в основе научного знания.** Это озарение, которое приводит исследователя к решению проблемы, над которой он работает. Интуиция играет огромную роль в формировании гипотез, теорий и законов. Этот способ познания человеком пока не осознан до конца. Наш соотечественник психолог и философ А. Спиркин определяет интуицию как «качественно особый вид познания, в котором звенья логической цепи остаются на уровне бессознательного».

Формирование теорий, как результата деятельности научного знания, начинается с выдвижения **научной проблемы** – вопроса, который возникает на базе появившихся новых фактов, не объяснимых с помощью старых теорий. При осмыслении фактов и попытках решения проблемы рождается **гипотеза**, которая после анализа с использованием теоретических и практических знаний, логического осмысления, эмпирической проверки либо отвергается, как не имеющая достаточных доказательств, либо переходит в ранг **научной гипотезы**. Для того, чтобы гипотеза перешла в статус закона (реально существующая, повторяющаяся связь), необходимы достоверные неоднократно повторяющиеся доказательства, подтверждающие эту гипотезу. На базе законов формируется **научная теория** – система доказанного знания о сущности явлений, она всесторонне раскрывает свойства, действия и развитие объекта, взаимоотношение всех его элементов и связей.

Создание новой научной теории предполагает получение *объективных* **истинных** знаний о сущности явления. Однако **абсолютную истину** можно познать только в бесконечном процессе познания. Как правило, мы имеем дело с **относительной истиной**. Например, на заре изучения строения химических веществ было установлено, что мельчайшей частицей вещества является атом. Позднее было открыто, что сам атом является сложной частицей и

состоит из протонов, нейтронов и электронов. Сегодня доказано, что и протон является сложной частицей, состоящей из кварков. Каждое из этих утверждений является относительной истиной, но последняя стоит ближе к абсолютной, которая решает вопрос о том, есть ли предел делимости вещества.

Выдвижение новой научной проблемы, как правило, стимулируется внешними (влияние государства, экономических, культурных, национальных параметров) и внутренними (логика и динамика развития научного направления) факторами, благодаря чему наука постоянно совершенствуется. С накоплением новых фактов законы уточняются и дополняются, т.е. происходит изменение теоретического и эмпирического базиса науки. В итоге изменения затрагивают и фундаментальные принципы теории, т.е. основную **парадигму** научного исследования в данной области, что приводит к качественным изменениям всей системы теоретического знания. **Смена парадигм в науке приравнивается к революции в развитии естествознания.** Например, открытие теории относительности Эйнштейном привело к созданию новой парадигмы, которая существенно изменила наши представления на происхождение и свойства Вселенной. Однако новая теория чаще всего не отрицает старую систему знаний, а ограничивает сферу ее применения, что позволяет говорить о преемственности и развитии теоретических знаний. Так, появление механики больших скоростей Эйнштейна не зачеркнуло суть классической механики Ньютона, а показало, что она является следствием механики Эйнштейна при условии малых скоростей по сравнению со скоростью света.

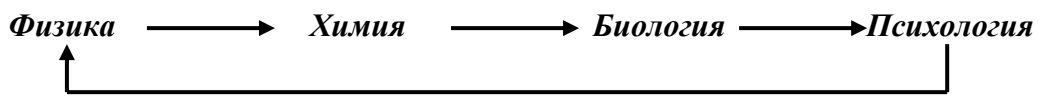
Эти положения естественнонаучных законов хорошо согласуются с философским принципом об относительном характере понятий законов и теорий всех наук и естественных, и гуманитарных.

Глава 3. Естествознание – единая наука о природе

Не то, что мните вы природа:
Не слепок, не бездушный лик –
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык…
Ф.И. Тютчев

Слово **«естествознание» представляет собой сочетание двух слов «естество» (природа) и «знание».** Синонимом его является слово «природоведение», происходящее от общеславянского термина «веди», что означает – наука или знание. Сегодня **под термином естествознание понимается точное естествознание, то есть оформленное, часто в математических формулах, точное знание обо всем, что есть или может быть во Вселенной.** В самом общем виде **предметом естествознания является вся природа, причем не абстрактная, а находящаяся под воздействием человека.** Если окружающий нас мир представляет собой единое целостное образование, в котором предметы и явления находятся во взаимосвязи и взаимодействии, то адекватное представление о нем должно быть отражено в единстве всего нашего знания. Непосредственной **целью естествознания является раскрытие сущности явлений природы, ее законов.** Конечная цель состоит в обосновании возможности на практике использовать познанные законы природы. **Практическая деятельность человека должна происходить в соответствии с этими законами, с их учетом.**

Естествознание включает в себя все естественные науки. Вопросы классификации и взаимодействия естественных наук обсуждаются и по сей день. Наиболее распространенной является точка зрения о том, что базовыми – основными науками естествознания являются физика, химия и биология. В ряд базовых наук теперь стали включать и психологию. Математика считается языком естествознания, поскольку именно с помощью математического языка все науки общаются между собой. Взаимодействие наук условно можно выразить следующей очень простой, но глобальной по содержанию схемой:



Эта схема наглядно показывает логические этапы или исторические эпохи последовательного формирования наук. На самом деле она намного сложнее и представлена в виде огромной сети наук, особо важное место, среди которых занимают астрономия (космология) – наука о Космосе и геология – наука о Земле. Обширная сеть наук формируется в процессе *дифференциации* и *интеграции* знаний основополагающих наук.

Начиная с XIX века, благодаря накоплению и углублению специальных знаний (наблюдений, эксперимента, систематизации материала, выведения законов и т.д.) на основе базовых наук стали формироваться самостоятельные дисциплины, которые со временем оформились в самостоятельные науки со своими понятиями и языками. Произошла дифференциация основных наук на ряд более узких областей исследования научных дисциплин. Например, в физике появились разделы механика, оптика, ядерная физика и др.; в химии – аналитическая химия, органическая химия, неорганическая химия и др.; в биологии – анатомия, эмбриология, физиология и др. Каждая из базовых наук обрела как бы вертикальный разрез развития, который раскрывает связи элементов науки, ее внутреннее содержание. Дифференциация наук способствовала возрастанию глубины и точности знаний о явлениях природы.

В конце XX века эти науки, оставаясь самостоятельными, оказались вынуждены взаимодействовать. Частные проблемы науки оказались неразрешимыми в рамках одной дисциплины. Так химия для объяснения и предсказания протекающих реакций активно использует законы и методы физики. Это составило предмет физической химии. Использование же методов квантовой механики для исследования строения и свойств химических соединений, кинетики и механизмов реакций теперь является областью квантовой химии. Исследование химических процессов, происходящих в клетке, составляет предмет биохимии, а выявление зависимости хранения и передачи наследственной информации от структуры и свойств молекул – область молекулярной биологии. Этот ряд можно продолжать и дальше. То есть, с накоплением базы знаний наряду с дифференциацией наук происходит их интеграция. Интеграция научных знаний способствует рождению универсальных теорий, стремящихся все бесконечное разнообразие природных явлений вывести из общетеоретических принципов, общих законов (например, молекулярно-кинетическая теория, закон сохранения энергии и др.). Появление новых областей исследования на стыке различных наук указывает на существующую единую нить связи между рассматриваемыми основными науками и непрерывность линии развития естествознания.

Научные знания в целом не являются просто массивом информации. Они находятся в **иерархической соподчиненности**. Физика в иерархии естественных наук занимает первую ступень. И только в этом смысле ее надо считать простейшей. Без фундаментальных сведений, которые дает физика

невозможно построить здание всех остальных наук, она является основой учения о материальном мире и демонстрирует искусство решать проблемы этого мира. Все неисчерпаемое многообразие явлений природы основывается на фундаментальных физических принципах. Физика – сердце естествознания. Надстройкой над физикой является химия, которая, базируясь на физических законах, объясняет химические явления и процессы и рассматривает эволюцию химического вещества. Биология занимает еще более высокую ступень, поскольку изучает более совершенную – живую форму материи. Химия становится неотъемлемой основой объяснения биологических процессов, протекающих в живых организмах. Венцом иерархии является психология, изучающая психическую деятельность человека. И приведенная нами выше схема замыкается, поскольку психологические функции живого организма рассматриваются как результат деятельности физических и химических процессов в клетке. Следовательно, в процессе развития знаний происходит взаимопроникновение всех четырех основных естественных наук друг в друга, хотя и с преимущественным развитием естествознания именно в направлении от физики к химии, биологии и психологии, а иерархия основных естественных наук не является бесконечной, а имеет циклически замкнутый характер. Это настолько тесно взаимосвязанный и взаимообусловленный комплекс наук, что они выводятся друг из друга, то есть, представляют собой подлинное органическое единство.

Взаимное проникновение наук становится настолько естественным и органичным, что совершенно понятна необходимость изучения мира как единого целого. Формирование целостной картины Естествознания позволит показать единство реального разнообразия фундаментальных свойств материи на всех четырех основных уровнях её развития и естественной самоорганизации. Таким образом, **Естествознание – это одна наука обобщенная или интегративная.**

В связи с тем, что каждая из наук имеет свое внутреннее содержание, эволюционные периоды, каждый из которых заканчивался сменой парадигмы, мы рассмотрим кратко появление и развитие основополагающих наук, и влияние их на формирование мировоззрения и научную картину мира.

Контрольные вопросы

1. Что такое наука и что она изучает?
2. Как соотносятся научные знания и религиозная вера?
3. Чем отличается наука от философи?
4. В каких взаимоотношениях находятся естественнонаучная и гуманитарная культуры?
5. Какова роль искусства в развитии науки?

6. Прокомментируйте строки М. Волошина: «Мир отвечал размерам человека, и человек был мерой всех вещей».
7. Какое научное открытие в биологии XX века предвосхитил Гете в «Фаусте»?
8. На чем основывается научный метод познания?
9. Какие формы научного познания Вы знаете?
10. Докажите, что научная истина не может быть вечной.
11. Почему произошла сначала дифференциация научных знаний, а потом их интеграция? Какова значимость этих процессов для развития естествознания?
12. Какой смысл Вы вкладываете в понятие «современное естествознание»?
13. Что является целью современного естествознания?

Темы для рефератов

1. Искусство как способ познания мира: о единстве и противоположностях науки и искусства.
2. Истоки творческих озарений и проблема совместимости науки и религии.
3. Истинность в науке и бесконечность познания.
4. Причины рождения нового естествознания на рубеже тысячелетий.

РАЗДЕЛ II.
НАУКИ О НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Глава 4. Физические концепции Естествознания

Физика (в переводе с греческого «фюзис» означает «природа») – **это наука о формах материи, которые входят в состав сложных систем, о взаимодействиях этих форм материи и их движениях.** Мы уже говорили о том, что в иерархии естественных наук физика занимает первую – базовую – ступень. Без фундаментальных сведений, которые дает физика невозможно построить здание всех остальных наук. Физика базируется на точном эксперименте, развитом математическом аппарате, всей мощи логического и интуитивного способа получения знаний. Она достигла своего совершенства именно потому, что полностью использовала все возможности, заключенные во всех этих отдельных сторонах познания. Вобрав в себя громадную область самых разнообразных знаний о природе окружающего нас материального мира, физика, еще на ранней стадии давшая объяснение строению Солнечной системы, сейчас занимается разработкой тончайших вопросов, связанных с возникновением всей нашей Вселенной. Современная физика – часть общечеловеческой культуры, истоки которой уходят в далекое прошлое. Всю историю физики можно условно разделить на три основных этапа: древней, классической и современной физики.

Обсуждая первый этап становления физических знаний, мы лишь коснемся наиболее ярких ее страниц.

4.1. Из истории физики. Картины мира мыслителей древности

Как в прошедшем грядущее зреет,
Так в грядущем прошлое тлеет.
А. Ахматова

Первые картины мира, дошедшие до нас из глубины веков, созданы в период V-VI вв. до н.э. Все научные знания тогда объединялись в понятие «философия». Исследователей, которые стали интересоваться природными явлениями, называли натурфилософами (натурфилософия – философия природы). Знания того времени выстраивались на базе повседневных наблюдений и их логическом анализе, а синтетическое мышление определялось целостным восприятием мира. Природа и человек, земля и небо представлялось единым живым организмом. Этот период связан, прежде всего, с именами

философов милетской школы (школа располагалась в г. Милет, древняя Греция). Древние мыслители пытались ответить на вопрос – из чего состоит мир и как он образован, они искали единое в многообразии явлений окружающего мира.

Фалес Милетский (V в. до н.э.), основатель школы, один из первых известных нам выдающихся натурфилософов. Он вошел в историю науки одновременно как естествоиспытатель-философ, сформулировавший проблему субстанции мира, и как математик, выдвинувший идею математического доказательства. Считают, что Фалесу принадлежит доказательство некоторых геометрических теорем, например: круг делится диаметром пополам; в равнобедренном треугольнике углы при основании равны. Фалес один из первых попытался найти, не прибегая к мифам, физическое начало всего сущего. Из всех стихий он выбрал всемогущую и везде распространенную стихию – **воду**, полагая, что вода была началом всего, что из воды произошло все: земля, воздух и живые существа. Другой философ **Анаксимандр (V в. до н.э.)** первоначалом всего сущего считал **«апейрон»** – некое бесконечное и неопределенное начало. Согласно учению Анаксимандра, все состоит из апейрона, из него возникает и периодически возвращается в это первовещество. Находясь во вращательном движении, апейрон выделяет противоположности – влажное и сухое, холодное и теплое. Парные комбинации этих главных свойств образуют землю, воду, воздух и огонь. Последним представителем милетской школы был **Анаксимен (V в. до н.э.)**. Он первоначалом жизни провозглашал **воздух**. По представлению Анаксимена все возникает из воздуха через его разряжение и сгущение. Разряженный воздух превращается в огонь, затем становится эфиром, а сгущаясь, становится последовательно ветром, облаками, водой, землей, а потом камнем.

Не менее чем предыдущие знаменито имя **Гераклита (V в. до н.э.)** из Эфеса. Он полагал, что первичным элементом является **огонь**, который в силу своей активности может преобразовывать все: «на огонь обменивается всё и огонь – на всё, как на золото – товары и на товары – золото». Но главной в учении Гераклита заложена идея *изменчивости вещей*. Ему принадлежит фраза «все течет, все изменяется». За это Гераклит был назван философом изменчивости. В его представлении мир – это непрерывное развитие, непрерывное изменение, обновление существующего. В этом непрерывном изменении огонь становится водой, вода – землей и наоборот. Гераклит впервые ввел идею о противоположностях, считая, что они необходимы друг другу и «порождают такое напряженное состояние, которое, например, создается между луком и тетивой». Идея о том, что противоположность является источником движения и развития, представляет, по существу, первое провозглашение диалектической философии.

Учение и взгляды первых натурфилософов еще наивны, здесь не разошлись естественнонаучные и философские знания, но впервые был поставлен вопрос о происхождении всего сущего и создана картина возникновения и деятельности Вселенной. Все многообразие природных сил объяснялось действием четырех стихий: вода – первоначало сущего, исходное состояние материи; воздух – первоначало жизни, животворящий дух; огонь – космическая энергия созидания и разрушения; земля – первоначало порядка, образо-

вавшегося из хаоса. Необозримость космического пространства гениальным прозрением человека была сведена до семи направлений – четырех сторон света и совсем абстрактной оси мира, идущей от неба через центр земной плоскости в глубины Земли. Земля воспринималась как живой организм, и центр ее – узел жизненных сил. По библейским традициям центр Земли расположен в Иерусалиме, в месте, на котором воздвигнут Иерусалимский храм.

Приложение чисел ко всем областям природы связывают с учением **Пифагора (582-500 гг. до н.э.)**, который создал первую в истории человечества научно-философско-религиозную школу – Пифагорейский союз, оказавшую своими работами значительное влияние на последующее развитие научной мысли. Его школа, активно занимаясь математикой, впервые устанавливает связь математики – науки – философии. Знаменитая теорема Пифагора о прямоугольном треугольнике использовалась египтянами и вавилонянами, используется и в нашей практике.

В основе философии Пифагора лежит учение о числах – понятиях, как о сущностях вещей: «все есть число». Через число выражается связь явлений, весь видимый мир представляется как воплощение этих чисел и все отношения чувственных предметов между собой представляются как отношения заключенных в них чисел. Например, исходя из того, что справедливость состоит в равном и одинаковом отношении ко всем и во всех случаях, и что в квадрате все четыре стороны равны и перпендикулярны, Пифагор символизировал справедливость с квадратом. В греческой философии того времени господствовала безграничная важность правильных геометрических тел. В числах Пифагор видел и ключ к организации и пониманию Вселенной. При этом он опирался на свое открытие, заключающееся в том, что струны, издающие звуки с правильными музыкальными интервалами – октавы, терции, кварты и др., правильно соотносятся по длине. И эта гармония, существующая в музыке, существует и во Вселенной, которая представляет собой гармоничную систему чисел и их отношений. Однако, в пифагорейском учении математическая тенденция идей сочеталась с мистической. Числа они воспринимали как божественное начало, а в исследовании числовых отношений видели средство спасения и очищения души.

При всей своей противоречивости учение пифагорейцев оказало огромное влияние на развитие научных знаний, особенно в области математики. Была разработана теория чисел, выведены формулы простейших арифметических прогрессий и пропорций, совершенствовались приемы геометрического доказательства, открыты математические закономерности теории музыки – и это далеко не полный перечень открытий школы Пифагора. Великим достижением пифагорейцев было открытие несоизмеримости диагонали и стороны квадрата, равной единице (открытие иррациональных чисел, т.е. $\sqrt{2}$). Это открытие имело не только огромное математическое, но и мировоззренческое значение. С появлением бесконечной величины под сомнением оказалась не только идея гармоничности, организованности, измеримости Космоса, но и основная идея пифагорейцев о том, что «мир есть число». В конечном итоге именно это открытие послужило причиной распада школы. Пифагорейцам мы обязаны и тем, что они ввели в астрономию понятия круг и шар. Уже тогда – 20 веков до Коперника – они представляли

Землю в виде шара и считали, что она движется вместе с небесными телами Солнцем и Луной и таинственной протоземлей вокруг постоянно невидимого центрального огня. В общем, деятельность пифагорейской школы заложила самые начала математических и физических наук.

Вершиной античной культуры явилось атомистическое учение **Демокрита (470-460 гг. до н.э.)**. Демокрит предлагал рассматривать Вселенную, как состоящую из маленьких бесчисленных неделимых частиц – атомов (atoms) разной геометрической формы, движущихся в пустоте незаполненного пространства, которые никогда не возникают и не исчезают бесследно. Движением атомов он объяснял все видимые образования и изменения. Демокрит считал, что существует не только бытие, которое он связывал с атомами, но и небытие – пустое пространство. Пустоту он воспринимал как неподвижность и беспредельность, которая не оказывает никакого влияния на бытие, то есть на находящиеся в ней тела. Беспредельная пустота, по его мнению, формирует беспредельную Вселенную. Демокрит впервые сформулировал принцип детерминизма (причинности), согласно которому настоящие события – причины – влекут за собой определенные последствия, являясь в свою очередь следствием предыдущих событий. Исходя из этого, Демокрит считал, что все происходящее в мире причинно обусловлено. Однако он отождествил причинность и необходимость, в результате чего атомистическая теория исключает существование объективной случайности. Теория Демокрита имела в свое время выраженный радикальный характер, так как была материалистической и не обращалась к предопределенным гармониям. Именно этой теории суждено было иметь огромное влияние на науку последующего времени.

Нельзя умолчать о таких именах как Евдокс и Евклид. **Евдокс (408-355 гг. до н.э.)**, используя понятия круг и шар, введенные пифагорейцами, и открытие иррациональных чисел, перешел к изучению линий и площадей. В результате появляется геометрическая алгебра, которую считают чуть ли ни главным вкладом греков в науку. Он объяснял движение Солнца, Луны и планет при помощи концентрических сфер, причем каждое из этих тел, по его определению, вращалось вокруг оси, закрепленной в сфере (теория сфер).

Евклид (III в. до н.э.) создал основы античной математики: элементарной геометрии, общей теории отношений, метода определения площадей и других разделов. Его работы, изложенные в 15 книгах, названных «Начала», оказали огромное влияние на развитие математики. Его геометрия до сих пор носит имя автора – евклидова геометрия, которая исходит из ряда интуитивных представлений, принятых за очевидное (т.е. из аксиом), например, аксиома о непересекающихся параллельных прямых. Уже в то время Евклид прямую линию рассматривал как линию нулевой кривизны и как кратчайшее расстояние между двумя точками. Современная математика признает евклидову геометрию и считает ее одной из многих мыслимых геометрий, каждая из которых справедлива в пространстве определенной кривизны. Евклидова геометрия успешно используется в расчетах и в наше время потому, что кривизна пространства на доступных нам расстояниях очень мала.

Вершиной греческой философии считается **Аристотель (384-322 г. до н.э.)**. Аристотель был и логиком, и ученым, и философом. По широте знаний он был *энциклопедистом*. Своими работами он внес значительный вклад в физику, космогонию, биологию, математику, этику, риторику и другие науки, по существу он основал эти предметы в качестве формальных дисциплин. Он впервые организовал систему исследования, создав Ликей, слушатели которого собирали сведения почти обо всем: о камнях, растениях и животных, о стихах и прозе, т.д.

Развивая учение по физике, Аристотель впервые разработал, хотя и противоречивые, представления о движении, т.е. заложил основы современной механики. Так, он различал движение небесных и земных тел. Движение небесных тел он считал совершенным, потому что оно происходит равномерно-вращательно по кругу, не имеет ни начала, ни конца и не имеет материальной причины. Движения земных тел – несовершенны, так как подвержены изменениям. Эти движения он разделил на естественные и насильственные. Первые из них происходят сами собой (тяжелое тело падает на землю, легкое, например, огонь, летит вверх), а вторые требуют приложения силы. В его представлении прямолинейные равномерные движения также происходят под действием силы. Аристотель не дает, и не мог в то время дать, правильного ответа на вопрос, что же вызывает движение (этот ответ был сформулирован через столетия), но важно то, что он его ставит.

Обладая четкой логикой мышления и широтой знаний, Аристотель впервые создал упорядоченную философскую систему. Он был любимым учеником Платона, но отверг идеалистическую теорию идей учителя, подвергнув ее критике. В противовес Платону, Аристотель утверждал, что сущность заключена в самих вещах, что она не существует отдельно, то есть он не сомневался в реальности внешнего мира и считал, что в основе мироздания лежит «первая материя».

Аристотель создает первую научно-философскую картину мира. Мир Аристотеля состоит из пяти стихий – земли, воды, воздуха, огня и эфира. Материя в его понимании – это то, «из чего вещь состоит», и то «из чего вещь возникает», причем материя делима до бесконечности. Все многообразие веществ на земле Аристотель конструирует из таких активных качеств-элементов, как холодное и теплое, и таких пассивных, как сухое и влажное. Земля – это сочетание холодного с сухим, огонь – теплого с сухим, воздух – теплого с влажным, вода – холодного с влажным. Эти четыре элемента существуют на Земле, где все бесконечно меняется, где наблюдаются различные виды движения: возникновение, уничтожение, перемещение в пространстве прерывное и непрерывное, равномерное и неравномерное. Каждая из стихий имеет свое место. В центре мира находится земля, которая образует нашу планету. Земля неподвижна и имеет форму шара. Вокруг земли распределяются вода, воздух и огонь. Огонь распространяется до Луны, за которой находится небесный мир, принципиально отличающийся от земного. Небесный мир не пустой, все его тела и он сам состоят из некоего вещества – эфира. Эфир вечен, он не меняется и не превращается в другие элементы. Все

планеты имеют геоцентрические небесные сферы, сочлененные друг с другом своими осями вращения, и вращаются вокруг Земли идеально по кругу. Они совершают только равномерное непрерывное круговое движение вокруг Земли. Земля тоже имеет ограничивающую ее небесную сферу. Вне Вселенной Аристотеля находится только бог – перводвигатель, который придает движение сферам. Итак, в ограниченной сферической Вселенной, вечной во времени и движении, Земле определялось особое центральное положение и абсолютная неподвижность. Эта картина мира получила название *геоцентрической*.

Геоцентрическая картина мира, построенная Аристотелем, была завершена александрийским астрономом **Клавдием Птолемеем (IV в до н.э.)**, который создал математическую теорию видимого движения планет и представил ее в своем сочинении «Альмагест». В теории Птолемея Земля оставалась шарообразной и неподвижной, она занимала центральное положение во Вселенной и колоссально удалена от сферы небесных тел, которые совершали равномерные круговые движения вокруг Земли. Птолемей пытался объяснить неравномерное видимое движение небесных тел. Он предполагал, что вокруг неподвижной Земли находятся окружности – деференты и эпициклы, центры которых несколько смещены относительно центра Земли. Именно по этим окружностям происходит движение небесных тел. Эта теория позволила ему вычислять сложные петлеобразные движения планет.

Картина мира, которую создали Аристотель и Птолемей, продержалась в науке почти два тысячелетия. Тезис Аристотеля о неизменности мира был принят на вооружение церковью, и благодаря огромному авторитету Аристотеля ионийская точка зрения об эволюционном развитии природы надолго была забыта. Однако, переход от эгоцентризма (эго – я, сам), когда человек считал себя центром Вселенной, к точке зрения, поставившей в центр Вселенной Землю, совершенный с помощью учения Аристотеля, представляет собой очень трудный, но важный шаг в развитии естествознания. Этот период характеризуется как время **первой естественнонаучной революции,** которая привела к изменению взгляда на мир, Вселенную и утверждению геоцентрической картины мира.

Итак, греческая философия была еще не готова представить реальную картину мира, но несмотря на кажущуюся наивность, отсутствие эксперимента и четких математических расчетов, поставила практически все основные проблемы, касающиеся развития естествознания, строения материи и материального мира, проблемы движения, жизни, эволюции и др. Замечательно то, что несмотря на все утраты в последующие мрачные века средневековья, времена инквизиции, наука этого периода сохранилась в достаточной мере, чтоб вдохнуть жизнь в науку спустя почти 2000 лет. Значение древнего этапа развития науки для современной физики определил сам Аристотель: «Все места находятся внутри других мест, а все времена находятся внутри других времен».

Контрольные вопросы

1. Перечислите наиболее известных натурфилософов милетской школы.
2. Почему философов милетской школы считают материалистами?
3. Как Вы понимаете кредо школы Пифагора – «все есть число»?
4. В чем смысл атомистической теории Демокрита?
5. Кто является основателем геометрии?
6. Почему геоцентрическую систему мира Аристотеля считают первой естественнонаучной революцией в естествознании?
7. Каковы достоинства учения Аристотеля и его значение для современной науки?

Темы для рефератов

1. Достоинства и недостатки взглядов на устройство мира натурфилософов 6-3 вв. до н.э.
2. Значение учения Аристотеля для развития научных знаний. Гениальность и противоречивость его учения.

4.2. Этап классический физики

С появлением экспериментального естествознания и научной астрономии в эпоху Возрождения (XV-XVI вв.) была показана явная несостоятельность геоцентрической системы Аристотеля-Птолемея. В этот период среди других наук именно физика добилась наибольшего прогресса в развитии и накоплении знаний. Новые взгляды на окружающий мир стали уже основываться на результатах и выводах эксперимента, в результате чего стала формироваться естественнонаучная физическая картина мира.

4.2.1. Рождение гелиоцентрической системы мира

Твердили пастыри, что вреден
И неразумен Галилей,
Но как показывает время,
Кто неразумней – тот умней.
Зачем их грязью покрывали?
Талант – талант, как не клейми,
Забыты те, кто проклинает,
Но помнят тех, кого кляли.

Е. Евтушенко

Геоцентрическая система Птолемея, сложная и несовершенная, созданная на основе аристотелевской теории, оказалась не в состоянии объяснить появляющиеся новые результаты астрономических исследований. По-

пытки усовершенствования этой системы привели лишь к ее усложнению. Создание же новой теории планетной системы стимулировалось нуждами популярной тогда астрологии и необходимостью реформы календаря и составления более точных таблиц движения небесных тел, имеющих важное значение в мореходной практике.

Польскому ученому-астроному **Николаю Копернику (1473-1543 гг.)** суждено было начать великую революцию в астрологии, повлекшую за собой революцию во всем естествознании. Он был хорошо знаком не только с сочинениями Аристотеля и Птолемея, но и с сочинениями древнегреческих мыслителей, математиков и философов, в том числе и **Аристарха Самосского (IV-III вв. до н.э.)**. Аристарх Самосский разработал первую простейшую гелиоцентрическую модель с равномерными движениями Земли, Луны и всех планет по концентрическим круговым орбитам вокруг неподвижного Солнца, занимающего центральное положение. Анализируя и сопоставляя эти учения, Коперник взял из них рациональное зерно и, в отличие от своих предшественников, взглянул по-новому на весь тысячелетний опыт развития астрономии, отказавшись от самого геоцентрического принципа. Стремление найти простоту и гармонию, внутреннее единство и системность в природе привели его к гелиоцентрической системе.

В 1543 г. вышло в свет сочинение Коперника «О вращении небесных сфер» – одно из величайших творений в истории человеческой мысли. В этой книге изложена математическая теория сложных видимых движений Солнца, Луны, пяти планет и сферы звезд с соответствующими математическими таблицами и приложением каталога звезд. В центре мира Коперник поместил Солнце. Земля же была переведена в ранг «подвижных звезд». Она вместе с другими планетами вращалась вокруг Солнца и одновременно вращалась вокруг своей оси. Включив Землю в число небесных тел, которым свойственно круговое движение, Коперник высказал очень важную мысль о движении как естественном свойстве небесных и земных объектов, подчиненном некоторым общим закономерностям единой механики. Тем самым был нанесен сокрушительный удар геоцентрической системе Аристотеля, утверждающей неподвижного «перводвигателя» – бога, якобы приводящего Вселенную в движение, и утверждалась идея материального единства мира, согласно которой законы, управляющие развитием Вселенной, можно изучать и на Земле. С выходом книги Коперника в науке началось формирование представлений об иной – **гелиоцентрической системе мира.**

Революционное значение гелиоцентрического принципа состояло в том, что он представил движение всех планет как единую систему и объяснил многие ранее непонятные эффекты. Так, например, теория Коперника объяснила причину суточного движения небосвода. Петлеобразные движения планет теперь объяснялись годичным движением Земли вокруг Солнца. В различии размеров петель (радиусов соответствующих эпициклов) Коперник увидел отображение орбитального движения Земли: наблюдаемая с Земли планета должна описывать видимую петлю тем меньшую, чем дальше она

от Земли. Впервые получила объяснение смена времени года: Земля движется вокруг Солнца, сохраняя неизменным в пространстве положение оси своего суточного вращения. Впервые в истории астрономии Коперником были рассчитаны с достаточно высокой точностью расстояния планет от Солнца. Система Коперника была проще и точнее системы Птолемея, и ее сразу же использовали для практических целей: были составлены «Прусские таблицы», а в 1582 г. 5 октября (оно стало15 октября) провели реформу календаря – был введен новый григорианский стиль, которым мы пользуемся и по сей день.

Теория Коперника содержала в себе колоссальный творческий и мировоззренческий потенциал, который заключался даже не в том, что она была проще и точнее геоцентрической системы Аристотеля – Птолемея, могла предсказывать движение светил, а в том, что она представляла мир не замкнутым и позволяла расширять и познавать его до бесконечности. Своим учением Коперник бросил вызов церкви, и с этого времени начинает свое летоисчисление освобождение естествознания от теологии. Теория Коперника стала основой становления нового научного мировоззрения (механистической картины мира) и явилась революционной предпосылкой в развитии знаний физики, которые сформировались в первую естественнонаучную фундаментальную теорию – классическую механику.

При жизни Коперника его учение не было признано, так как церковь яростно преследовала всякое инакомыслие. Сам Коперник избежал инквизиции лишь потому, что оказался на смертном одре в год опубликования результатов своих работ. Утверждение учения Коперника, мировоззренческие и теоретические выводы из гелиоцентризма, его развитие и совершенствование – это заслуга ученых следующего поколения. Этот период связан с такими великими именами как Тихо Браге, Джордано Бруно, Иоган Кеплер, Галилео Галилей и др.

Джордано Бруно (1548-1600 гг.), итальянец по происхождению, поэт, великий мыслитель и философ, отличный оратор был хорошо знаком не только с теорией Коперника, но и с системой Птолемея, материалистическими учениями древнегреческих мыслителей о бесконечности Вселенной. Большую роль в формировании взглядов Бруно сыграло знакомство с идеями Николая Кузанского, который утверждал, что ни одно тело не может быть центром Вселенной в силу ее бесконечности. Широкая эрудиция, смелость мысли, свобода духа привели Бруно к формированию своей концепции множественности планетных систем в бесконечной Вселенной.

Бруно отвергал замкнутую сферу звезд, центральное положение Солнца во Вселенной и провозглашал тождество Солнца и звезд, множественность «солнечных систем» в бесконечной Вселенной, множественную населенность Вселенной. Он утверждал изменяемость всех небесных тел, полагая, что существует непрерывный обмен между ними и космическим веществом, а так же общность элементов, составляющих Землю и все другие

небесные тела, считая, что в основе всех вещей лежит неизменная, неисчезающая первичная материальная субстанция.

Именно Бруно принадлежит достаточно достоверный прототип современной картины вечной, никем не сотворенной, вещественной единой бесконечно развивающейся Вселенной с бесконечным числом очагов Разума в ней. В сравнении с ней теория Коперника оказывается не теорией Вселенной, а представляется лишь одной из множества планетных систем Вселенной.

Несмотря на постоянные преследования церкви, Бруно открыто и страстно проповедовал это смелое учение в своих лекциях, которые читал в университетах Италии, Франции, Англии, Германии, в бурных диспутах с профессурой того времени и представителями церковных кругов. Это и определило его трагическую судьбу. Бруно был осужден. Семь лет он томился в ужасных тюрьмах инквизиции, ибо судьи надеялись на то, что он отречется, наконец, от своих научных убеждений. Однако для Бруно это оказалось нравственно невозможным, он предпочел смерть отречению от своей философии. В 1600 г. Бруно был сожжен на Площади Цветов в Риме. Ныне на том месте воздвигнут памятник с посвящением «От столетия, которое он предвидел, на том месте, где был зажжен костер».

В дальнейшее развитие астрономии большой вклад внесли работы датского ученого, блестящего астронома-наблюдателя **Тихо Браге (1546-1601 гг.)**. В 1580 г. на острове Вен в Дании с активным участием Браге была открыта новая астрономическая обсерватория, оснащенная современным для того времени оборудованием. Здесь на протяжении 20-и лет он проводил систематические наблюдения и исследования, определения положения небесных объектов, точность которых восхищает и по сей день. Имея в руках огромный экспериментальный материал, Браге все же не удалось, создать новую гелиоцентрическую теорию, хотя он прекрасно сознавал недостатки геоцентризма Птолемея. Согласно разработанной им системе, Солнце движется по эксцентрической окружности вокруг неподвижной Земли, а планеты обращаются вокруг Солнца. Сдвинуть с места Землю Браге не смог. Перед смертью Браге завещал все свои рукописи, содержавшие результаты многолетних наблюдений, своему ученику, немцу по происхождению **Иогану Кеплеру (1571-1630 гг.)**, который должен был продолжить его дело. Кеплер пошел дальше своего учителя.

Величие открытий Кеплера сравнимо с открытиями Коперника. Коперник смог отречься от геоцентризма, а Кеплер посмел вторгнуться в область исследования, ранее запретную для науки, и осмелился посягнуть на древнейший космологический принцип: он переосмыслил существовавшее до него представление о «естественном» круговом, равномерном движении небесных тел.

В своем стремлении постичь тайны сотворения мира молодой Кеплер, уверенный в существовании числовой гармонии Вселенной, сначала пытался объяснить орбиты движения планет, используя для этого пять известных тогда правильных многогранников Пифагора: он вписывал в многогранники

сферы планет и пытался математически связать с орбитами их движения. Последующие многолетние математические расчеты, анализ, обобщение и глубокое осмысление своих собственных астрономических наблюдений и математически обработанных наблюдений Тихо Браге за движением планеты Марс, привели Кеплера к открытию законов планетных движений.

В 1605 г. Кеплер формулирует два закона движения планет. **Первый закон Кеплера утверждает, что каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце, а не по кругу**, как считали ранее и как считал Коперник**. Согласно второму закону, радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете, в равные промежутки времени описывает равные площади**. Из этого закона следовал вывод о том, что скорость движения планеты по орбите не постоянна и она тем больше, чем ближе планета к Солнцу. Эти два закона зачеркнули теорию круговых равномерных движений в космосе. Кеплер ввел расчетные параметры, позволяющие определить орбиту планеты, и вывел уравнение для определения положения планеты на орбите в заданный момент времени (уравнение Кеплера).

Позднее, в 1619 г., Кеплер формулирует еще один – **третий закон: квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от него**. Этот закон устанавливает универсальную зависимость между периодами обращения планет и средними расстояниями их от Солнца. На основании своих наблюдений он установил, что с удалением от Солнца периоды обращения планет увеличиваются быстрее, чем радиусы их орбит, то есть скорость движения планет уменьшается. Разумное объяснение наблюдаемых фактов Кеплер нашел в гелиоцентрической теории, предположив, что сила, движущая планетами, сосредоточена в Солнце – центре планетной системы. Тогда следует, что, чем дальше расстояние планеты от Солнца, тем меньше его влияние и меньше скорость обращения планеты. Свои расчеты, приведшие к открытию законов движения планет, Кеплер изложил в двух книгах «Новая астрономия» (1609) и «Гармония мира» (1619). Кеплеру принадлежит так же теория солнечных и лунных затмений, способы их предсказаний.

Открытие законов движения планет Кеплером имело неоценимое значение для развития естествознания. Он разработал теорию движения планет и математический аппарат расчета их орбит, которые используются с определенными уточнениями и в наше время. Кеплер впервые поставил вопрос о существовании и природе физических сил, вызывающих движение небесных тел. Однако, он не смог правильно объяснить механизм действия этих сил. И это неудивительно, так как не существовало еще понятий силы и взаимодействия, а механика делала только свои первые шаги.

Итальянский ученый, выдающаяся личность переходной эпохи от Возрождения к Новому времени, **Галилео Галилей (1564-1642 гг.)** заслуженно считается «отцом современного естествознания», поскольку именно он своими работами заложил основы первой фундаментальной естественнонаучной теории – классической механики.

Галилей был последователем учения Коперника. Свое творчество он видел в физическом обосновании гелиоцентризма и возможности математического постижения мира. Бессмертной заслугой Галилея явилось то, что он впервые применил для исследования экспериментальный метод с измерениями исследуемых величин и математической обработкой результатов измерений. Опираясь на наблюдения и эксперимент, Галилей сделал то, что не удавалось до него никому. Он выявил характер движения тел, и дал математическое описание движения тел, представленное им в книге «Диалог о двух новых науках».

Он сформулировал **закон инерции для равномерного прямолинейного** (а не кругового, как у Аристотеля) **движения земных тел по ее поверхности. Суть закона заключается в том, что тело, не подверженное воздействию каких-либо внешних сил, будет двигаться не по кругу, а равномерно по прямой траектории или оставаться в покое, а свободное движение по горизонтальной плоскости происходит с постоянной по величине и направлению скорости.**

Выработал понятие **инерциальной системы** и сформулировал **принцип относительности движения**, согласно которому в системах, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга (инерциальные системы) все протекающие процессы подчиняются одним и тем же законам механики.

Он разграничил понятия равномерного и неравномерного ускоренного движения. Галилей первым выяснил, что в обычных условиях тела падают не только под действием силы тяжести, но и сил сопротивления воздуха. Этим он опроверг воззрение Аристотеля о том, что под действием силы тяжести тяжелые тела падают быстрее, чем легкие, которое продержалось в науке в течение почти двух тысяч лет. Сформулировал понятие ускорения (скорость изменения скорости). Галилей установил, что в отсутствие сопротивления, все **свободно падающие тела движутся с постоянным ускорением (g) равным 9,81 м/с^2**, т.е. равноускоренно. Как выяснилось позднее, это **ускорение свободного падения тел обеспечивается практически только силами притяжения Земли**. В данной точке Земли для всех тел g одинаково, а на разных широтах отличается, изменяясь примерно от 9,83 м/с^2 на полюсе до 9,78 м/с^2 на экваторе. Среднее значение g, которое чаще всего фигурирует в расчетах, равно 9,81 м/с^2. Галилей практически обосновал закон равномерно-ускоренного свободного падения тел независимо от их веса, когда это падение происходит в идеальных условиях (без сопротивления), и решил физическую идею о скорости движения, доказав, что конечная скорость тела, падающего из состояния покоя, пропорциональна ускорению и определяется высотой падения к данному моменту, как

$$v^2 = 2gh,$$

где v – скорость, h – путь, пройденный телом.

Велики заслуги Галилея и в астрономических наблюдениях. С помощью изобретенной им подзорной трубы, он совершил ряд выдающихся астрономических открытий. Он воочию наблюдал описанную Коперником мо-

дель планет, он видел Юпитер, Сатурн и вращающиеся вокруг него маленькие «Луны» – спутники. Видел Млечный Путь, в котором можно было различить группы звезд и отдельные звезды. Обнаружил горы и глубокие впадины на Луне и пятна на Солнце. Все это уже неоспоримо подрывало прежнюю веру в совершенство небесного космоса и практически, наглядно подтверждало учение Коперника. К тому же, Галилей, читая лекции в университете, пропагандировал свое учение, которое поддерживало точку зрения Коперника. За это церковь дважды возбуждала дело против Галилея. После первого процесса в 1616 г. Галилей вынужден был перейти к методам «нелегальной борьбы» за учение Коперника. Он продолжил исследование законов движения тел под действием сил в земных условиях, результаты которых представил в книге «Диалог о двух системах мира», опубликованной в 1632 г., которая вызвала восторг в научных кругах всех стран и бурю негодования среди церковников. Иезуиты начали второй процесс против Галилея, пригрозив уничтожить не только его самого, но и все его труды. Галилей остался жив лишь только потому, что ценой тягчайшей моральной пытки отрекся от учения Коперника. Но спустя пять лет (1638), он опубликовал свой труд «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых наук», которая стала научной сенсацией века. Исследования Галилея легли в основу классической механики.

Законы Галилея и Кеплера, с помощью которых стали объяснять явления окружающего мира, послужили утверждению нового мировоззрения, они заложили надежный фундамент динамики и методологии классической физики и классического естествознания. Формирующаяся на основе законов механики картина мира получила название механистической.

Среди создателей механистической картины мира необходимо отметить работы французского философа, математика, физика, анатома – **Рене Декарта (Картезий) (1596-1650 гг.)**. Декарт разработал рационалистическую методологию теоретического естествознания, предложив новые математические подходы к решению задач геометрии и оптики. Решая задачу представления геометрических характеристик (положение точки в пространстве, расстояние между точками и др.) числовыми отношениями, он создал аналитическую геометрию. Он ввел систему координат, носящую до сих пор название декартовой, ввел многие алгебраические обозначения, сформулировал понятие переменной величины и др., обеспечив в то время существенный прогресс в математике.

Основу механистического мировоззрения Декарта составляет идея тождества материальности и протяженности: однородное пространство – это то же, что и протяженная материя. Этот мир не имеет границ. Все изменения, происходящие в пространстве, сводятся к механическому перемещению. «Дайте мне материю и движение, и я построю мир» – говорил Декарт. Эта фраза стала лозунгом картезианской физики, названной так в честь ее создателя.

Декарт создал первую новоевропейскую теорию происхождения Вселенной, поэтому его считают основоположником научной космогонии. Де-

карт допускает, что природа была создана Богом в виде первоначального хаоса, которому присуще движение. В дальнейшем же развитии мира Бог не принимает участия, мир **развивается** по естественным законам. Однородная материя хаоса способна дробиться на части. Благодаря взаимодействию частиц из первоначального хаоса рождаются вихревые движения. Солнечная система представлялась огромным материальным вихрем, в центре которого находилось Солнце. Центрами других вихрей, вращающихся вокруг Солнца, являлись планеты, вокруг которых в подчиненных им вихрях кружились Луны (спутники). Движение тел Декарт рассматривал как форму существования материальных тел, причем именно движение, согласно его учению, определяет размеры и форму тела. По Декарту за счет механического перемещения происходит формирование живых организмов из неорганических веществ. Он впервые высказал мысль о сохранении количества движения. Космогоническая теория Декарта была далека от совершенства, она была умозрительной, математически не обоснованной, она хорошо объясняла суточное движение планет вокруг Солнца, но не согласовывалась с законами Кеплера. И все же теория вихрей, опубликованная в 1644 г. в книге «Начала философии», произвела большое впечатление на современников. Смелая для той эпохи идея эволюционного развития мира, представленная Декартом, оказала серьезное влияние на дальнейшее развитие физики. В течение длительного времени кортезианство конкурировало с более прогрессивным по тому времени ньютонианством.

4.2.2. Становление классической теоретической физики

Кто не знаком с законами движения.
тот не может познать природы.
Г. Галилей

К середине XVII в. гелиоцентрическая теория окончательно победила геоцентризм. Теория Коперника была признана научной общественностью и стала рассматриваться как теория действительного строения Вселенной. На повестке дня оказалась проблема физического обоснования гелиоцентризма, и в середине XVII в. астрономическая революция закономерно перерастает в физическую революцию, которую успешно совершил английский физик Исаак Ньютон.

Исаак Ньютон (1643-1727 гг.), физик, англичанин по происхождению, родился в год смерти Галилея. Великий Ньютон унаследовал все методы, знания, новые идеи, обобщил опыт предыдущего поколения и создал стройную теоретическую систему знаний – теорию классической механики (ньютоновской механики). В основе метода Ньютона лежит экспериментальное установление точных количественных закономерных связей между явлениями и выведение из них общих законов природы. Ньютоном разработан и внедрен количественный подход к описанию движения. Для этого он создал

свой вариант (одновременно с Лейбницем) дифференциального и интегрального исчисления, определил понятия массы, силы, ускорения. Ньютон открыл и точно сформулировал основные законы динамики: первые два закона – это математически выраженные открытия Галилея, и третий закон открыт Ньютоном. Вершиной научного творчества Ньютона явилась теория тяготения, выраженная с помощью универсального закона всемирного тяготения. Эти основные законы движения называют законами Ньютона. Ньютон, оценивая свой труд и отдавая должное труду своих предшественников, сказал: «Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов». Свои взгляды Ньютон представил в трехтомнике «Математические начала натуральной философии», изданном в 1687 г.

Вспомним законы Ньютона.

Первый закон Ньютона гласит: всякое тело (материальная точка или Вселенная) продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока на него не действуют другие тела. Стремление тела сохранить состояние покоя или прямолинейного равномерного движения называется **инерцией.** Поэтому первый закон Ньютона называют **законом инерции**. Этот закон может выполняться только в модельных системах – в идеальных условиях, когда отсутствует трение. Математически закон инерции выражается так:

$a = 0$, если $F_{рез} = 0$

Из первого закона вытекает следствие о существовании системы отсчета, в которой наша система двигается с постоянной скоростью. Такая система называется **инерциальной.** В качестве универсальной инерциальной системы отсчета была выбрана система, центр которой совмещен с Солнцем, а оси направлены на конкретные звезды. Она называется **гелиоцентрической** системой отсчета. Все другие системы отсчета, двигающиеся равномерно и прямолинейно относительно гелиоцентрической, называются теперь инерциальными.

Второй закон Ньютона гласит: ускорение, приобретаемое телом (материальной точкой), пропорционально вызывающей его силе, обратно пропорционально массе тела (материальной точки) и направлено по направлению действия силы. Для выведения этого закона Ньютон конкретизировал понятия массы, ускорения, силы и математически записал его формулой

$$a = F/m$$

где, F – равнодействующая всех сил, действующих на тело, m – его масса, a – ускорение, полученное телом под действием силы F.

Появление ускоренного движения, которое отражает этот закон, – новое качество системы, существенно отличающееся от состояния покоя и равномерного движения. Появление ускорения в физике связывают с действием сил. Сила является мерой механического воздействия на тело со стороны других тел. Это величина векторная, она определяется численно модулем, направлением в пространстве и точкой приложения. В связи с этим, скорость

движущегося тела тоже является величиной векторной и может менять направление и модуль в зависимости от направления действия силы. Согласно второму закону, любое изменение естественного состояния покоя или равномерного прямолинейного движения имеет насильственный характер.

С проявлением второго закона Ньютона мы встречаемся на каждом шагу, например, сила разгоняет поезд с тем меньшим ускорением, чем больше масса поезда; отталкивая от берега с одинаковой силой пустую и груженую лодку, мы будем наблюдать более быстрое движение первой из них.

Третий закон Ньютона – закон равенства действия и противодействия – утверждает, что действие всякого тела на другое тело порождает равное ему по величине и обратное по направлению противодействие:

$$F_{12} = -F_{21},$$

где F_{12} – сила, действующая на первую материальную точку со стороны второй; F_{21} – сила, действующая на вторую материальную точку со стороны первой.

Эти силы приложены к разным телам (материальным точкам) и всегда действуют парами вдоль прямой, соединяющей эти тела (точки). Они всегда равны по модулю, но противоположно направлены. Действие этого закона постоянно обнаруживается в жизни. Например, когда мы приводим в движение любой предмет, мы всегда прикладываем усилие потому, что предмет как бы отталкивает нас; или, когда мы открываем тяжелую дверь, то всегда чувствуем, что дверь тянет нас к себе.

Если мы возьмем две шайбы, между которыми находится сжатая пружина, и отпустим пружину, то шайбы разлетятся в противоположные стороны. С точки зрения третьего закона Ньютона это взаимодействие можно записать выше приведенной формулой. Если массы шайб обозначить как m_1 и m_2, скорость их движения – v, а время движения – t, то

$m_1 dv_1/dt = -m_2 dv_2/dt$ или $m_1 dv_1/dt + m_2 dv_2/dt = 0$.

Произведение массы тела на скорость его движения называют **импульсом** и обозначают как P. Пользуясь понятием импульса, наше уравнение можно записать следующим образом

$$m_1 dv_1/dt + m_2 dv_2/dt = d/dt\,(mv_1) + d/dt\,(m_2v_2) = d/dt\,(p_1 + p_2) = 0,$$

где $p_1 + p_2$ – полный импульс пары материальных точек.

Таким образом, производная полного импульса двух взаимодействующих тел (материальных точек) равна нулю. Следовательно, вектор полного импульса точек должен быть постоянным. Это утверждение названо **законом сохранения импульса**. В общем случае закон сохранения импульса читается так: полный импульс замкнутой системы остается постоянным во времени. В данном случае мы его получили как следствие второго и третьего законов Ньютона. Если этот закон распространить на совокупность материальных точек, между которыми существуют силы взаимодействия, то для каждой пары совокупности должен выполняться третий закон Ньютона, и полный импульс такой системы материальных точек, равный векторной сумме импульсов отдельных составляющих, тоже должен быть постоянным. И если в системе в начальный период все точки находились в состоянии по-

коя или равномерного движения, то под действием внутренних сил они будут двигаться так, что их полный импульс по-прежнему будет равен нулю. Тогда, такая система как, например, Вселенная, сама по себе должна по инерции пребывать в своем естественном состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Из закона следует, что нельзя вызвать движение одного тела не вызвав одновременно противоположно направленного движения другого, взаимодействующего с первым, тела. Так, если из заряженной пушки, масса которой *M*, произведен выстрел снарядом массой m, то согласно третьему закону Ньютона, пушка и снаряд должны двигаться в разные стороны. Согласно закону сохранения импульса $M V = - m v$, где V – скорость движения ствола, а v – скорость движения снаряда. Отсюда следует, что при взаимодействии двух объектов не только возникает их противоположно направленное движение, но их относительные скорости движения определяются отношением масс. В нашем случае изменение состояния движения пушки незначительно, так как она обладает большей массой, и в результате остается на месте (в практике всегда рассчитывается сила отдачи), а снаряд с меньшей массой приобретает ускорение и летит. Иногда изменение состояния движения другого тела, т.е. ускорение, настолько незначительно, что им можно пренебречь. Ярким примером такого взаимодействия является передвижение человека по земле, отталкиваясь от нее ногами. В этом случае Земля должна вращаться в противоположную движению человека сторону. Однако масса Земли несоизмеримо больше массы человека и ее смещение будет настолько ничтожно, что не имеет практической значимости.

Ни одно из ранее сделанных научных открытий не оказало такого влияния на дальнейшее развитие естествознания, как открытие **закона всемирного тяготения. Закон гласит: все тела, независимо от их свойств и от свойств среды, в которой они находятся, испытывают взаимное притяжение, прямо пропорциональное их массам и обратно пропорциональное квадрату расстояния между ними:**

$$F = G\, m_1\, m_2 / r^2$$

где F – сила всемирного тяготения,

G – гравитационная постоянная равная $\approx 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ м^{3}с^{2}кг$^{-1}$, m_1, m_2 – взаимодействующие массы, r – расстояние между ними.

Показатель степени расстояния в знаменателе точно равен двум, это соответствует свойствам трехмерного евклидова пространства. Сила F, с которой две материальные точки притягивают друг друга, направлена вдоль прямой, проходящей через эти точки.

Закон получил огромный масштаб обобщения, впервые достигнутый естествознанием. Как показал Ньютон, этот закон описывает не только движение тел на Земле, он справедлив и для объяснения движения тел в космосе. Закон тяготения Ньютона стал всемирным, он вскрыл важные свойства Вселенной. Так вечные обращения небесных тел по одним и тем же замкнутым эллиптическим орбитам, например, вращение Луны вокруг Земли, стали

рассматривать как насильственное движение, обусловленное универсальной силой всемирного тяготения. Гравитационная постоянная оказалась универсальной – одинаковой и на Земле, и в космосе.

Обосновав свои законы, Ньютон практически представил единую теорию движения земных и небесных тел. Он создал теоретические основы физики и небесной механики, изучающей движение тел Солнечной системы, хотя и не касался причин тяготения, считая их делом дальнейших исследований. Доказанное теперь вращение Земли, равно как и других планет, вокруг своей оси, одновременно вращающихся вокруг Солнца, заставило изменить систему отсчета движения планет, перенести ее с Земли и совместить с Солнцем. **Длительное формирование новой точки зрения на мир нас окружающий, приведшее к созданию гелиоцентрической системы, вместо геоцентрической, классифицируют как вторую глобальную естественнонаучную революцию** в естествознании.

Формирование основ классической механики – величайшее достижение естествознания XVII в. Классическая механика была первой фундаментальной естественнонаучной теорией и легла в основу классической физики. В течение двух последующих столетий она выступала единственным теоретическим обоснованием физического познания. На ее фундаменте формировались многие методы научных исследований в различных областях естествознания. Классическая механика стала ядром естественнонаучной механистической картины мира.

4.2.3. Механистическая картина мира. Принцип дальнодействия

Исчисленный Лапласом и Ньютоном,
Мир стал тончайшим синтезом колес,
Эллипсов, сфер, парабол – механизмом,
Себя заведшим раз и навсегда
По принципам закона сохранения
Материи и Силы.

М. Волошин

Механистическая картина мира создавалась научными работами XVI-XVII вв. Родоначальником ее считается Галилей, а создателем Ньютон, который сформулировал основные идеи, понятия и принципы, составившие **механистическую картину мира.**

Основополагающим вопросом любой картины миры является вопрос о материи и видах ее существования.

На основе господствовавшего в то время атомизма, согласно которому весь мир, включая человека, воспринимался как совокупность мельчайших неделимых частиц-атомов, сформировалось представление о материи как

вещественной дискретной субстанции. Ее составные части атомы (корпускулы) представлялись мельчайшими, неделимыми частицами. Движение считалось основным свойством частиц. Законы, по которым совершались эти движения (законы механики), Ньютон считал фундаментальными законами мироздания. Согласно законам механики, все тела обладают внутренним врожденным свойством двигаться равномерно и прямолинейно. Мерой этого свойства – инертности – является масса. Отклонения от прямолинейного равномерного движения всегда связаны с внешним воздействием – действием силы. Среди других сил, сила тяготения является универсальным свойством тел.

Взаимодействие тел, согласно Ньютону, происходит по принципу дальнодействия, то есть мгновенно на любом расстоянии, без материальных посредников. Эта концепция предполагает понятия пространства и времени как особых сред, вмещающих взаимодействующие тела. Ньютон предложил концепцию абсолютного пространства и времени. **Пространство – это «черный ящик»**. Оно существует и будет существовать всегда. Оно остается, даже если исчезнут все тела. **Время в этом пространстве существует независимо от материи, оно одномерно – течет в одном направлении от прошлого к будущему, это лишь длительность процессов**. Сама Вселенная бесконечна в пространстве и времени и неизменна со дня ее сотворения. В этом мире присутствие человека ничего не меняет. Жизни и разуму не отводится никакой качественной особенности.

Сформировавшаяся классическая механика, основанная на дифференциальном и интегральном исчислении, открытых законах движения, могла уже решать сложные задачи интенсивно развивающейся в то время техники. С использованием ее принципов и законов стали объяснять и успешно описывать различные процессы и явления, как в космосе, так и на Земле, в живых и неживых системах, поэтому сложившаяся картина мира получила название механистической и стала рассматриваться универсальной.

4.2.4. Принцип детерминизма

Механические процессы успешно выражались точными математическими формулами и уравнениями. При решении уравнений, описывающих движение системы, в которых заданы начальные условия, можно получить точную характеристику движения системы в любой будущий момент времени. Обобщение этого положения привело к формулировке нового положения о том, что будущие события предопределены начальными условиями.

Практически это означало, что все события, происходящие вокруг нас, подчиняются только механическим законам и силовым воздействиям и происходят с фатальной неизбежностью, которая определяется начальными условиями. **При механистической картине окружающий нас мир, вся природа в целом, понималась как гигантская механическая система (ее сравнивали с часовым механизмом), функционирующая по законам**

классической механики, в которой все последующие состояния точно и однозначно определялись предыдущим состоянием, т.к. все механические процессы подчинялись жесткому детерминизму (закономерной, необходимой взаимосвязи, полной определенности). Случайность в этом случае целиком исключалась из явлений природы. Такая абсолютизация классической механики стала основой философского учения – механистического детерминизма, классическим представителем которого был **Пьер Лаплас (1749-1827 гг.)**, французский математик, физик и философ. Он писал: «Никакой предмет не может начать быть без причины, которая его произвела». Его точку зрения разделял **Анри Пуанкаре (1854-1912 гг.)**, тоже французский математик, физик и философ, который считал, что наука детерминистична a priori (изначально).

Развитие физических знаний показало ошибочность подобной абсолютизации и ограниченность принципа детерминизма. Поведение объектов в нашем мире в конечном итоге определяется законами квантовой механики, описывающими движение микроскопических объектов, из которых и состоит макроскопический мир. Действие законов вероятности на микроуровне приводит в конечном итоге к нарушению принципа полной определенности или принципа детерминизма во всем окружающем нас мире.

Однако это совсем не значит, что от принципа детерминизма следует отказаться. Этот принцип сосуществует с принципом случайности, но реализуется в рамках классической механики при обсуждении процессов, происходящих при скоростях значительно меньших скорости света. Это позволяет нам выполнять многочисленные прогнозные расчеты движения тел на земле и в космосе.

Механистическая картина мира оказалась далека от совершенства, поскольку представление об абсолютной неизменчивости природы не изменилось. Ограниченность и недостатки механической картины мира преодолевались в ходе последующего развития естествознания.

4.2.5. Развитие представлений об электромагнетизме. Формирование электромагнитной картины мира

В 1785 г. французский военный инженер, впоследствии член Парижской Академии наук, **Шарль Кулон (1736-1806 гг.)**, исследуя взаимодействия заряженных тел, открыл **закон, согласно которому положительно и отрицательно заряженные тела (точечные заряды) притягиваются друг к другу прямо пропорционально величине их зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними**. Обозначив через k коэффициент пропорциональности, можно закон Кулона записать как

$F = k\, q_1 q_2 / r^2$, где

F – сила взаимодействия между зарядами,

q_1, q_2 – величина разноименных зарядов, r – расстояние между ними.

Закон Кулона аналогичен по форме закону всемирного тяготения Ньютона и был воспринят как очередное подтверждение ньютоновского подхода к вопросу об устройстве мира и универсальности действия закона всемирного тяготения. Лишь впоследствии стало ясно, что закон Кулона один из первых законов электромагнетизма. После Кулона появилась возможность построения математической теории электрических и магнитных явлений.

Работами датского физика **Ханса Эрстеда (1777-1851 гг.)** была доказана взаимосвязь электрических и магнитных явлений. Поместив над проводником, по которому идет электрический ток, магнитную стрелку, он обнаружил, что она отклоняется от первоначального положения. Это привело его к заключению о том, что **электрический ток создает магнитное поле.**

В 1820 г. французский физик **Андре Ампер (1775-1836 гг.)** разрабатывает теорию связи электричества и магнетизма, вводит понятия электрического тока и напряжения. Единицу тока назвали в честь Ампера. Этой единицей пользуются и сегодня. Ампер заложил основы науки об электромагнитных процессах, которую позднее назвали электродинамикой. Однако, рассматривая электромагнитное взаимодействие, он и не подозревал о существовании электрических полей и стоял на позициях дальнодействия считая, что электрические и магнитные взаимодействия происходят мгновенно через пустоту.

Позднее английский физик **Майкл Фарадей (1791-1867 гг.)**, движимый мечтой превратить магнетизм в электричество, доказывает возможность образования электрического тока в металлическом замкнутом контуре при вращении его в магнитном поле. Согласно его выводам электродвижущая сила (Е) возникает при изменении магнитного потока (Ф):

$$E = - \partial \Phi / \partial t$$

Фарадей исследовал пространство, окружающее магнит, и выявил, что оно является частью магнитной системы. Для изображения этого «силового поля» он ввел понятие «силовые линии» и сделал предположение о действии в этом поле электрических сил. По теории Фарадея электрические заряды не действуют друг на друга непосредственно, а создают в окружающем пространстве электрические поля, которые и взаимодействует друг с другом. Фарадей впервые по существу сформулировал представление об электромагнитном поле как о материальной среде.

Английский физик **Джеймс Максвелл (1831-1879 гг.)** математически обработал идеи Фарадея о магнетизме и электричестве. В своей работе «Трактат об электричестве и магнетизме», изданной в 1873 г., он объединил электромагнитные, магнитные и оптические явления в единую электромагнитную теорию, базирующуюся на представлении об электромагнитном поле. Максвелл вывел систему простых дифференциальных уравнений, которые в пределах своей применимости, позволили дать полное описание электромагнитных явлений.

Согласно уравнениям Максвелла изменение магнитного поля влечет за собой изменение электрического поля, и наоборот, в результате чего возникает переменное электромагнитное поле, которое существует независимо от

заряда, и самостоятельно распространяется в пространстве. Вычисленная скорость распространения электромагнитного поля оказалась равной скорости света. Это привело Максвелла к выводу о том, что свет представляет собой электромагнитную волну. Отсюда следовало, что электрические и оптические явления имеют одну сущность. Таким образом, Максвелл связал оптику с электричеством и вывел фундаментальные законы, управляющие распространением, поведением электрических и магнитных полей и их взаимодействием.

Открытия Фарадея и Максвелла явились самыми значимыми событиями в физике со времен Ньютона. Однако смелая теория Максвелла не сразу стала достоянием физики. Решающую роль в ее утверждении сыграли работы немецкого физика **Генриха Герца (1857-1894 гг.)**, который в 1886 г. продемонстрировал «беспроволочное распространение» электромагнитных волн, то есть экспериментально подтвердил теоретические выводы Максвелла. Герц же один из первых достойно оценил глубокий смысл теории Максвелла. Он писал: «Нельзя изучать эту удивительную теорию не испытывая по временам такого чувства, будто математические формулы живут собственной жизнью, обладают собственным разумом – кажется, что эти формулы умнее нас, умнее даже самого автора, как будто они дают нам больше, чем в свое время было в них заложено». В результате этих открытий в физике появляется понятие реально существующего качественно нового вида материи в виде непрерывного поля, которое распространяется со скоростью света и является полностью проницаемым.

В науке того времени утверждается **электромагнитная картина мира**, в которой кардинально изменяется взгляд на материю. Наряду с понятием дискретной материи, пределом делимости которой является атом, появляется **понятие континуальной – непрерывной материи, под которой подразумевается непрерывное бесконечное поле с силовыми точечными центрами – электрическими зарядами**. Движение в поле рассматривается как распространение колебаний, которое описывается законами электродинамики. В новой картине мира **ньютоновский принцип дальнодействия** был заменен на **фарадеевский принцип близкодействия**, согласно которому взаимодействие рассматривается как передача полем какого-либо действия от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью. Но и в этой картине мира не изменилось представление о роли человека во Вселенной.

Благодаря работам Фарадея, Максвелла и др. было доказано существование в мире материи не только в виде тел, но и в виде разнообразных физических полей. Результаты этих работ способствовали развитию современной физики, формированию новых понятий, образующих новую картину действительности.

Однако с созданием электромагнитной теории стала очевидна недостаточность классической механики для описания явлений природы. В рамках этого возник вопрос: выполняется ли принцип относительности и для электромагнитных явлений?

Контрольные вопросы

1. В чем заключается величие учения Николая Коперника?
2. Какую точку зрения на Вселенную отстаивал Джордано Бруно?
3. О чем говорят законы Иогана Кеплера? Каково их значение для естествознания?
4. Почему Галилео Галилея считают отцом современного естествознания?
5. Кто сформулировал теорию классической механики? Какие законы лежат в ее основе?
6. В чем суть законов Ньютона и каково их мировоззренческое значение?
7. Как описывает Вселенную гелиоцентрическая система мира?
8. Позволяют ли законы механики описать картину мира?
9. Почему нельзя представить наш мир в виде механических часов?
10. Согласны ли Вы с принципом дальнодействия? Почему?
11. Как в механистической картине мира рассматриваются пространство и время?
12. Как Вы понимаете принцип детерминизма? Реализуется ли этот принцип в естествознании?
13. Является ли закон Кулона частным случаем закона Всемирного тяготения? Почему?
14. Какую новую концепцию о материи предложили Фарадей и Максвелл?
15. Как осуществляется взаимодействие в электромагнитном поле?

Темы рефератов

1. Физические картины мира
2. Мифологические образы мира.

4.3. Этап современной физики

4.3.1. Принцип относительности Галилея

В рамках классической механики **принцип относительности** был сформулирован Галилеем. Он гласит: **все механические явления в различных инерциальных системах отсчета протекают одинаковым образом**. Согласно этому принципу положение движущегося тела регистрируется по отношению к некоторому другому телу, которое называется **системой отсчета**. Нам хорошо известна трехмерная декартова система координат, в которой движение тела на плоскости определяется двумя координатами: по горизонтали – абсциссой (x) и по вертикали – ординатой (y). В пространстве к этим координатам добавляется третья координата – аппликата (z).

Если взять две декартовы системы отсчета, одна из которых C' (x', y', z') движется по отношению к другой C (x, y, z) с постоянной скоростью v_0 вдоль оси x, параллельной x', то координаты некоторой точки A при условии, что отсчет времени начат с того момента, когда начала координат совпадали,

можно представить системой уравнений, которая называется преобразованиями Галилея:

$x = x' + v_0 t$; $y = y'$; $z = z'$; $t = t'$

Преобразования Галилея выполняются в том случае, когда время в обеих системах течет одинаково, т.е. $t = t'$. Если продифференцировать эти уравнения по времени, то обнаруживается связь между скоростями точки А, выраженными через системы отсчёта С и С':

$$V_x = V_{x'} + V_0; \quad V_y = V_{y'}; \quad V_z = V_{z'}$$

Эти скалярные соотношения эквиваленты следующему соотношению между вектором скорости $\vec{V}$ по отношению к системе С': $\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}_0$.

Продифференцировав по времени последнее уравнение с учётом того, что $\vec{V}_0$ постоянно, получим $\dot{\vec{V}} = \dot{\vec{V}}'$ или $\vec{a} = \vec{a}'$.

Таким образом ускорение какого-либо тела во всех системах отсчёта, движущихся друг относительно друга прямолинейно и равномерно, оказывается одинаковым.

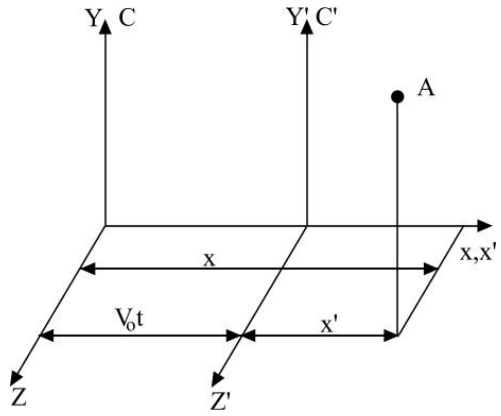


Рис. 4.1.
Две системы отсчёта, движущиеся друг относительно друга с постоянной скоростью $\vec{V}_0$.

Тогда согласно второму закону Ньютона, и силы, действующие на точку А в этих системах отсчета, будут также одинаковы.

В общем случае системой отсчета служит так называемая инерциальная система, по отношению к которой выполняется первый закон Ньютона, т.е. такая система, которая либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно относительно какой-то другой инерциальной системы. В отношении этих систем выполняется принцип относительности, суть которого в том, что все механические процессы в инерциальных системах происходят одинаковым образом, т.е. одинаково выполняются законы физики, которые в этом случае называются инвариантными. Два разных наблюдателя, находившиеся в таких инерциальных системах, не заметят в них никаких изменений.

Именно Галилей обратил внимание на то, что никакими механическими опытами, проведенными в данной инерциальной системе отсчета, нельзя установить, покоится она или движется равномерно и прямолинейно. Например, сидя в каюте корабля, движущегося равномерно и прямолинейно, невозможно определить, покоится корабль или движется, пока не выглянешь в окно.

Принцип относительности Галилея не подвергается никакому сомнению при описании явлений природы механическими законами при скоростях движения тел много меньше, чем скорость света. При изучении же электромагнитных явлений сразу выявились противоречия: уравнения, выведенные Максвеллом, оказались неинвариантными относительно преобразований Галилея.

4.3.2. Специальная теория относительности Эйнштейна

Обманы мира нам необходимы:
Мы в них черпаем тайны мироздания,
Но эти тайны здесь необоримы,
Имея относительность сознания.
Так, забывая жизни скоротечность,
Постигнем мы, что Время есть Движение.
И, покидая цепкую Конечность, -
Что бесконечность есть Круговращение!..
А. Чижевский

К концу XIX в. развитие физики привело к осознанию противоречий и несовместимости трех принципиальных положений классической механики:

- скорость света в пустом пространстве всегда постоянна, независимо от движения источника или приемника света;
- в двух системах координат, движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга, все законы природы строго одинаковы, и нет никакого средства обнаружить абсолютное прямолинейное и равномерное движение (принцип относительности);
- координаты и скорости преобразовываются из одной инерциальной системы в другую согласно классическим преобразованиям Галилея.

Известный физик – теоретик, немец по происхождению, **Альберт Эйнштейн (1879-1955 гг.)** возникшие противоречия иллюстрировал мысленным экспериментом, который получил название «поезд Эйнштейна».

Представим себе наблюдателя, едущего в поезде и измеряющего скорость света, испускаемого в направлении движения поезда фонарями на обочине дороги, т.е. движущегося со скоростью c в системе отсчета – железнодорожное полотно, относительно которого поезд двигается со скоростью v. Какова же скорость света относительно движущегося вагона? Она равна $w = c-v$. Т.е. выходит, что скорость света разная по отношению к различным инерциальным системам отсчета, в роли которых в данном случае выступают железнодорожное полотно и движущийся вагон. А это, с одной стороны, противоречит принципу относительности, согласно которому физические процессы происходят одинаково во всех инерциальных системах отсчета; с другой стороны, – положению о постоянной скорости света, т.к. уже надежно было доказано, что скорость света не зависит от скорости движения источника света и одинакова во всех инерциальных системах отсчета. Она конечна и является предельной скоростью распространения любого сигнала.

В 1905 г. Эйнштейн опубликовал статью «К электродинамике движущихся тел», в которой сформулировал основные положения своей **релятивистской теории – специальной теории относительности**. Эта теория,

считая, что все инерциальные системы координат совершенно равноправны и в отношении механических, и электромагнитных явлений, а скорость света инвариантна во всех инерциальных системах отсчета, разрешала противоречия классической физики тем, что содержала новый взгляд на пространство и время. Эйнштейн в основу специальной теории относительности заложил два постулата:

1. **Принцип относительности Эйнштейна.** Уравнения, выражающие законы природы инвариантны (неизменны) по отношению к преобразованию координат и времени от одной инерциальной системы отсчета к другой.
2. **Принцип постоянства скорости света**. Скорость света в пустоте одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источника или приемника света. Скорость света в вакууме всегда постоянна и равна 300000 км/с, она является предельной скоростью распространения любого сигнала.

При этом он предложил отказаться от преобразований Галилея, которые в течение многих лет поддерживали ньютоновское представление об абсолютном пространстве и времени, и определения движения тел относительно этого абсолютного пространства.

Ключевым понятием специальной теории относительности является понятие относительности одновременности, которое можно проиллюстрировать следующим примером. Допустим, в точках А и В, расположенных друг от друга на расстоянии S, находятся неподвижные синхронизированные часы, которые показывают время t_A, когда из точки А выходит световой луч в направление точки В, и t_B, когда луч достигнет точки В. Время возвращения луча обозначим как t^1_B, и t^1_A соответственно. Будем считать, что часы в точках А и В показывают для них одно и то же время, если выполняется соотношение

$$t_B - t_A = t^1_A - t^1_B,$$

То есть события в точках А и В будут одновременными.

Если же наблюдатель, двигающийся относительно часов с постоянной скоростью v в направлении АВ, захочет проверить синхронность часов, он должен считать время движения от А до В равным:

$$t_B - t_A = S/(c - v),$$

а промежуток времени движения сигнала в обратном направлении

$$t_A - t_B = S/(c + v).$$

Принцип постоянства скорости света предполагает, что скорость света относительно движущегося наблюдателя неизменна и равна *c*. Значит, не существует способов установления синхронности часов; часы синхронные для покоящегося наблюдателя, перестают быть синхронными, когда он движется по отношению к системе, в которой часы покоятся. Следовательно понятие одновременности относительное. События, которые являются одновременными для одного наблюдателя, не одновременны для другого, дви-

жущегося относительно первого. В осознании относительности одновременности заключается суть всей теории относительности.

По Эйнштейну расстояние и время определяются наблюдателем по отношению к определенной конкретной системе отсчета и поэтому все физические процессы и законы должны формулироваться по отношению к точно указанной системе отсчета или координат. Следовательно, не существует никакого абсолютного расстояния, длины или протяженности, так же как не может быть никакого абсолютного времени. Все это означает, что для реального мира пространство и время имеют не абсолютный, а относительный характер. Специальная теория относительности объединила пространство и время в единый континуум пространство-время.

В 1908 г. немецкий физик и математик **Герман Минковский (1864-1909 гг.)** ввел в физику геометрическую интерпретацию релятивистской теории – он ввел **пространственно-временной интервал**. Пусть в системе отсчета С имеются два взаимодействующих тела: 1-ое в точке (x_1, y_1, z_1) и 2-ое в точке (x_2, y_2, z_2). Если с телом в момент времени t_1 что-нибудь происходит, то тело 2 «почувствует» это в более поздний момент времени t_2. Величина $c(t_2 - t_1)$ есть расстояние между телами:

$c(t_2 - t_1) = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$,

или $\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - c^2\Delta t^2 = 0$,

Аналогичное соотношение будет выполняется и в любой другой инерциальной системе отсчета (C^1). То есть пространственно-временной интервал инвариантен. Вводя вместо ct величину $\tau = ict$ ($i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица), можно симметризировать пространственно-временной интервал в виде

$\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + c^2\Delta\tau^2 = 0$.

Таким образом, возникло **понятие о четырехмерном пространстве** (пространстве Минковского), где четвертой координатой выступает время.

Объединение пространства и времени в единое четырехмерное пространство отражает факт неабсолютности масштабов времени и пространственных расстояний, которые оказываются зависящими от выбора инерциальной системы отсчета. Напротив, одинаковой во всех инерциальных системах отсчета является скорость света, которая понимается как универсальная скорость распространения фундаментальных физических воздействий. Промежуток времени и пространственное расстояние между двумя событиями зависят от того, в какой инерциальной системе отсчета эти величины измеряются. Абсолютное значение имеет лишь пространственно-временной интервал между событиями. Он при любых преобразованиях остается неизменным.

Вместо преобразований Галилея Эйнштейн в специальной теории относительности предложил использовать преобразования **Хендрика Лоренца (1853-1928 гг.)**, в которых учитывается скорость света. Относительно этих преобразований инвариантными оказались не только законы механики, но и

все электромагнитные законы. Согласно этим преобразованиям положение точки А в инерциальных системах координат С и C^1 выражаются соответственно формулами

$x = x^1 + v_0 t / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$ $\quad$ $x^1 = x - v_0 t / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$

$y = y^1$ $\quad$ $y^1 = y$

$z = z^1$ $\quad$ $z^1 = z$

$t = t^1 + (v_0^2 / c^2)\, x^1 / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$ $\quad$ $t^1 = t - (v_0^2 / c^2)\, x / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$.

которые отличаются только знаком при v_0.

Как видно из этих формул, в случае $v_0 << c$ преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея. При $v_0 > c$ выражения для x, x^1 и t, t^1 становятся мнимыми. Это соответствует положению о том, что движение со скоростью, большей скорости света в пустоте, невозможно.

Преобразования Лоренца позволяют математически выразить относительность времени, которую мы выше иллюстрировали примером:

$\Delta t = \Delta t^1 / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$,

а также размеров тела:

$\Delta x = \Delta x^1 / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$

Эти выражения показывают, что в движущейся системе отсчета временной интервал сокращается ($\Delta t < \Delta t^1$), а размеры тела вдоль направления движения уменьшаются ($\Delta x < \Delta x^1$).

Таким образом, из специальной теории относительности следует не только относительность одновременности двух событий, происшедших в разных точках пространства, но также и относительность измерений длин и интервалов времени, произведенных в разных системах отсчета, движущихся относительно друг друга. То есть, расстояние между двумя материальными точками (длина тела) и длительность происходящих в теле процессов являются не абсолютными, а относительными величинами. При движении, приближающемся к скорости света, замедляется время, замедляются все процессы, происходящие в системе, в том числе в живых организмах, изменяются – сокращаются продольные (вдоль движения) размеры тел.

В этом отношении показателен пример, называемый «парадокс близнецов». Из двух близнецов, космонавт, вернувшийся на Землю, окажется моложе своего брата, т.к. на космическом корабле, двигающемся с огромной скоростью, темп времени замедляется и все процессы проходят медленнее, чем на Земле. Парадокс близнецов был подтвержден экспериментально, например, с использованием атомных часов на пучке цезия. Изменение времени при больших скоростях было зарегистрировано при изучении пи-мезонов. Время жизни их в земных условиях составляет 10^{-8} с. При сообщении же им околосветовой скорости, время жизни пи-мезонов значительно возрастает. Однако, эффекты замедления времени очень малы ($v_0 / c << 1$), и мы пока не умеем их практически использовать.

В рамках специальной теории относительности масса, так же как и время, зависит от скорости движения. Ее можно выразить формулой:

$m = m_0 / \sqrt{1- v^2 / c^2}$.

Когда скорость тела приближается к скорости света, масса его неограниченно растет и в пределе приближается к бесконечности. Это явление хорошо иллюстрирует эксперимент с электронами, которые при сообщении им больших скоростей увеличивают свою массу. Из этой зависимости следует, что движение со скоростью, превышающей скорость света, невозможно, о чем мы уже писали выше.

Таким образом, согласно специальной теории относительности, **пространство и время – общие формы координации материальных явлений, а не самостоятельно существующие независимо от материи начала бытия**. Специальная теория относительности, возникшая из электродинамики, не уничтожила классической механики, а лишь изменила ее в том, что позволила ей согласовываться со своими постулатами. Эти изменения касаются лишь поправок ее законов быстрых движений, скорость которых сравнима со скоростью света. В обычных земных условиях мы не встречаемся с такими скоростями и поэтому крайне малыми поправками практически пренебрегаем. Например, при скорости движения спутника вокруг Земли со скоростью 8 км/с поправка к его массе составляет всего одну двухмиллиардную ее часть.

Понятие относительности стало одним из основных в современном естествознании.

Общая теория относительности Эйнштейна

Самым важным следствием специальной теории относительности является замена понятий абсолютные пространство и время на новую физическую сущность – единое пространство Минковского. Однако это пространство является, по существу, экстраполяцией классического трехмерного пространства на четыре измерения и имеет поэтому абсолютный пассивный характер, т.е. не оказывает обратного воздействия на физические процессы, протекающие в нем.

Характерно, что пространство Минковского плоское (имеет нулевую кривизну). Это понятно, так как в специальной теории относительности рассматриваются только инерциальные системы отсчета, на которые не действуют никакие внешние силы. В связи с тем, что от таких сил, как например, гравитация Ньютона практически невозможно защититься, пространство Минковского представляет собой лишь определенную физическую абстракцию.

В 1907-1916 гг. Эйнштейн обосновывает **общую теорию относительности**, которая распространяется и на неинерциальные системы, то есть движущиеся с ускорением. С позиций этой теории для того, чтобы формулировка физических законов имела смысл в отношении любой системы коор-

динат, относительной нужно считать не только скорость, но и ускорение. Причиной, порождающей инерциальные силы в ускоренных системах, Эйнштейн считал массу. Причем он показал, что масса инертная ($m_{ин}$) эквивалентна массе гравитационной ($m_{гр}$).

Так, поскольку напряженность гравитационного поля существует в любой точке пространства, то исключить ее влияние на тело можно лишь ускоренным движением тела, так чтобы $m_{ин}\ a = m_{гр}\ g$. Так как основным свойством поля тяготения является одинаковость ускорений тел a в поле данной напряженности g вне зависимости от их масс, то отсюда следует $m_{ин} = m_{гр}$. Это и есть **принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс, являющийся аксиомой общей теории относительности**. Для описания гравитационных сил Эйнштейн отказался от понятия независимости свойств пространства и времени от распределения масс и представления о плоском пространстве Евклида. Для описания пространства он воспользовался геометрией Римана.

Согласно общей теории относительности свойства пространства-времени определяются распределением и движением масс материи. Любая масса создает поле тяготения, искривляет пространство и меняет течение времени. Чем сильнее поле, тем медленнее течет время по сравнению с течением его вне поля. Тяготение зависит не только от распределения масс в пространстве, но и от их движения, плотности, от электромагнитного и других физических полей. В теории Эйнштейна материя влияет на свойства пространства и времени. В искривленном пространстве наименьшим расстоянием между двумя точками является некая кривая (ее называют геодезической). В таком пространстве свободное движение тела происходит по геодезической кривой. И тогда, свободное движение тел в искривленном пространстве Эйнштейна можно сопоставить с криволинейным движением тел под действием силы тяготения Ньютона. Только в первом случае нет необходимости говорить о силах тяготения. То есть общая теория относительности рассматривает движение тел в гравитационном поле. Она заменяет ньютонов механистический закон всемирного тяготения на полевой закон тяготения.

Гравитационное поле в общей теории относительности является не чем иным, как изменением геометрических свойств пространства-времени, причем основные законы физики имеют для двух наблюдателей, движущихся произвольным образом и использующих произвольные непрерывно преобразуемые одна в другую системы координат, одинаковый вид. То есть, законы природы имеют одно и то же выражение, пригодное для любого наблюдателя.

В соответствии с общей теорией относительности в результате действия поля тяготения движение материальной точки, так же как и распространение светового луча, уже не является равномерным и прямолинейным. Распространение выводов общей теорией относительности на оптические явления приводит к ряду необычных следствий – явлению красного смеще-

ния спектров звезд и отклонению светового луча под действием этого поля. Эти предсказания общей теорией относительности были подтверждены в 1919 г., когда во время солнечного затмения удалось зафиксировать отклонение звездного луча вблизи Солнца, и в 1923-1926 гг. удалось впервые зафиксировать красное смещение при наблюдении спектров Солнца и спутника Сириуса, обладающего очень большим полем тяготения.

Теория относительности связала массу не только с пространством – временем, но и с энергией. Закон сохранения массы и закон сохранения энергии оказались объединенными в единый закон сохранения массы и энергии соотношением (релятивистское выражение для энергии и массы):

$$E = mc^2 / \sqrt{1 - v^2 / c^2},$$

где m – масса покоя точки (или частицы), v – скорость ее движения, c – скорость света. Если m = 0 и v = 0, то релятивистское уравнение дает неопределенность 0/0 и может оставаться конечным. Следовательно, существуют частицы с нулевой массой покоя и их скорость всегда равна скорости света. Действительно такие частицы существуют, это фотон и, предположительно, нейтрино.

Когда v = 0, уравнение приобретает вид:

$$E_0 = mc^2,$$

где E_0 – энергия покоя частицы. Это внутренняя энергия, не связанная с движением частицы. Отсюда следует, что неподвижная частица обладает энергией покоя, то есть находящаяся в покое масса m содержит огромный запас энергии $E_0 = mc^2$ (в каждом килограмме массы заключена энергия, равная 9.10^{16}Дж). Оно получило разнообразные практические применения, например, в использовании ядерной энергии.

Теории относительности Эйнштейна, дополненные открытиями Фридмана и Хабла сформировали новый взгляд на нашу Вселенную. **Появление этой релятивистской космологической модели, рассматривается как третья глобальная революция** в естествознании, которая привела к отказу от всякого центризма.

Контрольные вопросы

1. В чём заключается специальная теория об относительности Эйнштейна?
2. Что ввёл в физику Г. Минковский?
3. В чём суть общей теории относительности Эйнштейна?

Глава 5. Концептуальная картина микромира

Зри в корень
К. Прутков

К началу XX столетия существовало два представления о материи. Классическая механика трактовала материю как дискретную, а электромагнитная теория – как абсолютно непрерывную. Попытки совместить эти точки зрения долгое время оставались безуспешными. Решение пришло при исследовании мельчайших частиц материи – элементарных частиц, для которых понятия и принципы классической физики оказались неприемлемыми. Обсуждение необычных свойств микрообъектов началось с изучения света.

5.1. Корпускулярно-волновые свойства света

В конце XVII в. почти одновременно возникли две, казалось, исключающие друг друга теории света: **Исаак Ньютон** представил корпускулярную теорию света, согласно которой свет представлял собой поток световых частиц (корпускул), летящих от светящегося тела по прямолинейным траекториям, а нидерландский физик **Христиан Гюйгенс (1629-1695 гг.)** сформулировал волновую теорию, согласно которой свет рассматривался как упругая волна, распространяющаяся в мировом эфире. С помощью волновых представлений французскому физику **О.Ж. Френелю (1788-1827 гг.)** удалось объяснить известные тогда оптические явления. Первые сформировавшиеся волновые представления о свете были отражены в принципе Гюйгенса-Френеля: каждая точка, до которой доходит световое возбуждение, становится центром вторичных волн и передает их во все стороны соседним точкам. Открытие явлений дифракции, интерференции, поляризации, дисперсии наглядно подтвердило волновую природу света. В классической теории Максвелла свет уже рассматривается как особый вид электромагнитных волн.

Однако, в 1887 г. немецкий физик **Генрих Герц (1857-1894 гг.)** обнаружил, что металл пластины при облучении светом дуговой лампы теряет свой заряд. Выявление заряда и массы частиц, вырываемых световым лучом, позволило определить их как электроны. **Явление же испускания электронов веществом под действием электромагнитного излучения назвали фотоэффектом**. Электромагнитная теория Максвелла и электронная теория Лоренца, несмотря на свои огромные успехи, не смогла объяснить явление фотоэффекта, а так же процессы испускания, поглощения света и ряд явлений, связанных с взаимодействием света с веществом. Объяснить эти про-

цессы и явления удалось только вновь вернувшись к корпускулярной теории света.

В 1900 г. немецкий физик **Макс Планк (1858-1947 гг.)** высказал смелую гипотезу, согласно которой излучение и поглощение света происходит не непрерывно, а дискретно, т.е. определенными порциями (фотонами или квантами), причем энергия (Е) каждого кванта пропорциональна частоте волны – *ν*:

$$E = h\nu,$$

где h – постоянная Планка, равная $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Дж· с.

Оказалось, что эта постоянная не только не зависит от частоты света, но сохраняет одно и то же значение для всех веществ. Поэтому h признана фундаментальной постоянной. Поскольку понятие кванта действия послужило в дальнейшем ключом к пониманию всех свойств атомной оболочки и атомного ядра, то открытие Планка можно считать началом всей атомной физики, началом новой эры в естествознании. По словам Луи де Бройля, «день, когда была введена постоянная Планка, остается одним из замечательных дат в истории человеческой мысли». Квант выступил как «возмутитель спокойствия», он принуждал к переосмыслению основ науки.

В 1905 г. Эйнштейн создал квантовую теорию света, в которой показал, что свет распространяется в виде потока световых квантов – фотонов, энергия которых описывается формулой Планка, а масса (m) формулой:

$$m = E/c^2 = h\nu/c^2 = h/\lambda c,$$

где λ – длина волны, а c – скорость света.

Эйнштейн писал: «Мы должны предположить, что однородный свет состоит из зерен энергии.... «световых квантов», т.е. небольших порций энергии несущихся в пустом пространстве со скоростью света».

Таким образом, классическое представление о свете как волновом процессе были дополнены новыми взглядами, рассматривающими его как поток квантов. Это говорит о том, что свет имеет сложную природу: он представляет собой единство противоположных свойств – корпускулярных (квантовых) и волновых (электромагнитных). В результате возникло понятие так называемого **корпускулярно-волнового дуализма**, согласно которому свет представляет собой единство дискретности и непрерывности. При этом одни явления (фотоэффект, излучение и поглощение света) стали объяснять с помощью корпускулярных представлений, другие (интерференция, дифракция, поляризация) – волновых взглядов. Признание корпускулярно-волнового характера света во многом способствовало прогрессу физической науки, новый радикальный шаг в развитии которой был связан с изучением элементарных частиц вещества.

5.1.1. Атом – сложная частица!

В 1895 г. немецкий физик **Вильгем Рентген (1845-1923 гг.)** при исследовании катодных лучей случайно обнаружил необычные, названные им, Х-

лучи, которые легко проходили через чехол рабочей трубки и вызывали свечение (люминесценцию) бумаги, покрытой платиносинеродистым барием. Эти лучи, как оказалось, способны проходить через тело человека, слой металла, бумагу и другие предметы. Их впоследствии назвали **рентгеновскими лучами.**

В 1896 г. французский физик **Антуан Беккерель (1788-1878 гг.)**, и независимо от него, французские физики **Мария Складовская-Кюри (1867-1934 гг.)** (полька по происхождению) и ее муж **Пьер Кюри (1859-1906 гг.)** открыли явление естественной радиоактивности – самопроизвольный распад вещества. Было установлено, что радиоактивное вещество может быть источником трех видов излучения. Одно из них, отклоняющееся в магнитном поле подобно потоку положительных частиц было названо **α-лучами**. Позднее было доказано, что это ядра атомов гелия. Второе излучение, отклоняющееся в магнитном поле аналогично отрицательно заряженным частицам, было названо **β-излучением**. Это излучение было идентифицировано как поток электронов. Третье излучение, не реагирующее на магнитное поле, было названо **γ-лучами**. Впоследствие было доказано, что эти лучи представляют жесткое электромагнитное излучение с малой длиной волны ($<10^{-10}$м), очень опасное для человека.

Следствием этих открытий был ошеломляющий вывод – **атом не является мельчайшей частицей вещества, он делим!** В 1897 г. английский физик **Джозеф Томсон (1856-1940 гг.)** открыл электрон и предложил первую модель атома. Атом он представил как положительно заряженную сферу, в которую вкраплены отрицательно заряженные электроны.

Английский физик **Эрнест Резерфорд (1871-1937 гг.)**, наблюдая прохождение α-частиц через тонкую фольгу, обнаружил, что некоторые частицы (одна на 100000) отклоняются от своего пути, будто натолкнувшись на преграду. Осознание этого опытного факта позволило Резерфорду в 1911 г. создать первую планетарную модель атома, в которой атом представляется уже сложной системой и уподобляется миниатюрной солнечной системе. В центре атома, согласно этой модели, находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена преобладающая часть его массы, а вокруг ядра с большой скоростью вращаются отрицательно заряженные электроны. Положительный заряд ядра нейтрализуется суммарным отрицательным зарядом электронов так, что атом в целом остается электрически нейтральным. Именно при таком строении атома, размеры которого всего 10^{-8} см, и очень малом размере ядра, порядка 10^{-13} см, большинство α-частиц будет пролетать мимо и лишь некоторые из них могут столкнуться с ядром, чтобы изменить свою траекторию.

Однако модель Резерфорда в корне подрывала теорию классической физики. Ведь согласно электродинамике Максвелла, движущийся вокруг ядра электрон должен излучать энергию и поэтому быстро упасть на ядро. Практически же этого не происходит. Атом – устойчивое образование и для

его разрушения требуется огромная сила. Эти необъяснимые противоречия привели к тому, что на очередном Сольвеевском конгрессе физиков в Брюсселе, проходившем в 1911 г., об открытии Резерфорда просто умолчали. В скором времени эти противоречия разрешил датский физик **Нильс Бор (1885-1962 гг.)**.

Обдумывая модель Резерфорда, Бор пришел к заключению о том, что для ее объяснения необходимо отказаться от ряда принципов классической физики. В 1913 г. он пишет письмо Резерфорду: «существование мира постоянно доказывает, что атом устойчивая система. Значит, электроны, вращаясь вокруг ядра, вопреки Максвеллу-Лоренцу не излучают непрерывно. Так если это не происходит и они, обессиленные, не падают на ядро, не проще ли предположить, что в атоме есть пути, на которых электроны не растрачивают энергию: стационарные орбиты! Только покидая такую орбиту, электрон начинает излучать...»

В этом письме Бор практически изложил два положения своей квантовой теории строения атома, получивших название **постулатов Бора**, которые лежат в основе современной атомно-молекулярной физики.

Первый постулат Бора: электрон может вращаться вокруг ядра только по определенным – стационарным орбитам. При движении по таким «дозволенным» орбитам электрон не излучает и не поглощает энергию.

Второй постулат Бора: электрон излучает энергию в виде кванта только тогда, когда переходит с одной стационарной орбиты на другую. Излучению или поглощению энергии, связанной с переходом электрона с орбиты на орбиту, соответствует соотношение:

$$h\nu = E_i - E_k,$$

где E_i – энергия электрона на i-ой орбите, E_k – энергия электрона на k- ой орбите, $h\nu$ – энергия кванта, а h – постоянная Планка.

Это соотношение называется **правилом частот Бора**. Оно показывает, что в процессах излучения и поглощения энергии атомами выполняется закон сохранения энергии. С выводом этого уравнения и введением в физику постоянной Планка, в науку вошло представление о *дискретности энергии в микромире*. Свои постулаты Бор использовал для расчета простейшего атома – водорода, и объяснил его спектр. Это было большим успехом его теории.

Теория строения атома, созданная Резерфордом и Бором, была крупным шагом в познании строения атома. Она позволила объяснить спектральные закономерности, периодичность изменения свойств атомов химических элементов, но не могла объяснить причину устойчивости атомов, не могла обосновать траектории, по которым могут двигаться электроны не растрачивая энергию, и причин, почему не удается построить количественную теорию для более сложных атомов и т.д. По словам Эйнштейна, создалась ситуация «точно из под ног ушла земля и нигде не было видно твердой почвы, на

которой можно было бы строить». Для ответа на возникшие вопросы пришлось отказаться от прежних представлений о микропроцессах.

5.2. Квантово-механическая концепция описания микромира

5.2.1. Корпускулярно-волновые свойства микрочастиц. Формула де Бройля

В 1924 г. французский физик **Луи де Бройль (1875-1960 гг.)**, изучая корпускулярно-волновые свойства света, выдвинул смелую гипотезу о том, что **корпускулярно-волновой дуализм имеет универсальное значение: волновые свойства должны проявляться не только у фотонов, но и у электрона, и других микрочастиц**. В этом случае движение микрочастицы будет описываться как корпускулярными характеристиками – энергией, импульсом, так и волновыми – частотой и длиной волны. Любая частица, обладающая импульсом, то есть определенной массой и скоростью, сопоставима с волновым процессом, длина волны которого выражается формулой (в последствие названной формулой де Бройля):

$$\lambda = h/p ,$$

где λ – длина волны микрочастицы, например, электрона, h – постоянная Планка, p – импульс частицы.

Экспериментально гипотеза де Бройля была подтверждена в 1927 г. американскими физиками **Клинтоном Дэвиссоном (1881-1958 гг.)** и **Лерстером Джермером (1896-1971 гг.)**, обнаружившими явление дифракции электрона на кристалле никеля. Позднее были проведены сложнейшие опыты по обнаружению волновых свойств у атомов и молекул. Дифракционные, а значит и волновые свойства, были обнаружены не только у электрона, но и у протона, а также у атомных и молекулярных пучков.

Волновые свойства частиц не являются следствием их коллегиального действия, они присущи каждой частице в отдельности и составляют общее свойство материи. Однако волновые свойства макроскопических тел не обнаружены экспериментально. Это объясняется тем, что волновые свойства частиц имеют значение только тогда, когда длина волны де Бройля сравнима с размерами объектов, с которыми происходит взаимодействие. Так, в процессах взаимодействия атомов с электронами и другими мельчайшими частицами, для которых длина волны де Бройля порядка атомных размеров (например, в кристалле, где расстояние между атомами $\approx 10^{-8}$ см), волновые свойства частиц играют существенную и даже определяющую роль. Тем более это относится к процессам, связанным с поведением электронов внутри атомов или молекул. Длины волн, соответствующие макрочастицам, лежат за пределами доступной наблюдению области. Поэтому считают, что макроскопические тела проявляют только одну сторону своих свойств – корпускулярную.

Таким образом, гипотеза де Бройля и эксперименты ее подтверждающие сформировали новые корпускулярно-волновые представления о свойствах микрочастиц. Микрочастицам теперь, приписывалась двойственность свойств, благодаря которой они в зависимости от условий способны проявлять себя либо в виде волны, либо в виде частицы.

5.2.2. Принцип неопределенности Гейзенберга

В рамках классической механики состояние материальной точки характеризуется ее координатами, импульсом, скоростью. Все эти независимые друг от друга величины могут быть достоверно определены в любой заданный момент времени. **Микрочастица, обладающая волновыми свойствами, существенно отличается от классических частиц**. Особенность микрочастицы проявляется в том, что не для всех ее характеристик при измерении можно получить определенные значения. В 1927 г. немецкий физик **Вернер Гейзенберг**, анализируя закономерности изменения координаты и импульса электрона, пришел к заключению о том, что существуют ограничения в возможности одновременного определения координаты частицы и величины ее импульса. Выразить состояние микрочастицы посредством одновременного задания этих параметров можно лишь с известным приближением, допускающим неопределенность в значениях координат Δx, Δy, Δz и неопределенность Δp_x, Δp_y, Δp_z, в значениях составляющих импульса. Произведение этих неопределенностей не может быть меньше постоянной Планка:

$$\Delta x \Delta p_x \geq h.$$

Это выражение называется **принципом неопределенности или соотношением неопределенности**. Аналогичные неравенства выполняются и для неопределенностей других координат и проекций импульса. Этот принцип утверждает, что если частица локализована в пространстве со среднеквадратичным отклонением Δx, то ее импульс может принимать значения, находящиеся в пределах «ширины» Δp. Физический смысл принципа неопределенности состоит в том, что невозможно одновременно определить значения координаты и импульса частицы: чем точнее определены координаты микрочастицы, тем неопределеннее становятся соответствующие составляющие импульса. Например, если точно определено $\Delta x = 0$, то значение $\Delta p_x = \infty$ становится совершенно неопределенным.

Эту взаимосвязь между измерением координат и импульсом можно пояснить следующей наглядной аналогией. Представим себе, что некоторое тело движется вдоль линейки. Если мы сфотографируем его в некоторый момент времени с выдержкой, отвечающей интервалу времени Δt, то на фотографии получится резкое изображение самой линейки и несколько размытое изображение предмета. Эта размытость будет тем больше, чем больше скорость движения предмета и выдержка, т.е. интервал Δt. При сильном размывании изображения предмета теряется возможность точно ответить на вопрос, где находился предмет в выбранный момент времени, однако увеличивается точность измерения скорости, которая может быть определена по величине размывания, отнесенного к интервалу времени Δt. Чтобы точно опре-

делить местоположение предмета, надо уменьшить выдержку. Если эту выдержку сделать очень малой, то при небольших скоростях получим резкое изображение предмета на фоне линейки. Но при этом полностью теряется возможность определить скорость движения предмета и вообще отличить движущийся предмет от неподвижного.

Взаимосвязь между невозможностью одновременного измерения координат и импульсов и переход к вероятностному описанию микрочастиц, приводят к ряду важных следствий. Для микрочастиц не может существовать понятия траектории, говорят о некоторой области, в каждой точке которой с определенной долей вероятности может находиться частица. В связи с этим, при описании поведения микрочастиц не пользуются понятиями скорости и ускорения, т.к. они связаны с понятием траектории. Не сохраняется понятие силы, действующей на частицу, поскольку нет определенной точки приложения этой силы. Но остается понятие потенциала, потенциальной и кинетической энергии и функции.

В настоящее время **принцип неопределенности считается общепризнанным фундаментальным положением квантовый механики, отражающим особенности объективных свойств микрообъектов, а именно, их двойственной – корпускулярно-волновой природы**. Так как в классической механике измерение координаты и импульса может быть выполнено достаточно точно, то принцип неопределенности является квантовым ограничением применимости классической механики к микрообъектам.

5.2.3. Уравнение Шредингера

В 1925-1927 г. на базе появившихся законов движения частиц вещества, учитывающих их волновые свойства, сформировалась новая наука – **волновая или квантовая механика**, которая и объединила противостоящие точки зрения о дискретности и непрерывности материи и описывает свойства микрочастиц с учетом их волновых особенностей. Математическое обоснование волновой модели атома в 1926 г. дал австрийский физик **Эрвин Шредингер**. Уравнение Шредингера описывает поведение электрона **волновой функцией пси** (ψ), зависящей от координат и времени и свидетельствующей не о конкретном, а **наиболее вероятном** нахождении электрона в данный момент времени:

$$H\psi = E\psi,$$

где H – оператор Гамильтона, равный сумме двух операторов

$$H = -(\hbar^2/2m)\nabla^2 + U,$$

где $\hbar = h/2\pi$, h – постоянная Планка; m – масса частицы; U – функция координат и времени, характеризующая силовое поле, в котором движется частица; ∇^2 – оператор Лапласа, результат действия которого на некую функцию представляет собой сумму вторых частных производных этой функции по координатам:

$$V\psi = d^2\psi/ dx^2 + d^2\psi /dy^2 + d^2\psi/dz^2.$$

Гамильтониан является оператором энергии E. Физический смысл этого параметра заключается в том, что он передает допустимые для данной си-

стемы значения полной энергии, получаемые в результате экспериментов, связанные, в том числе, и с обменом энергии системы с внешней средой.

То есть Шредингер предложил квантовые процессы рассматривать как некие волновые процессы, характеризуемые волновой функцией ψ, которая становится основным носителем информации о корпускулярных и волновых свойствах частиц. В этом случае материальная точка, занимающая определенное место в пространстве, становится приближенной и сохраняется только при рассмотрении макропроцессов. Таким образом, в квантовой механике разница между полем и системой частиц исчезает. Так, например, электрон, вращающийся вокруг ядра, можно представить как волну, длина которой зависит от ее скорости. Там, где укладывается целое число длин волн электрона, волны складываются, и образуют боровские разрешенные орбиты. Там же, где целое число длин волн не укладывается, гребни волн компенсируют впадины, и орбиты не будут разрешены.

Уравнение Шредингера является основным уравнением квантовой механики. Оно не выводится, а постулируется. Его справедливость доказывается вытекающими из него следствиями и опытными фактами, что придает ему форму закона. В физике микромира появилось трудно воспринимаемое тогда **понятие вероятности, и согласно положениям квантовой механики поведение микрочастиц можно предсказывать лишь с определенной долей вероятности**. Это означает, что начальными условиями с абсолютной точностью определить последующее поведение элементарных частиц невозможно. Например, если двум электронам задать изначально абсолютно одинаковые условия, то дальнейшее их движение совсем не обязательно будет одинаковым.

Таким образом, квантовая теория фундаментально отличается от классической механики, тем, что ее предсказание имеет лишь вероятностный характер. Она не обеспечивает точных предсказаний, какие мы привыкли получать от классической механики. Среди ученых, представителей классической механики, существовало твердое убеждение в том, что по мере развития науки и совершенствовании измерительной техники, законы науки станут более точными и достоверными, и пределов для точности предсказаний не существует. Принцип неопределенности, лежащий в основе квантовой механики, в корне подорвал эту веру. Важнейший философский вывод из квантовой механики заключается в принципиальной неопределенности результатов измерения и, следовательно, невозможности точного предвидения будущего.

5.2.4. Принцип дополнительности

Принцип неопределенности является частным случаем общего принципа дополнительности. Понятие **«дополнительность»** было введено в науку Н. Бором в 1928 г. в период становления квантовой механики. Этот принцип следует считать одним из важнейших достижений науки, и его знание необходимо для понимания очень многих фундаментальных проблем философии и явлений окружающего нас мира.

Как мы отмечали выше, в области квантовых явлений одновременные измерения с достаточно высокой точностью импульса и координаты микрочастицы в принципе невозможны. В связи с тем, что микрочастицы в одних

экспериментах ведут себя как типичные корпускулы, в других – как волновые структуры, согласно принципу **дополнительности** для более полного описания их поведения следует использовать законы и из волновой, и из квантовой теории.

Поскольку мир состоит из атомов и молекул, то любые особенности микромира не могут тем или иным образом не проявляться в макроэкспериментах. В этом и заключается причина того, что принцип дополнительности, первоначально сформулированный в физике применительно к микромиру, является частным случаем весьма общей закономерности. В обобщенной форме, сформулированный в физике принцип дополнительности, гласит: наиболее общие физические свойства какой-либо системы должны быть выражены с помощью дополняющих друг друга пар независимых переменных (правило парности), каждая из которых может быть лучше определена только за счет соответствующего уменьшения степени определенности другой. К таким парам, взаимодополняющим друг друга, относятся волновые и корпускулярные проявления, отражающие реально существующий дуализм микромира, непрерывность и дискретность, характеризующие состояние материи, анализ и синтез при обсуждении явления, мысли и чувства в психологических опытах и др.

Н. Бор рассматривал принцип дополнительности как общее правило: « мы встречаемся здесь с иллюстрацией старой истины, что наша способность анализировать гармонию окружающего мира и широта его восприятия всегда будут находиться во взаимно исключающем, дополнительном соотношении».

Принцип дополнительности связан и с «разграничением объекта и средств наблюдения». А именно, в процессе исследования любое наблюдение или измерение подразумевает взаимодействие между наблюдателем и объектом. Это взаимодействие в физике происходит через посредника – прибор. Если исследование подразумевает взаимодействие субъекта и объекта, не будет ли такое взаимодействие отражаться на свойствах того и другого? В случае макротел эксперимент, как правило, можно достаточно легко поставить так, чтобы он не искажал изучаемого явления, то есть с использованием техники, адекватной исследуемому объекту, чтобы взаимодействие прибор – объект исследования было сведено к минимуму. Например, с помощью двух лазарных лучей, одновременно освещающих материальную точку с разных сторон, можно исследовать ее движение, т.е. определить достаточно точно координаты и скорость движения, используя геометрические построения и производя замеры координат через известный промежуток времени. В случае, когда масса материальной точки достаточно велика, а сила лазеров незначительна, прибор не оказывает никакого воздействия на объект.

При исследовании же микрочастиц положение коренным образом усложняется. Если масса тела очень мала, то давлением света пренебрегать уже нельзя. Однократное определение координаты точки остается возможным, но уже повторение измерения с целью определения скорости ее движе-

ния теряет всякий смысл, так как малое тело (частица) могло поглотить квант света и радикально изменить свое состояние. Чтобы найти скорость частицы необходимо поменять метод исследования – прибор, выбрать более точный. Но при этом окажется, что мы потеряем способность точно измерить координату. То есть попытка более детального изучения одной стороны объекта, приводит к потере определенности другой.

Итак, физика стоит на трех китах – это классическая механика Ньютона, теория относительности Эйнштейна и квантовая механика, описывающих механическое движение материи в мега-, макро- и микромире. Эти теории не исключают, а дополняют друг друга. Так все выводы ньютоновской механики заключены в квантовой механике и могут быть получены из последней как приближенные решения для тех случаев, когда волновые свойства частиц не играют существенной роли. Аналогичным образом обстоит дело и с теорией относительности. Она переходит в механику Ньютона, когда скорости частиц малы по сравнению со скоростью света. В атомной физике часто приходится сталкиваться с явлениями, в которых и волновые свойства существенны, и скорости частиц велики. В этих случаях необходимо принимать во внимание как квантовую теорию, так и теорию относительности – пользоваться так называемой *релятивистской квантовой механикой.* Уравнение Шредингера в микромире играет такую же роль, как уравнения Ньютона в классической механике, и как уравнение Максвелла для электромагнитного поля, причем все эти уравнения не выводятся, а постулируются. Правильность их подтверждается согласием с опытом получаемых результатов, что в свою очередь придает им характер законов природы.

5.3. Мир элементарных частиц

И снова умрешь, и появишься снова
Год ли спустя, миллион ли годов –
Частный случай на вечной основе,
Который мгновенно возникнуть готов.
Да, я родился, проживу до ста,
Чтобы потом навсегда умереть.
Но я – электронов случайная доза,
А эта случайность возможна и впредь.

И. Сельвинский

XX век оказался веком открытия **элементарных частиц**. Сегодня их насчитывается уже более 350. **Элементарные частицы – это первичные, неразложимые частицы, из которых предположительно состоит вся материя**. Однако это название уже не удовлетворяют строгому определению элементарности, поскольку большинство элементарных частиц являются сложными системами.

Первыми были открыты **электрон, протон** и **нейтрон**, позднее – другие частицы, например, **нейтрино, мезоны, мюоны**. Элементарные частицы характеризуются рядом величин, прежде всего массой и электрическим зарядом, например:

масса нейтрона – 1,0087 а.е.м. ($1{,}67 \cdot 10^{-24}$ г), относительный заряд – 1
масса протона – 1,0073 а.е.м. ($1{,}67 \cdot 10^{-24}$ г), относительный заряд – +1
масса электрона – 0,00055 а.е.м. ($9{,}1 \cdot 10^{-28}$г), относительный заряд – -1.

Массы большинства элементарных частиц имеют порядок величины массы протона. Когда говорят о массе частиц, обычно имеют в виду массу покоя, так как она не зависит от состояния движения. Двух частиц с одинаковой массой не существует. Частица, в частности фотон, имеющая массу покоя равную нулю, движется со скоростью света. Электрический заряд частиц всегда кратен заряду электрона (-1). Некоторые частицы, например, нейтрино, фотон, не имеют заряда. Размеры протона, нейтрона и других адронов составляют порядка 10^{-13}см, а электрона и мюона не определены точно, но предполагаются меньше 10^{-16} см.

Микроскопические массы и размеры элементарных частиц обуславливают квантовую специфику их поведения. Для описания состояния микрочастиц используются **квантовые числа**. Их четыре, они характеризуют возможные дискретные значения параметров частиц (энергии, импульса, момента импульса).

Главное квантовое число (*n*) определяет значение энергии, которое может принимать частица, движущаяся в силовом поле. Оно может принимать значения целых натуральных чисел 1, 2, 3 и т.д. С увеличением главного квантового числа возрастает энергия электрона и размер электронного облака. Состояние электрона, отвечающее определенному значению главного квантового числа, называется энергетическим уровнем электрона в атоме. Эти уровни обозначаются буквами: K, L, M, N и т.д.

Орбитальное квантовое число (*l*) характеризует тип (геометрическую форму) электронной орбитали и при определенном главном квантовом числе может принимать целые значений от 0 до *n*-1. Для него существуют числовое 0, 1, 2, 3… и буквенное s, p, d, f…обозначения. Состояние электрона, характеризующееся различными значениями *l*, называется энергетическим подуровнем электрона в атоме. Так электрон, находящийся в состоянии $l=0$, называется s-электроном, с $l=1$ – p-электроном, $l=2$ – d – электроном; с $l=3$ – f-электроном и т.д. Согласно квантово-механическим расчетам, электронное облако s-электронов имеет форму шара, p-электронов – форму гантели, d – электронов – форму розетки, f-электронов – еще более сложную форму.

Обычно значение главного квантового числа указывается перед условным обозначением орбитального числа. Поскольку l всегда меньше n , то возможны следующие состояния электрона:

Главное квантовое число, n	*Орбитальное квантовое число, l*	*Обозначение орбитали*
1	*0*	*1s*
2	*0; 1*	*2s 2p*
3	*0; 1; 2*	*3s 3p 3d*
4	*0; 1; 2; 3*	*4s 4p 4d 4f*

Магнитное квантовое число m_l определяет положение атомной орбитали относительно внешнего магнитного или электрического поля. Магнитное квантовое число зависит от орбитального и может принимать значения $m_l = 0, \pm1, \pm2,\ldots, \pm l$. Число значений магнитного квантового числа равно $2l + 1$ значений – это число энергетических состояний (орбиталей), в которых могут находиться электроны данного подуровня. Например, если l=1, то m_l = -1; 0; +1, если l=2, то m_l = -2; -1; 0; +1; +2.

Спиновое квантовое число m_s. Спин электрона – это специфическое квантовое свойство, которое по аналогии (только по аналогии) с классической физикой может быть названо собственным моментом импульса. Нельзя представлять себе электрон как частицу, вращающуюся вокруг своей оси. Но согласно аналогии, подобно моменту импульса движущейся по окружности частицы, возможные значения спина оказываются квантованными. Эксперименты показывают, что проекция спина электрона на любое выделенное направление может принимать лишь два дискретных значения ±1/2.

В соответствии с принципом Паули (принцип запрета) в атоме не может быть двух или более электронов, обладающих одинаковой совокупностью четырех квантовых чисел, то есть два электрона не могут одновременно находиться в одинаковом состоянии. Максимальное число электронов N на данном уровне определяется по формуле $N=2n^2$, где n -главное квантовое число.

Спином обладают не только электроны, но и другие элементарные частицы кроме мезонов. Спин может принимать целые 0, ±1, ±2 (частиц со спином более 2 возможно вообще не существует) или полуцелые ±1/2, ±3/2 значения, соответствующие двум противоположным направлениям вращения. Например, протон, нейтрон, как и электрон, имеют спин ±1/2, а фотон ±1. Принцип Паули распространяется на все частицы с полуцелым спином.

Следовательно, состояние электрона в атоме может быть описано с помощью четырех квантовых чисел, которые характеризуют энергию электрона, форму и ориентацию в пространстве электронного облака, а также спин электрона. При переходе атома из одного энергетического состояния в другое меняются значения квантовых чисел, и происходит перестройка электронного облака. При этом атом поглощает или испускает квант энергии. Современные представления о строении атома, основанные на квантовой механике, позволяют объяснить периодическую повторяемость свойств, которая заложена в периодической системе элементов Д.И. Менделеева.

Элементарные частицы характеризуются еще временем жизни. Они делятся на стабильные и нестабильные. Стабильных частиц известно всего четыре – это протон, фотон, электрон и нейтрино. Большинство элементарных частиц нестабильны, время их жизни колеблется от нескольких микросекунд до 10^{-24} с. Источником получения первичных элементарных частиц были космические лучи, кроме того, они получаются либо при β-распаде атомных ядер, либо в ядерных реакциях, превращаясь друг в друга. Новые частицы, как правило, открывают в реакциях рассеяния уже известных частиц. Для этого частицы сталкивают с как можно большими энергиями и затем исследуют продукты их взаимодействия и фрагменты, на которые распались образовавшиеся частицы. Для этого используется способность элементарных частиц к взаимодействию и взаимопревращению. Так, например, квант ($h\nu$) способен в определенных условиях превращаться в пару электрон – позитрон:

$$2\,h\nu \leftarrow\!\!\rightarrow e^- + e^+,$$

а не связанный в ядре нейтрон – самопроизвольно (период полураспада 12 мин) может превращаться в протон (p), электрон (e^-) и нейтрино (ν):

$$n^0{}_1 \rightarrow p^+{}_1 + e^- + \nu^0 .$$

В 1936 г. немецкий физик Дирак предсказал существование **античастиц, т.е. частиц с противоположным знаком заряда, но с подобными исходным частицам свойствами.** Действительно, если в природе существует симметрия, то частицам должны соответствовать античастицы. Первым из античастиц был открыт **позитрон – античастица электрона.** Они различаются только знаком заряда: e^- и e^+. Позднее были открыты **π^+- и π^--мезоны, $м^+$- и $м^-$-мюоны, антипротоны** и другие античастицы. Характерная особенность поведения частиц и античастиц – их аннигиляция при столкновении, т.е. переход в другие частицы с сохранением энергии, импульса, электрического заряда и т.п. Примером тому может быть взаимоуничтожение электрона и позитрона с выделением энергии при рождении двух фотонов (уравнение приведено выше). Теоретически из античастиц можно построить антиядра, а следовательно, и антивещество. Свидетельством присутствия антивещества во Вселенной было бы мощное излучение, приходящее из областей соприкосновения его с обычным веществом, поскольку аннигиляция только одного грамма частиц и античастиц приводит к выделению энергии, эквивалентной взрыву в 10 килотонн тротила (средняя атомная бомба). Однако астрофизики пока еще не обнаружили во Вселенной заметного количества антивещества.

В квантовой механике известны еще **виртуальные частицы – кванты релятивистских волновых полей, участвующие в вакуумных флуктуациях.** Эти частицы имеют такие же квантовые числа, как и обычные реальные частицы, но отличаются от последних тем, что для них не выполняется соотношение специальной теории относительности между энергией, импульсом и массой. Возможность такого нарушения вытекает из квантового соот-

ношения неопределенностей между энергией и временем и может происходить лишь в течение малого промежутка времени, что препятствует экспериментальной их регистрации. Считается, что виртуальные частицы ответственны за квантовый механизм взаимодействия частиц.

Общим свойством элементарных частиц является то, что они представляют собой специфические формы существования материи, не ассоциированной в ядра и атомы, за исключением протона и нейтрона. Как показали работы последних десятилетий XX века, известный нам уже очень богатый мир элементарных частиц живет по определенным закономерностям и обладает глубоким структурным порядком.

Итак, будет ли конец возможности расщепления ядер и элементарных частиц определит только процесс научного знания.

5.3.1. Классификация элементарных частиц

Исходя из значений спина, все элементарные частицы делят на две группы. **Частицы с полуцелым спином (1/2, 3/2) называются *фермионами*** (в честь известного физика Ферми). Эти частицы, как мы уже отмечали выше, подчиняются принципу Паули. **Частицы с целочисленным спином (0, 1, 2) называются *бозонами*** (в честь другого известного физика Бозе). На них запрет Паули не распространяется.

Такое разделение частиц имеет далеко идущие последствия. Так поля фермионов всегда остаются квантованными, и в классическом пределе они переходят в частицы. Например, электрон, являющийся фермионом, в классическом пределе выступает как истинная частица, хотя и обладает волновыми свойствами. То же относится к протону и другим фермионам. Поля же бозонов в пределе переходят в классические поля. Так фотон, в пределе становиться электромагнитным полем (свет, радиоволны). Существование фермионов и бозонов создает важнейшую предпосылку для проявлений привычного нашего макромира, состоящего из атомного вещества (фермионы) и излучений (бозоны).

По способности элементарных частиц участвовать в тех или иных видах взаимодействий их делят на две основные группы: **адроны**, участвующие, прежде всего, в сильном взаимодействии, наряду с электромагнитным и слабым, и **лептоны**, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействиях. Кроме того, выделяют еще группу частиц, которые не являются строительным материалом материи, но с помощью которых осуществляется перенос взаимодействий. Считается, что все частицы обладают гравитационным взаимодействием.

Все лептоны имеют спин ½. Общее число известных лептонов двенадцать. Наиболее известными их представителями являются электрон, нейтрино и мюон. Электрон и мюон имеют электрический заряд (-1) и участвуют в слабом и электромагнитном взаимодействиях, а нейтрино, не имея заряда, – только в слабом взаимодействии. Полагают, что **электрон являет-**

ся истинной элементарной частицей. Нейтрино – наиболее распространенная частица во Вселенной. Вселенную можно представить себе как безбрежное нейтринное море, в котором встречаются острова в виде атомов. Не участвуя ни в сильном, ни в электромагнитном взаимодействиях, эти частицы проникают через вещество, как будто его вообще нет, поэтому изучать их очень сложно. Нейтрино, как говорят, – это некие «призраки» физического мира. В 60-х годах было установлено, что **нейтрино существует в виде электронного, мюонного и тау-нейтрино.** На долю мюонов приходится значительная часть космического излучения. Это субатомная частица, как и электрон, имеет тот же заряд и спин, но имеет большую массу (в 206,7 раза больше электрона) и является нестабильной. За две миллионные доли секунды она распадается на электрон и два нейтрино. Третий заряженный лептон, открытый в 70-х годах, был назван тау-лептон. Эта частица ведет себя подобно электрону и мюону, но масса ее превышает массу электрона в 3500 раз.

Адроны (в переводе с греческого означает большой, сильный) **– самый большой класс субатомных частиц.** Из адронов наиболее известны и широко распространены нейтрон и протон. Это относительно стабильные частицы. Большинство же адронов, а их насчитывается более трехсот, – резонансы, т.е. крайне нестабильные частицы.

Все адроны подразделяется на две группы – *барионы и мезоны*. Барионы – это адроны с полуцелым спином. Самые известные барионы нейтрон и протон называют нуклонами. Их отличительным свойством можно считать наличие сохраняющегося барионного заряда, введенного для описания опытного факта постоянства во всех известных процессах разности между числом барионов и антибарионов. Наблюдаемое в настоящее время отношение числа нуклонов к числу антинуклонов имеет порядок 10^8-10^{10}. Это явление получило **название барионной асимметрии Вселенной.** ***Мезоны* – это адроны с целым спином.** Их барионный заряд равен нулю.

Адроны не являются истинно элементарными частицами, т.к. имеют конечные размеры и сложную структуру. Различие в их свойствах объясняют с помощью кварковой модели, которая была предложена только в 1963 году.

Четыре вида фундаментальных взаимодействий обеспечиваются четырьмя различными видами частиц – **переносчиками взаимодействия.** Переносчиком электромагнитного взаимодействия является **фотон** – одна из первых открытых частиц. Переносчиками слабого взаимодействия считаются **бозоны.** Три частицы, принадлежащие к бозонам ($W^{\pm}$ и Z^0), были открыты только в 1983 г. Время жизни бозонов очень мало – всего 10^{-26} с. Однако, они обладают большой массой покоя. Переносчиками сильного взаимодействия выступают **глюоны**. Они обеспечивают связывание между кварками. Предполагают существование четвертого типа частиц-переносчиков гравитационного взаимодействия – **гравитонов.** Считают, что гравитоны, подобно фотонам, движутся со скоростью света и имеют нулевую массу покоя. Спин

гравитона предполагают равный 2, в отличие от фотона (его спин равен 1). Это различие определяет направление действия силы: при электромагнитном взаимодействии одноименно заряженные частицы отталкиваются, а при гравитационном – притягиваются. В связи с тем, что гравитационное взаимодействие очень слабое, гравитоны зарегистрировать пока не удалось.

Принятая на сегодня классификация элементарных частиц с делением на лептоны, адроны и переносчики взаимодействий исчерпывает мир известных нам субатомных частиц. Каждый вид частиц играет свою специфическую роль в формировании структуры материи и всей Вселенной.

5.3.2. Теория кварков

Огромное количество открытых адронов, способствовало развитию работ по их систематизации: выявлению общих свойств и различий. Наиболее естественное объяснение свойств адронной материи и группирование адронов в семейства было получено с помощью кварковой модели строения адронов. Термин «кварк» был совершенно произвольно заимствован создателями кварковой теории английскими физиками Гелл-Манном и Цвейгом из романа Дж. Джойса.

Согласно кварковой модели адроны рассматриваются как частицы, имеющие сложную внутреннюю структуру. Фундаментальным структурным элементом адронов считаются кварки.

***Кварк* – частица со спином 1/2 и дробным электрическим зарядом.** Кроме спина **кварки имеют еще две внутренние степени свободы, которые назвали «аромат» и «цвет».** Ароматов известно пять и предполагается наличие шестого. Свойства кварков разных ароматов различны. Обычное вещество состоит из легких u- и d- кварков, входящих в состав нуклонов ядер, так барион (протон) состоит из двух u- и одного d- кварков. Каждый кварк может находиться в одном из трех цветовых состояний, которые условно называют красным, синим и желтым. В адронах кварки скомбинированы таким образом, что возникающие состояния не несут цвета. Цветовой заряд в квантовой хромодинамике (теория сильного взаимодействия) является аналогом электрического заряда, порождающего электрическое поле. Цветовой заряд порождает **глюонное поле**. Взаимодействие кварков осуществляется путем обмена глюонными полями восьми цветовых разновидностей. Квантами глюонных полей являются глюоны, которые в какой-то мере подобны фотонам, но могут перемещаться только в пределах очень малых расстояний - 10^{-15} м. Как и кварки, глюоны существуют лишь внутри адронов, и об их присутствии можно судить только по следствиям, которые они вызывают.

Атомистическая концепция опирается на представление о дискретном строении материи, согласно которому объяснение свойств физического тела можно в конечном итоге свести к свойствам составляющих его мельчайших частиц, которые на определенном этапе познания считаются неделимыми. Одна из трудностей, которые возникают при таком подходе, эта редукция

сложного к простому, при которой не учитываются качественные различия между ними. Поэтому с философской точки зрения, интересны подходы к изучению материи на выявлении внутренних связей частиц. Путь лежит на объединении концепций атомизма и дискретности с одной стороны и непрерывности, целостности и системного подхода – с другой.

Контрольные вопросы

1. Как рассматривается свет в теории Максвелла?
2. Что такое фотоэффект?
3. Каково значение постоянной Планка для естествознания?
4. Какую точку зрения на природу распространения света высказал Эйнштейн?
5. Как рассматривает свет корпускулярно-волновая теория?
6. Кто и как доказал что атом делим?
7. Каково значение для развития естествознания планетарной модели атома, созданной Резерфордом?
8. Какие проблемы модели атома решила, а какие создала теория Бора?
9. Какую гипотезу о свойствах электрона высказал Луи де Бройль?
10. В каких случаях микрочастица может проявлять волновые свойства?
11. Что описывает уравнение Шредингера?
12. Как Вы понимаете вероятность?
13. Каков смысл принципа дополнительности?
14. Какова суть и значимость принципа неопределенности?
15. Каково значение эксперимента в квантовой механике?
16. Какие виды элементарных частиц Вы знаете?
17. Чем отличаются кварки от других элементарных частиц?
18. Существует ли предел делимости материи?

Темы для докладов

1. Как граничат и сотрудничают квантовая механика, теории относительности Эйнштейна и классическая механика Ньютона?
2. Первые модели атома и современная точка зрения о строении атомного ядра.

РАЗДЕЛ III
КОНЦЕПЦИИ ОПИСАНИЯ ПРИРОДЫ И ВСЕЛЕННОЙ

Глава 6. Фундаментальные концепции описания природы

В рамках классической и современной физики сформировались основные положения, характеризующие состояние ключевых вопросов физики. Это понятия и взаимоотношения пространства и время, материи и движения, взаимодействия сил.

6.1. Пространство и время

Я знаю, время растяжимо.
Оно зависит от того,
Какого рода содержимым
Вы наполняете его.
Мгновенья наполняют сутки,
Но положи их на весы –
Увидишь долгие минутки
И очень краткие часы.

С. Маршак

Пространство и время объективны и реальны, они существуют независимо от сознания людей и познания ими этой объективной реальности.

Представления о пространстве и времени используют для количественного описания движения. Понятие пространство и время возникло из очевидного существования в природе физических тел.

В философском словаре **время определяется как «атрибут, всеобщая форма бытия материи, выражающая длительность бытия и последовательность смены состояний всех материальных систем и процессов в мире.** Время не существует само по себе, вне материальных изменений; точно так же невозможно существование материальных систем и процессов, не обладающих длительностью, не изменяющихся от прошлого к будущему». Оно универсально.

И. Ньютон различал **время абсолютное и относительное. Абсолютное** (истинное или математическое) **время, протекающее независимо, без**

всякого отношения к чему-либо внешнему, он назвал длительностью. Течение абсолютного времени измениться не может. Поэтому и длительность существования вещей одна и также. Абсолютное время однородно. Это означает симметрию относительно сдвигов, в частности то, что точка отсчета времени, то есть его начало, не имеет значения. Длительность времени от этого не меняется. Все процессы длятся во времени, мгновенных процессов нет.

Относительное (кажущееся) время употребляется в обыденной жизни вместо математического времени – это час, год, сутки и т.д. Формирование понятия относительного времени происходило под влиянием наблюдаемых природных явлений и периодических процессов, связанных, например, с движением Земли, Солнца, Луны, сменой дня и ночи и др. Стабильная повторяемость этих процессов позволила сначала интуитивно, а затем и законно, закрепить в физике деление времени на одинаковые интервалы и принять астрономическую шкалу времени в качестве единственной.

С появлением теории относительности возникло убеждение, что абсолютное время не имеет физического смысла, оно – лишь идеальное математическое представление, ибо в природе нет такого реального физического процесса, пригодного для измерения абсолютного времени, так как течение времени зависит от скорости движения системы отсчета. При скорости, близкой к скорости света, время замедляется. Кроме того, поле тяготения приводит к гравитационному замедлению времени, то есть время – зависимая сущность. Оно всегда относительно и в различных физических условиях течет с различной скоростью. Постулат времени – одинаковые во всех отношениях явления происходят за одинаковое время.

Время является одномерным. Это проявляется в линейной последовательности генетически связанных между собой событий. Если бы время имело не одно, а несколько измерений, то это означало бы, что параллельно нашему миру существуют аналогичные, никак не связанные с ним, миры-двойники, в которых те же самые события разворачивались бы в одинаковой последовательности.

Всеобщим свойством времени является необратимость, означающая однонаправленное изменение от прошлого через настоящее к будущему. Последние понятия для различных систем, например, в мега-, макро- и микромире оказываются относительными. Так для объективно существующих систем настоящее время охватывает тот интервал времени, в течение которого они физически взаимодействуют путем обмена материей и энергией. В связи с тем, что скорость распространения воздействий всегда конечна и не превышает скорости света в вакууме, физически проявляющееся во взаимодействиях «настоящее» материальных систем охватывает тот временной интервал, в течение которого они способны провзаимодействовать. Для элементарных частиц это будут очень малые отрезки времени, для Галактики они возрастают до сотни тысяч лет. Внутри этого настоящего для больших

систем могут укладываться события прошлого, настоящего и будущего малых систем, существующих намного меньшее время, например, жизни конкретных поколений людей.

Насколько обоснованно, мы считаем, что действие и время изменяются направленно, только от прошлого к будущему?

Согласно законам классической механики, для того, чтобы определить движение точки, начальное ее положение надо совместить с началом координат, а движение рассматривать по положительному направлению оси X. Время в таких расчетах мы всегда принимаем положительным ($dt > 0$) Зададимся вопросом: можно ли считать время развивающимся в отрицательном направлении ($dt < 0$)?

В уравнение движения для материальной точки дифференциал времени входит как квадрат его значения:

$$d^2x / dt^2 = f / m$$

Значит величина d^2x / dt^2 не будет меняться при замене dt на -dt. То есть основное уравнение движения инвариантно к смене знака времени, и движение с отрицательным временем эквивалентно движению с положительным временем. Таким образом, механический эксперимент не устанавливает знака времени. Следовательно, с точки зрения классической механики, в равной степени возможны события, происходящие как от прошлого к будущему, так и от будущего к прошлому!

Это положение можно легко проиллюстрировать примером. Запишем на кинопленку движение точки А, изначально находившейся в состоянии покоя в начале координат, вдоль оси X до положения XA. Когда мы прокрутим пленку, то увидим равноускоренное движение точки слева направо. Если же мы запустим пленку в обратном направлении, то увидим равнозамедленное движение точки справа налево. За этот же промежуток времени она достигнет своего исходного положения, кода ее скорость была равна нулю. Не зная, какое из направлений движения отвечает реальной картине, мы не можем дать правильной оценки – прокручивается прямой или обратный эксперимент. В данном случае движение от прошлого к будущему легко спутать с движением от будущего к прошлому. Ничто не запрещает событиям развиваться как в направлении от 0 до t , так и в направлении от 0 до -t. Отсюда следует, что все результаты изменения системы обратимы относительно времени, и оказывается не только в механике Ньютона, но и в механике Эйнштейна, и в квантовой механике. Так, если во временном уравнении Шредингера заменить $dt > 0$ на $dt < 0$, это не отразится на производной вероятности – $d\Psi / dt$. Во всех этих областях физики время рассматривается просто как параметр, которому можно придать как положительные, так и отрицательные значения. Действительно законы физики инвариантны относительно выбора начала отсчета времени: они воспроизводятся с интервалом во много лет. Математически это возможно, если при изменении начала отсчета, значения отрезков времени от начала до данного момента различаются

на постоянную величину: $t' = t + \Delta t$, где $\Delta t = const$, тогда $dt' = dt$. В этом случае все уравнения в физике остаются неизменными, а время можно считать обратимым. Получается, что мы сами выбираем время всегда $t > 0$!

Однако, если отснять на кинопленку более сложный эксперимент, например, динамику раскрытия цветка, выход птенца из яйца или развитие растения из семени, и прокрутить снятый фильм, как в и первом случае с движущейся точкой А, то мы точно определим порядок событий и выявим запрещенную ситуацию, а именно ту, в которой время отсчитывается вспять, то есть $t < 0$. В большинстве же разделов физики такого запрета событий при формальной замене t на -t нет. Следовательно, существующее физическое описание этих разделов неполно отражает какие-то стороны реальных процессов и свойств объектов, знание которых позволило бы ситуацию $t < 0$ считать запрещенной. Предполагают, что должно существовать ограничение для значений $t < 0$, напоминающее принцип запрета Паули. Этот важнейший вопрос фактически начал разрабатываться только в наш век, хотя понятием времени физики пользовались уже не одну сотню лет. Важность его велика не только для физики, но и для многих, в том числе молодых наук, как, например, молекулярная биология, для которых идея развития от прошлого к будущему составляет суть предмета.

Существующее мнение о том, что все физические законы инвариантны относительно знака времени, то есть, могут происходить одинаково и в прямом и обратном направлении, по крайней мере, в микромире, где закон возрастания энтропии не определяет взаимодействие частиц, все более подвергается сомнению. Необратимость (асимметричность) времени, неэквивалентность прошлого и будущего осознается уже различными науками, тем более, что за последние годы были открыты процессы распада элементарных частиц – нейтронов и мезонов с излучением нейтрино. Причины необратимости времени связывают сегодня с законами неравновесной термодинамики. Обратное движение времени означало бы обращение вспять всех процессов развития в мире и причинных отношений, что привело бы к нарушению закона причинности.

Высказываются и очень необычные точки зрения на понятие времени. К таким можно отнести концепцию времени, разработанную одним из выдающихся российских ученых профессором Пулковской обсерватории **Николаем Александровичем Козыревым (1908-1983 гг.).** Согласно ей **время – это физический фактор, обладающий свойствами, позволяющими ему активно участвовать во всех природных процессах, обеспечивая причинно-следственную связь явлений.** Время является одной из основных форм энергии Космоса, главной организующей силой всех процессов во Вселенной. Именно энергия времени является «топливом» для нашего Солнца и других звезд. Она распространяется по Вселенной мгновенно и обладает не только направленностью (знаком), но и плотностью, с которой напрямую связан ход времени. Козырев считает, что «все процессы, где есть причинно-

следственные переходы, выделяют или поглощают время. Где нет этих переходов, времени просто не существует. Скажем, его не существует в «черных дырах», поскольку там ничего не происходит: гигантское притяжение этой массы, проваливающейся в себя саму, остановило это движение. Даже движение молекул и атомов. И время тоже остановилось. А звезды, наоборот, – кипящий котел…И оттуда идет огромный выброс времени. Причем оно течет то быстрее, то медленнее, в зависимости от условий».

Для подтверждения своих взглядов Козырев создал оригинальные приборы, позволяющие «взвешивать» **потоки времени**, и показал, что плотность времени больше там, где идут нестационарные процессы: все равно будет ли это смешение горячей и холодной воды или бурление гигантских масс звездного вещества. Оказалось, что с возрастанием энтропии плотность времени увеличивается, то есть, когда порядок убывает, он отдает свою энергию времени. Теория и эксперимент Козырева приводят к очень интересному, неадекватному сегодняшнему уровню знаний, выводу о том, что **информация в настоящее поступает как из прошлого, так и из будущего.** Смелые работы Козырева, открывают новое направление в исследовании свойств времени и процессов, происходящих во Вселенной. Его ученики и последователи в Новосибирске и Москве активно продолжают развивать выдвинутые проблемы, которые, безусловно, требуют как дальнейшей экспериментальной проработки, так и серьезного осмысления полученных данных.

О пространстве в философском словаре о сообщается, что это «форма бытия материи, характеризующая ее протяженность, структурность, существование и взаимодействие элементов во всех материальных системах».

И. Ньютон, изучая движение тел, пришел к заключению о том, что **пространство – независимо существующая субстанция, в которой могут перемещаться материальные тела.** Каждый объект обладает в пространстве определенным положением и ориентацией. Определить положение тела в пространстве можно только относительно системы объектов при его обязательно ускоренном движении. Движения с постоянной скоростью зарегистрировать невозможно. Поэтому у Ньютона все равномерные движения относительны, а ускоренные – абсолютны. Причины, вызывающие ускоренное движение он назвал силами. Само же по себе пространство по его представлению не оказывает силового воздействия на движущиеся тела. Со временем эта точка зрения на пространство была в корне изменена.

Пространство – это универсальная форма существования материи. Важным свойством пространства является его трехмерность. Для определения положения объекта (материальной точки) в пространстве задаются его три координаты, т.е. долгота, широта и высота. Декарт для описания положения точки, как мы уже говорили, предложил прямоугольную систему координат (декартовы координаты) – x, y, z. Существуют и другие системы координат, например косоугольная система координат, в которой оси располагаются под углом, в сферической системе координат координатами являются радиус-вектор r, и углы α и β, в цилиндрической системе – высота z, радиус-вектор и угол α.

Чтобы охарактеризовать положение точки на прямой с помощью координат необходимо задать одно число, на плоскости – два, для описания положения в пространстве – три числа. Число координат, с помощью которых задается положение точки в пространстве, называется числом степеней свободы, а координаты – степенью свободы. Точка, находящаяся в пространстве, имеет три степени свободы, поэтому мы говорим о трехмерном пространстве. Три измерения являются тем необходимым и достаточным минимумом, в рамках которого могут осуществляться все типы взаимодействий материальных объектов. Трехмерное пространство описывается геометрией Евклида.

Мы способны воспринять только трехмерное пространство. Закон обратных квадратов, по которому действуют друг на друга точечные гравитационные массы или электрические заряды, обусловлен трехмерностью пространства. В пространстве п измерений точечные частицы взаимодействовали бы по закону обратной степени (п-1). Поэтому для п = 3 справедлив закон обратных квадратов, так как 3-1=2. При п = 4, что соответствует закону обратных кубов, планеты двигались бы по спиралям и быстро упали на Солнце. В атомах, при числе измерений больше трех, также не существовало бы устойчивых орбит, то есть не было бы химических процессов и жизни.

Что бы охарактеризовать изменение положения (движение) точки в пространстве необходимо ввести еще одну координату – время. Эта четырехмерная система называется пространственно-временной системой отсчета (пространственно-временной континуум), в котором пространство и время – это две стороны пространственно-временного континуума. Время можно измерять мерой пространства – расстоянием, а расстояние – мерой времени. Пространственно-временной континуум – это новое свойство характеристики физических явлений. «Каждому событию, т.е. изменению системы, – писал Эйнштейн – соответствует четыре числа, мир событий есть четырехмерный континуум». Согласно общей теории относительности Эйнштейна, свойства пространства-времени определяется распределением и движением материи в пространстве. При наличии в пространстве тяготеющих масс, а следовательно, и поля тяготения, пространство искривляется и становится неевклидовым.

Пространство обладает свойством однородности и изотропности. Это значит, что все точки и все направления пространства равноправны.

В науке используется понятие многомерного пространства. Идея многомерного пространства оказалась плодотворной и успешно разрабатывается. Еще в начале XX в. немецким приват-доцентом **Теодором Калуцей (1885-1954 гг.)** и шведским физиком **Оскаром Клейном** была построена и обоснована теория пятимерного пространства. Клейн рассчитал его с помощью модифицированного уравнения Шредингера, в котором вместо четырех переменных использовал пять. Эта теория была одной из первых попыток найти первооснову всех фундаментальных взаимодействий, но оказалась не удовлетворительной, поскольку не могла еще учесть квантово-механических эффектов.

Для иллюстрации пятого пространства Клейн в качестве примера рассматривал шланг, который издалека кажется простой лентой, а вблизи каж-

дая ее точка оказывается окружностью. Он предполагал, что неощущаемые нами измерения пространства «свернуты» до очень малых размеров, а воспринимаемые точки в пространстве трех измерений являются ненаблюдаемыми нами окружностями в дополнительном измерении, своеобразными петельками. В связи с тем, что рассчитанный размер петелек очень мал, в 10^{-20} меньше размера атомного ядра, пятое измерение наблюдать мы не можем. Российские ученые **Г.А. Мандель и В.А. Фок** полагают, что пятое измерение может быть физически реальным. Оно проявляется как траектория движения заряженной частицы в пятимерном пространстве по кратчайшему расстоянию – геодезической линии, но не обнаруживается поскольку здесь реализуется действие соотношения неопределенности Гейзенберга. Образно пятимерное пространство пытаются представить по аналогии с четырехмерным. Если четырехмерный мир представляется как совокупность изображений мяча в каждой временной точке, которая создает «трубу» из мячей, тянущуюся из прошлого в будущее, то пятимерное пространство – это поле, плоскость из таких абсолютно одинаковых миров. Это приводит к гипотезе о существовании параллельных миров. Во всех мирах, имеющих от трех до пяти измерений, даже одна причина, хотя бы случайная, может породить несколько следствий.

С математической точки зрения наиболее интересным получается мир с 11 измерениями, 7 из которых являются свернутыми, скрытыми для восприятия. Этот современный вариант теории Калуцы-Клейна объединяет четыре обычные измерения пространства-времени с тремя фундаментальными взаимодействиями. В последние годы была выдвинута гипотеза о реальных 11 измерениях в области микромира в первые минуты рождения нашей Вселенной: 10 пространственных и одно временное. Затем из них возникает 4-х мерный континуум.

Если учитывать большое количество свойств пространства и времени, а также их взаимосвязанные переменные, мир можно построить из разного числа измерений. В 90-ые годы используются и 26-мерные модели. В современных теориях – теории супергравитации, теории суперструн, уже учитываются квантово-механические эффекты, а основные взаимодействия рассматриваются как геометрические конструкции.

Указанные свойства пространства и времени связаны главными законами физики – законами сохранения. Если свойства системы не меняются от преобразования переменных, то ей соответствует определенный закон сохранения. Это – одно из существенных выражений симметрии в мире. Симметрии относительно сдвига времени (однородности времени) соответствует закон сохранения энергии; симметрии относительно пространственного сдвига (однородности пространства) – закон сохранения импульса; симметрии по отношению поворота координатных осей (изотропности пространства) – закон сохранения момента импульса или углового момента. Из этих свойств вытекает и независимость пространственно-временного интервала, его инвариантность и абсолютность по отношению ко всем системам отсчета.

Кроме физического понятия пространства и время в современной науке используются понятия **биологического, психологического и социального пространства и времени.** Своеобразие биологических систем

обеспечивается особенностью пространственно-временных форм органической материи (белковых молекул), а именно, их молекулярной асимметрией (хиральностью), а также существованием собственных временных ритмов, синхронизацией их друг с другом и с внешними ритмами, в частности, сменой дня и ночи или сменой время года. Формирование психологического пространства и времени происходит в результате становления человеческой психики. Психическая регуляция движений человека и его предметных действий происходит не только на уровне отражения внешнего физического пространства, но и на основе собственной телесной биомеханики и собственного пространства. В обществе теперь тоже признается действие пространственно-временных отношений. К ним относят собственные ритмы общественных систем и темпы изменения в различных сферах общественной жизни. Метрические (количественные) и топологические (качественные) свойства пространства и времени в таких объектах могут существенно различаться.

Существуют понятия жизненного и духовного пространства. В нашем мире, будь то человек, животное или мир неживой материи, – все требует своего жизненного пространства. **Понятие «жизненное пространство» намного шире физического объема тел и для живой материи оно включает в себя и пространство жизненных ресурсов, и проблему гармоничного пребывания человека на Земле.** Свое жизненное пространство ищет и занимает и косная материя. Например, когда внешние условия изменяются так, что вещество, находившееся в растворе, должно закристаллизоваться, никакие внешние силы не удержат объем тела прежним. Будет реализовываться то жизненное пространство кристалла, которое задано типом кристаллической решетки для данного вещества. Так, вода, замерзая в закрытом сосуде, разорвет его на части потому, что в твердом состоянии она занимает больший объем, ей требуется большее жизненное пространство.

Духовное пространство ассоциируется с чувством свободы, простора, независимости и красоты. Это гармония внутреннего мира с внешним, видимым миром. Когда рождается духовная свобода; человек тогда может выбирать свой духовный путь, обретая свободу духовного волеизъявления.

6.2. Материя и движение

По определению, данному В.И. Лениным, **материя – это философская категория для обозначения объективной реальности, которая…отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них.** То есть все существующее вокруг нас и обнаруживаемое нами посредством ощущений представляет собой материю.

Важнейшими атрибутами материи являются структурность и системность. Они выражают упорядоченность существования материи и те конкретные формы, в которых она проявляется. Понятие **структура** материи охватывает различные микро-, макротела и все космические системы. Эмпирически доступная нам для наблюдения область лежит в пределах от 10^{-15} см до 10^{28} см (около 20 млрд. световых лет), а во времени – до $2 \cdot 10^{10}$ лет. В этих

доступных нам масштабах структурность материи проявляется в ее системной организации – существовании в виде множества иерархически взаимосвязанных систем: элементарные частицы и поля, атомы, молекулы, макроскопические тела, геологические системы, планеты, звезды, галактика, метагалактики. Особым типом материальных систем является живое вещество, которое отличается способностью размножаться.

Существование всех материальных систем связано с проблемой безграничной делимости материи. Долгое время считалось, что мельчайшей частицей вещества является атом. **Сегодня в микромире выделяют уже четыре уровня вещества: молекулярный, атомный, нуклонный (атомное ядро и частицы его составляющие) и кварковый.** Обсуждается возможный облик пятого (суперструнного) уровня. Каждый вновь открываемый уровень материи качественно отличается от ранее известных, и описывается присущими только ему законами. Поиск самых простых частиц вещества привел исследователей к пониманию того, что частица любого уровня сложна по своей сущности и в своих проявлениях, она неотделима от других физических реальностей, в числе которых особая роль принадлежит фону – физическому вакууму. Условно принято считать элементарными частицами те, у которых пока не обнаружена внутренняя структура (их размеры недоступны измерению, они менее 10^{-15} см).

Системность **– внутреннее свойство материи – определяется как упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, проявляющее себя как нечто единое по отношению к внешним условиям.** Внутренняя связь между элементами системы более устойчива, чем связь каждого из элементов с окружающей средой. В неживой природе множество объектов будет целостной системой только в том случае, если энергия связи между ними больше их суммарной кинетической энергии совместно с энергией внешних воздействий, направленных на разрушение системы. Поскольку эта энергия не возникает из ничего, стабильность и целостность систем оказывается косвенно обусловленной действием закона сохранения энергии. С переходом от космических систем к макроскопическим телам, атомам и атомным ядрам к гравитационным силам, действующим в масштабе Вселенной, добавляются более сильные электромагнитные и ядерные взаимодействия. Чем меньше размеры системы, тем более прочно связаны ее элементы. Современная физика, пытаясь ответить на вопрос, из чего состоит материя, ищет ответ на уровне микромира.

Неотъемлемым атрибутом материи является движение. Тела взаимодействуют, и это приводит к всевозможным изменениям и движениям. Взаимодействие тел в макромире осуществляется под действием сил тяготения и электромагнитных сил. ***Сила*** **– это физическая мера взаимодействия тел и причина изменения их механического движения.** Источником силы в соответствии с законом всемирного тяготения является **масса тел.** Масса не квантуется (пока) и выступает как мера гравитационного взаимодействия (масса тяжелая) и мера инертности тел (масса инертная). Относительно точ-

ные измерения показывают их равенство. **Движение материи представляет собой не только перемещение тел относительно друг друга (механическое движение), но и любые изменения свойств, состояний, связей** и т.п. Всеобщие объективные формы бытия материи – **пространство и время.**

В классической физике различали два вида материи: **вещество и поле.** Современное естествознание считает, что еще и вакуум является видом материи.

Под веществом подразумевают различные тела, которым присуща масса покоя. Мельчайшей частицей вещества считаются элементарные частицы, которые характеризуются определенными физическими величинами, в частности, спин, заряд, масса покоя, время жизни, квантовые числа. **Под полем подразумевают специфическую форму распределения материи в пространстве-времени, которая характеризуется в каждой точке пространства-времени определенными параметрами, например, длиной и амплитудой волны.** Поля и их кванты не имеют массы покоя, хотя обладают импульсом.

Поле и вещество не противопоставляются друг другу. Они составляют единое целое, поскольку поля входят в структуру вещества. На долю частиц вещества приходится лишь очень малая $10^{-36} – 10^{-40}$ часть общего объема системы, внутренняя часть системы «занята» полями. Поля не являются абсолютно континуальными средами, так как при излучении и поглощении они проявляются дискретно, например, в виде кантов, фотонов, которые взаимодействуют с частицами как дискретные образования. Частицы, в свою очередь, нельзя представлять локальными объектами, они неотделимы от полей, и не существует абсолютно резкой границы, где кончается собственно частица и начинается ее внешнее поле. В пограничной области существует непрерывный взаимопереход полей и частиц. Это одно из важнейших проявлений единства прерывности и непрерывности в структуре материи.

Согласно квантовой теории поля частицы, обладающие массой, рождаются из физического вакуума представляя собой совокупность частиц и античастиц, при достаточно высокой концентрации энергии, которая тем самым выступает более фундаментальной и общей концепцией, чем масса, поскольку она присуща не только веществу, но и безмассовым полям.

Одним из универсальных свойств материи является ее способность отражаться в нашем сознании.

6.3. Фундаментальные взаимодействия в природе

Вспомним учение древних мыслителей Фалеса, Гераклита и др. Они считали фундаментальными сущностями четыре стихии – землю, воду, воздух и огонь. Современная физика пытается раскрыть все содержание реального мира через проявления четырех видов взаимодействий: гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого.

Гравитационное взаимодействие является универсальным и в рамках классической физики **описывается фундаментальным законом всемирного тяготения.** Все, что имеет массу, а масса присуща любой форме, любому виду материи, испытывает гравитационное притяжение. Исключение не составляет даже свет. Гравитационное взаимодействие свободно передается через любые тела, для него не существует преград. Действие сил всемирного тяготения простирается, непрерывно убывая, практически на неограниченные расстояния. Радиус действия гравитационного взаимодействия не ограничен, константа же его очень мала – $6 \cdot 10^{-39}$. В связи с тем, что **сила всемирного тяготения пропорциональна массам взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними,** гравитационным силам принадлежит доминирующая роль при взаимодействии больших масс, например, космических тел, в этом случае они становятся грандиозными. Так, например, Земля и Луна притягиваются с силой приблизительно равной $2 \cdot 10^{16}$ тонн! Вследствие того, что гравитационные силы являются дальнодействующими, гравитация связывает все тела Вселенной. Образование космических систем, в том числе нашей Галактики и Солнечной системы, их упорядоченность и развитие, объясняют именно гравитационным взаимодействием.

Гравитационное взаимодействие может играть существенную роль не только в космосе, но и в микромире. В квантовой теории гравитации допускается, что в субмикроскопических масштабах порядка 10^{-33} см и очень высокой плотности вещества, равной 10^{94} г/см^3 (планковская плотность), энергия гравитации становится сравнимой с энергией сильных взаимодействий.

На земле гравитационные силы слабы и пропорциональны массе тел. Так сила притяжения двух людей среднего веса при расстоянии между ними 1м не превышает трех сотых мг. В законах Ньютона сила притяжения выступает как инертная масса вещества. Согласно Эйнштейну, гравитационным взаимодействием определяется падение тел в поле тяготения Земли.

В рамках полевых представлений предполагается, что гравитационный заряд, эквивалентный инертной массе вещества, создает свое поле тяготения, элементарной частицей (квантом) которого является пока гипотетический гравитон. Силы тяготения являются результатом обмена между телами гравитонами или гравитационными волнами. Скорость распространения гравитационных волн, хотя они и не зарегистрированы, предполагается равной скорости света в вакууме. Согласно этой теории движение массивного тела, например, взрыв сверхновой звезды, приводит к возмущению его же гравитационного поля, которое распространяется со скоростью света в виде гравитационной волны. В связи с тем, что гравитационная сила мала, волна имеет малую амплитуду, зарегистрировать которую современная техника не способна. И все же американским физикам Р. Хялси и Дж. Тейлору косвенным путем уже удалось подтвердить существование гравитационных волн.

Электромагнитное взаимодействие связано с наличием электрического и магнитного полей. Электрическое поле возникает при наличии электрических зарядов, а магнитное – при их движении. В отличие от гравитационного взаимодействия, которое всегда проявляется как притяжение, электростатическое взаимодействие между заряженными телами в зависимости от знака заряда, сводится либо к притяжению, либо к отталкиванию. В отличие от электрических зарядов магнитные полюсы встречаются не по отдельности, а только парами – северный полюс и южный, хотя некоторые современные теории допускают возможность существования монополя.

Электромагнитное взаимодействие обладает универсальным характером и присуще всем телам.

Силы электромагнитного происхождения удерживают электроны в окрестности атомного ядра и организуют атомы в молекулы. Электромагнитное взаимодействие лежит в основе химической формы движения материи. Все химические реакции представляют собой проявление электромагнитных взаимодействий, которые выражаются в перестройке электронных оболочек атомов и молекул и в перераспределении связей между атомами в молекулах. Различные агрегатные состояния вещества, явления трения, упругие и другие свойства вещества определяются преимущественно силами межмолекулярного взаимодействия, которое по своей природе также является электромагнитным.

Электромагнитное взаимодействие описывается фундаментальными законами электростатики и электродинамики. Наиболее общее описание дает электромагнитная теория Максвелла, основанная на фундаментальных уравнениях, связывающих электрическое и магнитное поля. Электрические силы по закону Кулона обратно пропорциональны квадрату расстояния взаимодействующих частиц. В астрономических масштабах электромагнитное взаимодействие пренебрежительно мало, в связи с тем, что звезды электронейтральны. В масштабах макро- и микромира им принадлежит огромная роль. Радиус действия этих сил неограничен, но они значительно, в 100-1000 раз, слабее сильных взаимодействий.

В рамках новой теории электромагнетизма – квантовой электродинамики – современная физика постулирует существование электрического заряда, не раскрывая пока причин его существования, который создает поле. Квантом этого электромагнитного поля является безмассовый бозон – фотон. При электромагнитном воздействии происходит испускание и поглощение фотонов и других элементарных частиц. Эти процессы подчиняются законам сохранения энергии.

Сильное взаимодействие отвечает за устойчивость ядер и распространяется только в пределах ядра, то есть на расстоянии 10^{-13} см. Проявлением сильных взаимодействий выступают ядерные силы, объединяющие нуклоны в ядра. Чем сильнее взаимодействуют нуклоны в ядре, тем больше

энергия связи. Благодаря этим силам, ядра атомов являются очень устойчивыми системами, их трудно разрушить. Однако, с возрастанием размера ядра энергия связи уменьшается. Так, ядра элементов, находящихся в конце таблицы Менделеева, неустойчивы и могут самопроизвольно распадаться. Такой процесс называют радиоактивным распадом.

Открытие сложного кваркового строения адронов, в том числе и нуклонов, позволяет современной физике сильное взаимодействие трактовать как цветовое взаимодействие между кварками, объединяющимися в адроны. Теория этих процессов в настоящее время разрабатывается в рамках полевой теории, названной квантовой хромодинамикой.

Согласно этой теории, кварки обладают цветовым зарядом (синий, красный, зеленый). Каждый их кварков содержит комбинацию таких зарядов, но так, что полной компенсации их не происходит, и кварк обладает результирующим цветом, то есть способностью к взаимодействию с другим кварком. Цветовые заряды кварков создают поля, квантами которых являются безмассовые бозоны, получившие название глюонов. Некомпенсированный цветовой заряд глюонов приводит к сильному возмущению вакуума, поскольку активирует выделение в вакууме вертуальных глюонов и кварк-антикварковых пар, которые компенсируют вносимое цветовым зарядом возмущение. Сильное взаимодействие возникает при обмене между кварками или антикварками вертуальными глюонами. При определенном уровне вводимой энергии вакуум рождает не вертуальные, а реальные кварки-антикварки, которые соединятся с первичными частицами и образуют адроны. В этом случае они теряют свои индивидуальные качества. Глюонный обмен между кварками приобретает коллективный характер и приводит к связыванию реагирующих кварков в новую единую систему – атомное ядро.

Слабое взаимодействие существует только в микромире и было открыто при изучении явления радиоактивности и β-распада. Оно присуще всем адронам и лептонам, но не свойственно фотонам. Силы, которым соответствует слабое взаимодействие, ответственны за превращение и разложение микрочастиц, например, нейтрона на протон, электрон и антинейтрино. Распад нейтрона в данном случае обеспечивается превращением кварка аромата d в кварк аромата u. Слабое взаимодействие значительно меньше всех остальных взаимодействий, кроме гравитационного. В системах, где оно присутствует, его эффекты оказываются в тени электромагнитного и сильного взаимодействий. Радиус слабого взаимодействия очень мал, всего 10^{-15} см, поэтому оно ограничивается субатомными частицами.

Полевая теория слабого взаимодействия предполагает наличие у некоторых лептонов и кварков фундаментального слабого заряда. Слабый заряд формирует поле, обменными частицами которого являются векторные бозоны, имеющие значительную массу.

Слабые взаимодействия играют очень важную роль в природе. Они обеспечивают все ядерные процессы, происходящие на Земле и в космосе. Благодаря им происходят ядерные реакции в недрах Солнца и звезд, обеспечивающие Вселенную энергией и веществом.

В последние годы обсуждается возможность существования еще одного пятого взаимодействия. Предполагают, что дистанционное спиновое или торсионное взаимодействие, реализуемое в макромире, способно фиксировать и передавать информацию посредством торсионного поля. Поля кручения, связанные со спинторсионным взаимодействием, обладают способностью почти безэнергетически передавать информацию в любую часть Вселенной и обеспечивают «голографичность» информационных связей во Вселенной. Наличие пятого спинторсионного фундаментального взаимодействия обосновывается работам наших современников ученых – физиков П. Дэвиса, Дж. Уиллера, А.Пероуза, К.Прибрама. С позиций этой парадигмы становятся понятными явления, связанные с сенсорным восприятием феноменов и биоэнергетическим воздействием целителей. Есть все основания считать, что торсионные поля ответственны за парапсихические явления.

6.3.1. Теории объединения фундаментальных взаимодействий

Поиски наиболее общих законов природы – главная задача естествознания. Поэтому совершенно естественно стремление физиков выявить общий, универсальный закон физических взаимодействий.

Современная физика уже создала **теорию единого электрослабого взаимодействия.** Согласно этой теории при очень высоких температурах или энергиях (100 ГэВ) слабое и электромагнитное взаимодействия объединяются и создают единый фундаментальный заряд. Этот заряд порождает общее поле, квантом которого служит безмассовая частица бозон. **Теория Большого объединения** эти два взаимодействия объединяет еще и с сильным взаимодействием, считая, что оно присоединяется к электрослабому при энергии 10^{15}ГэВ. Такие энергии соответствуют температуре Вселенной через 10^{-10} с после Большого взрыва. Сегодня разрабатывается **теория суперобъединения**, которая включает все четыре фундаментальных взаимодействия, объединение которых возможно при сверхвысоких энергиях порядка 10^{19}ГэВ.

В основе суперобъединения лежит молодая теория суперструн. Понятие струны становится синонимом понятия микрочастицы или вообще локализованного в пространстве объекта очень малой планковской длины – 10^{-33} см. Предполагается, что на таких малых расстояниях должны проявиться шесть дополнительных пространственных измерений, которые, в отличие от обычных четырех, свернуты в точки и не распространяются в области макромира. Все частицы, согласно этой теории, представляют собой определен-

ное возбужденное состояние струны. Такие возбужденные состояния струн можно сравнить с набором звуков, вызываемых, например, колебанием струны скрипки, а более высокие звуки – с частицами большей массы. Введение понятия струны полностью исключает точечные представления из структуры микромира, практически эта теория сводит физику к геометрии очень сложных пространств.

Теория суперструн ведет к некоторым нетривиальным следствиям. Так среди порожденных струнами элементарных частиц по расчетам должны быть гипотетические частицы движущиеся со скоростью большей скорости света. Они получили название тахионы. Как следствие этой теории возникает представление о «теневом» мире – объяснение открытого астрономами факта, что галактики и скопления галактик содержат большую массу невидимого вещества, в десятки раз превосходящую массу самих галактик.

Контрольные вопросы

1. Какие виды взаимодействий в природе знает современное естествознание?
2. Почему физики стремятся создать теории объединения фундаментальных взаимодействий?

Темы для рефератов

1. Первые модели атома и современная точка зрения о строении атомного ядра.
2. Создание теорий Великого объединения.

Глава 7. Концепции классической термодинамики и синергетики

7.1. Развитие представлений о термодинамическом и статистическом описании свойств макросистем

Мы постоянно сталкиваемся не только с механическим движением, но и с тепловыми явлениями, которые связаны с изменениями температуры тел или переходом веществ в различное агрегатное состояние – жидкое, газообразное или твердое. Тепловые процессы имеют огромное значение для существования жизни на Земле, поскольку белок способен к жизнедеятельности только в определенном интервале температур. Жизнь на Земле зависит от температуры окружающей среды. Люди добились относительной независимости от окружающей среды после того, как научились добывать огонь. Это было одним из величайших открытий на заре человечества.

Со времен античности существовали два разных взгляда на природу теплоты, считавшейся либо веществом, либо состоянием. Философы ионийской школы рассматривали огонь и связанную с ним теплоту как одну из стихий, которая наряду с землей, водой и воздухом образует все тела. Одновременно предпринимались попытки представить теплоту как состояние движения внутренних частей тела. Сторонниками последней точки зрения были Бэкон и Кеплер.

К началу 17 века, когда был изобретен термометр (первый прибор, измеряющий температуру – воздушный термоскоп был сконструирован Галилеем, а в 1702 г. **Г. Амонтон (1663-1703 гг.)** усовершенствовал его, сделав термометром), появилась возможность количественного исследования тепловых процессов.

Природа теплоты обсуждалась с двух различных точек зрения. Одна из них – **вещественная теория тепла** рассматривала тепло как особого рода невесомую «жидкость», названную теплородом, которая способна перетекать из одного тела к другому. Считали, что количество тепла определяется количеством теплорода. Другая точка зрения, составившая основу **корпускулярной теории**, рассматривала теплоту как вид внутреннего движения частиц тела. По этой теории, чем быстрее движутся частицы тела, тем выше его температура. Сторонником последней теории был **Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765 гг.)**, который внес огромный вклад в ее развитие. С позиций корпускулярной теории температуру тела он рассматривал как степень теплоты, которая определяется скоростью движения частиц, а количество теплоты считал зависимым от общего количества движения этих частиц теплопроводности, поэтому пришел к выводу о существовании «последней сте-

пени холода», которая может возникнуть тогда, когда движение частичек прекращается. С помощью своей теории он объяснил и процессы плавления и испарения.

Несмотря на многие преимущества корпускулярной теории, долгое время многие ученые придерживались теории теплорода. И все же ни та, ни другая теории не могли объяснить все наблюдаемые тепловые процессы. Со временем, с одной стороны, многочисленными опытами было показано, что «тепловой жидкости» не существует, с другой – корпускулярная теория оказалась не в состоянии объяснить, почему теплота сохраняется при теплообмене.

Развитие промышленности в начале XIX века, характеризующееся необходимостью строительства самодвижущихся (паровых) машин послужило активным толчком развития представлений о том, какими путями можно улучить работу тепловой машины, то есть возникла необходимость теоретического анализа процессов превращения теплоты в работу. В 1824 г. французский инженер **Сади Карно (1796-1832 гг.)** экспериментально доказывает, что теплота и механическая работа обратимы одна в другую. В 1842 г. немецкий врач **Роберт Майер (1814-1878 гг.)** отверг теплород как вещественную субстанцию, определил теплоту как «силу» движения и сформулировал закон сохранения и превращения «сил». Английский физик **Джеймс Джоуль (1818-1889 гг.)** определил механический эквивалент теплоты как работу, которую необходимо совершить, чтобы нагреть один грамм чистой воды от 19,5 до 20,5ºС. Эта единица измерения названа его именем и равна 4,18 джоулей. Джоуль экспериментально обосновал и закон сохранения энергии. Однако первую ясную формулировку закона сохранения «сил» дали немецкий физик **Рудольф Клаузиус (1822-1888 гг.)** и английский физик **Уильям Томсон (1842-1907 гг.)**. Значительный вклад в развитие теорий тепловых явлений и свойств макросистем внесли английский физик **Джеймс Максвелл (1831-1879 гг.)** и австрийский физик **Людвиг Больцман (1844-1906 гг.)**. В результате этих работ было установлено, что теплота представляет собой форму энергии, и принцип теплорода был заменен гораздо более глубоким законом сохранения энергии.

История открытия закона сохранения и превращения энергии способствовала развитию двух качественно различных, но взаимно дополняющих методов исследования тепловых явлений и свойств макросистем: ***термодинамического,*** **который лег в основу термодинамики, и** ***статистического или молекулярно-кинетического,*** **который явился развитием кинетической теории вещества и заложил основу молекулярной физики.**

Термодинамика представляет собой науку о тепловых явлениях, в которой не учитывается молекулярное строение тел. Основа термодинамического метода – определение состояния термодинамической системы, представляющей собой совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией, как между собой, так и с другими телами (внешней средой). **Состояние системы задается термодинамическими параметрами, характеризующими ее свойства. Обычно это тем-**

пература, давление и удельный объем. В термодинамике тепловые явления описываются с помощью величин, регистрируемых приборами, не реагирующими на воздействие отдельных молекул (термометр, манометр и др.). Все законы термодинамики относятся к телам, число молекул которых огромно. Эти тела образуют макросистемы. Любое изменение в термодинамической системе, связанное с изменением хотя бы одного его термодинамического параметра, называют **термодинамическим процессом.** Макроскопическая система находится в термодинамическом равновесии, если ее состояние с течением времени не меняется при сохранении внешних условий.

Молекулярная физика рассматривает различные макропроявления систем как результат суммарного действия огромной совокупности хаотически движущихся молекул. Поведение громадного числа молекул анализируется с помощью статистического метода, который основан на том, что свойства макроскопической системы в конечном итоге определяются свойствами частиц системы, особенностями их движения и усредненными значениями кинетических и динамических характеристик (скорости, энергии, давления и др.). Например, температура тела определяется скоростью беспорядочного движения молекул, но так как в любой момент времени разные молекулы имеют различные скорости, то она может быть выражена только через среднее значение скорости движения молекул. Нельзя говорить о температуре одной молекулы. Макроскопические характеристики тел имеют физический смысл лишь в случае большого числа молекул**. Количественным воплощением молекулярно-кинетических представлений служат газовые законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Авагадро, Дальтона, Клайперона, Максвелла и др.** В молекулярно-кинетической теории пользуются идеализированной моделью идеального газа, полагая, что собственный объем молекулы пренебрежительно мал, и между молекулами газа и стенками сосуда не происходит взаимодействия.

Из основного уравнения кинетической теории идеальных газов следует, что средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа (E) прямо пропорциональна его термодинамической температуре и зависит только от нее:

$$E = 3/2\ kT,$$

где k – постоянная Больцмана; T – температура.

Согласно этому уравнению, при абсолютном нуле (T = 0), пркращается поступательное движение молекул газа (E = 0), а следовательно и его давление равно нулю. Таким образом термодинамическая температура является мерой кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа, а приведенная формула раскрывает молекулярно-кинетическое толкование температуры.

Оба эти направления, подходя с разных точек зрения к рассмотрению изменения состояния вещества, дополняют друг друга, образуя единое целое. Если общие законы термодинамики справедливы для всех веществ, независимо от их внутреннего строения, то статистические методы позволяют на

основе данных о строении вещества определить его параметры. Отдав должное обоим направлением, более подробно остановимся на обсуждении термодинамики.

7.2. Термодинамические законы

Термодинамика возникла из обобщения многочисленных фактов, описывающих явления передачи, распространения и превращения тепла. В результате было констатировано, что **всякая термодинамическая система в любом состоянии обладает внутренней энергией – энергией теплового (поступательного, вращательного и колебательного) движения молекул и потенциальной энергией их взаимодействия.** Возможны два способа изменения внутренней энергии термодинамической системы при ее взаимодействии с внешними телами: **путем теплообмена и путем совершения работы.** В случае теплообмена, если теплота поступает к веществу, то его температура может либо возрасти, либо не измениться. Так, например, температура тела или окружающего пространства повышается при работе нагревательных приборов, будь то электроплиты или батареи. Случай, когда подведенная тепловая энергия не вызывает повышения температуры, это изменение состояния вещества. Например, для того, чтобы 1 г льда перевести в 1 г воды необходимо затратить 80 кал. При этом температура системы не изменится, а за счет теплообмена изменится лишь агрегатное состояние. Одним из наглядных примеров, когда за счет теплоты совершается работа, это действие пара в цилиндре. Когда тепло поступает в цилиндр, наполненный паром, пар расширяется и толкает поршень, т.е. совершает работу. Таким образом, тепловая энергия может поступать в вещество и превращаться непосредственно в работу или может накапливаться в веществе и, не меняя его температуры, изменить его состояние. Из этих примеров следует, что **энергия не появляется и не исчезает, так как она из одного вида способна переходить в другой вид.**

Первый закон (закон сохранения энергии) или первое начало термодинамики гласит, что при любом физическом или химическом изменении общее количество энергии термодинамической системы остается постоянным. Всякий раз, когда к системе подводится тепло (Q), оно затрачивается на увеличение её внутренней энергии (U) и может быть использовано на производство работы (A), т.е.

$$Q = U + A$$

Однако всё тепло (или энергия) не может быть потрачено на полезную работу. Часть тепла теряется и теряется необратимо. В качестве элементарного примера можно привести работу электрической лампочки, которая сопровождается двумя эффектами – нагреванием и свечением. Та часть энергии, которая переходит в свечение, производит полезную для нас работу, но часть тепла расходуется на нагревание стекла лампы и окружающего пространства, то есть, переходит в хаотическую форму, растрачивается необра-

тимо, за счет нее невозможно произвести полезную работу. Путем точных экспериментов было доказано, что тепловая энергия превращается в механическую энергию в строго определенных количествах. Существование такого механического эквивалента – коэффициента полезного действия (КПД) – для теплоты свидетельствует о ее сохранении.

Из первого начала термодинамики следует важный вывод: невозможен вечный двигатель первого рода, т.е. такой двигатель, который бы совершал работу за счет разовой подачи энергии от внешнего источника, поскольку невозможно полное превращение энергии внешнего источника в полезную работу, так как часть энергии неизбежно переходит в энергию теплового хаотического движения молекул.

При изучении тепловых явлений самым очевидным оказался тот факт, что распространение тепла представляет собой необратимый процесс. Хорошо известно, что тепло, возникшее, например, в результате какой-либо механической работы или в результате трения, нельзя превратить в энергию и потом использовать для производства работы. Так же как невозможно произвести работу, например, за счет охлаждения озера или моря при установившейся температуре. Известно и то, что тепло передается от горячего тела к холодному, а не наоборот. Отсюда следует, что **всякая предоставленная самой себе система стремится перейти в состояние термодинамического равновесия, в котором тела покоятся друг относительно друга, обладая одинаковыми температурами и давлением.** Достигнув этого состояния, система сама по себе из него не выходит. Если это термодинамическое состояние приближается к тепловому равновесию, то оно необратимо. В системе тел, находящихся в термодинамическом равновесии, без внешнего вмешательства невозможны никакие реальные процессы, то есть с их помощью невозможно совершать работу.

Второй закон термодинамики (второе начало термодинамики) утверждает, что невозможно получить работу за счет энергии тел, находящихся в термодинамическом равновесии.

Окружающая нас среда обладает значительными запасами тепловой энергии. Двигатель, работающий только за счет энергии находящихся в тепловом равновесии тел, был бы практически вечным двигателем. Второе начало термодинамики исключает возможность создания такого вечного двигателя второго рода.

7.3. Принцип возрастания энтропии

Количественной характеристикой теплового состояния тела является число микроскопических способов, которыми это состояние может быть осуществлено. Это число называется статистическим весом состояния *(Г)*. Тело, предоставленное самому себе, стремится перейти в состояние с большим статистическим весом. Принято пользоваться не самим числом *Г,* а его логарифмом, который умножается на постоянную Больцмана (*k*). Опреде-

ленную таким образом величину $S = k \ln \Gamma$, называют **энтропией тела.** Энтропия сложной системы равна сумме энтропий ее частей. **Второй закон термодинамики, определяющий направление тепловых процессов в системе, можно сформулировать как закон возрастания энтропии: все естественные физические и химические процессы стремятся идти в направлении, соответствующем необратимому переходу полезной энергии в хаотическую, неупорядоченную форму.** Мерой такого перехода служит энтропия. Приведем несколько примеров изменения энтропии в системах.

Пример 1. Вы вскипятили воду в чайнике и оставили его охлаждаться в комнате на столе. Температура воды в чайнике будет понижаться, приближаясь к температуре комнаты, а температура воздуха около чайника, а потом и всей комнаты за счет этого будет повышаться, вследствие того, что молекулы воздуха будут двигаться значительно быстрее. Следовательно, благодаря охлаждению воды в чайнике, хаос в окружающем его пространстве увеличивается, значит – увеличивается и его энтропия. Более того, возрастание энтропии в комнате, обусловленное охлаждением чайника, необратимо.

Пример 2. Энтропия характеризует состояние не только энергии, но и вещества. Мы извлекаем энергию из глюкозы, которую получаем из окружающей среды, в результате окислительного метаболизма ее в клетке:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

Конечные продукты ее биотрансформации углекислый газ и вода возвращаются в окружающую среду. При этом процессе сам организм остается в стационарном состоянии и степень его внутренней упорядоченности не изменяется. Энтропия же окружающей среды возрастает, так как увеличивается число молекул, вместо 7 в пространство возвращается 12 молекул, а следовательно увеличивается и степень их молекулярной неупорядоченности.

Пример 3. Стихотворение Федора Тютчева:

Не то, что мните вы, природа,
Не слепок, не бездушный лик.
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык

богатое информационное сообщение. В нем заложено глубокое содержание: о единстве природы и человека, о необходимости чуткого и бережного отношения человека к внешнему миру. Представим себе, что все буквы, из которых состоит сообщение, рассыпаны в беспорядке. Весь смысл текста оказался утраченным, и эти же буквы уже не несут никакой информации. Где больше энтропия? В последнем случае, где больше хаос. Из этого следует вывод о том, что информация представляет собой одну из форм энергии, энтропия которой очень низка, поэтому ее еще называют «отрицательной энтропией».

Итак, **энтропия – мера беспорядка, хаотичности системы. С ростом энтропии возрастает, усиливается беспорядок в системе.** И тогда, согласно второму закону термодинамики, энтропия замкнутой системы, то есть си-

стемы, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом, постоянно возрастает. Такие системы эволюционируют в сторону увеличения беспорядка, дезорганизации и хаоса пока не наступит состояние равновесия – точка термодинамического равновесия, при которой энтропия максимальна, а производство работы уже невозможно.

Из этого следовало, что наиболее организованные, например, живые организмы, должны быть высоко неупорядоченными. Применяя второй закон термодинамики к такой системе, как Вселенная, **Р. Клаузиус** (он и дал первую формулировку второго начала термодинамики одновременно с У. Томсоном), пришел к трагическому заключению о том, что энтропия Вселенной должна когда-нибудь достигнуть своего максимума. Это означает, что температура всех тел во Вселенной станет одинаковая, и все процессы во Вселенной прекратятся, что приведет ее к тепловой смерти. Однако же история эволюции Вселенной свидетельствует о постоянном развитии от низших форм организации к высшим. Теория эволюции Дарвина утверждает, что естественный отбор направлен на выживание более совершенных организмов и усложнение их организации. В биологии и социологии эволюция системы так же рассматривается с точки зрения становления, совершенствования системы, увеличения в ней порядка и организации. Впервые проблема этого противоречия в рамках сравнения свойств живых и неживых систем была сформулирована в книге Эрвина Шредингера «Что такое жизнь?». Он, подчеркивая то, что законы физики лежат в основе образования биологических структур, показал, что живые системы, вопреки второму закону термодинамики, способны поддерживать упорядоченность, то есть живые системы могут проявлять тенденцию, как к разрушению упорядоченности, так и к ее сохранению. За неживой же природой тогда было признано лишь право, разрушать любую упорядоченность.

Эти противоречия оставались неразрешенными вплоть до шестидесятых годов нашего столетия, пока не появилась новая наука **неравновесная термодинамика, которая опирается на концепции необратимых процессов и оперирует с новым фундаментальным понятием – открытые системы.** Неравновесная термодинамика показала, что тенденция к созиданию присуща и неживой природе. Вся материя способна осуществлять работу против термодинамического равновесия, способна самоорганизовываться и самоусложняться.

Очень важно то, что с введением понятия энтропия, термодинамика впервые ввела в физику понятие времени в форме необратимого процесса возрастания энтропии в системе, по которой можно судить об изменении системы: чем выше энтропия системы, тем больше временной промежуток прожила система в своей эволюции. В отличие от механических процессов, в которых время выступает как параметр, знак которого можно менять на обратный, а следовательно, вернуть систему к первоначальному состоянию, в необратимых термодинамических процессах время необратимо. Энтропия

практически выступает в классической термодинамике в качестве своеобразной *стрелы времени*.

7.4. Открытые системы

Сегодня считается, что **все реальные системы являются открытыми. Открытые системы способны обмениваться с окружающей средой веществом и энергией.** В неорганической природе они обмениваются с внешней средой, которая также состоит из различных систем, обладающих энергией и веществом. В социальных и гуманитарных системах к этому добавляется обмен информацией. Информационный обмен осуществляется также и в биологических системах, в частности, при передаче генетической информации.

Взаимодействуя со средой, открытая система заимствует извне или новое вещество, или свежую энергию, и одновременно выводит в среду использованное вещество и отработанную энергию. Поскольку между веществом (массой) и энергией существует глубокая взаимосвязь, выражаемая уравнением Эйнштейна $E = mc^2$, то можно сказать, что в ходе своей эволюции система постоянно обменивается энергией с окружающей средой, а, следовательно, производит энтропию. Но в отличие от закрытых систем эта энергия, характеризующая степень беспорядка в системе, не накапливается в ней, а удаляется в окружающую среду. **Материальные структуры, способные рассеивать (диссипировать) энергию называются диссипативными.** Отсюда ясно, что открытая система не может быть равновесной, так как ее функционирование требует непрерывного поступления из внешней среды энергии или вещества, богатого энергией. По словам Шредингера, «средство, при помощи которого организм поддерживает себя постоянно на достаточно высоком уровне упорядоченности (ровно на достаточно низком уровне энтропии), в действительности состоит в непрерывном извлечении упорядоченности из окружающей его среды». Таким образом, открытая система извлекает порядок из окружающей среды и тем самым вносит беспорядок в эту среду.

7.5. Порядок и беспорядок в природе

В обыденной жизни мы, как правило, стремимся к порядку. К этому нас располагают многие процессы и явления, происходящие в природе. Мы наблюдаем четкое, подчиняющееся определенному порядку, движение планет, вращение земли, смену дня и ночи, смену года, порядок в строении атома, определяемый закономерным размещением электронных орбит и в ядре атома кварков, протонов и нейтронов и т.д. Однако многие процессы в природе имеют непредсказуемый, случайный, хаотический характер, например, броуновское движение частиц, капризы природы, катастрофы, социальные потрясения, радиосигналы. Причем многие хаотические процессы мы просто не воспринимаем как хаос, например турбулентные вихри, которые держат самолет на воздушной подушке, представляют собой флуктуации молекул воздуха. **В природе порядок и хаос – это два свойства систем и процессов**

часто взаимодействуют. Например, переход порядка к хаосу: это непредсказуемые колебания численности рыб или каких-либо видов животных, в результате хаотического действия соответствующих динамических систем; переход от хаоса к порядку: организация лазерного луча, когда генерируется упорядоченное световое излучение, или явления биологического морфогенеза, когда происходит образование пространственно–временных структур в совершенно однородной биологической среде, например, правильных узоров на крыльях бабочек или регулярных полос на шкурах тигров и зебр; чередование порядка и хаоса: химическая реакция Белоусова – Жиботинского, колебательные процессы которой позволили назвать ее «химическими часами».

Тесная взаимосвязь и генетическое родство порядка и хаоса наглядно иллюстрируется проявлением элементов симметрии и асимметрии как в неорганическом, так и в органическом мире, через рассмотрение свойств кристаллов и живых организмов и органических молекул. Кристаллические многогранники отличаются красотой своей симметрии, то есть порядком организации, суть которого заключается в закономерном повторении в пространстве одинаковых элементов кристаллической решетки. Однако, как показали исследования последних лет, полная симметрия кристаллов – явление редкое. Большинство минералов формируется в структурах, обладающих «дефектами», то есть с нарушением симметрии, нарушением порядка. Именно «дефекты» считают информативными центрами кристалла, способными нести информацию об их генезисе, и всей истории их существования.

В органическом мире, также как и в неорганическом, за видимой симметрией скрывается несимметричность молекулярного строения. Если во внешних формах человека, животных, растений просматриваются элементы симметрии, то генетическая информация обеспечивается асимметрическими (нарушение элементов симметрии) молекулами РНК и ДНК.

Порядок в системах может быть равновесным и неравновесным. С равновесным порядком мы уже познакомились выше, изучая законы термодинамического равновесия. Отметим здесь то, что в самой природе равновесного порядка заложено свойство противодействия силам, вызывающим изменение порядка. Система всегда стремится перейти из неравновесного в равновесное состояние. Это касается не только физических, но и экологических, экономических и любых других систем. Так в термодинамике и химии это свойство систем выражается в **принципе Ле-Шателье, который гласит, что всякая система стремится только к такому изменению, которое сводит к минимуму внешнее воздействие. Принцип Ле-Шателье известен у физиков под названием принципа наименьшего действия, у биологов – закона выживаемости (или стремление к гомеостазу), у экономистов – закона спроса и предложения. Подобные системы, то есть способные возвращаться к исходному состоянию, называются саморегулирующимися.**

Неравновесный порядок реализуется только в открытых системах, за счет перераспределения потоков энергии (тепла и массы) системы и среды. Системе для поддержания порядка требуется компенсация потерь энергии,

которую она рассеивает в окружающее пространство. Если подпитку системы прекратить, она перейдет в состояние термодинамического равновесия. Так живой организм свои энергетические затраты компенсирует питанием и дыханием. Когда же жизненный цикл заканчивается, организм переходит в состояние равновесия с окружающей средой, в результате чего устанавливается равновесный порядок.

Под хаосом всегда понималось неупорядоченное, случайное, непрогнозируемое поведение элементов системы. Наиболее характерным примером его является броуновское движение молекул газа в воздухе. Молекулы находятся в хаотическом тепловом перемещении, соударяясь случайно, непредсказуемо меняют свою траекторию. Установить последовательность столкновений и описать траектории их движений практически невозможно с точки зрения классической механики. Такой процесс полностью непредсказуем, то есть недетерминирован. **Такой вид хаоса называют недетерминированным.** Для его описания используют аппарат статистической физики.

Различают еще хаос детерминированный (динамический). Он порождается не случайным поведением большого количества элементов системы, а внутренней сущностью нелинейных процессов. Это, например, поведение двух сталкивающихся бильярдных шаров: шары, отталкиваясь друг от друга и от стенок стола, перемещаются под разными углами, и через некоторое время их путь уже невозможно проследить. Такую систему рассматривают как неустойчивую динамическую систему с непрогнозируемым поведением.

Оказывается, в этом детерминированном хаосе существует определенный порядок. Поиски этого порядка специалистами в области нелинейной науки ведутся последние двадцать лет. При этом выяснились очень интересные факты, например, множество систем нашего организма работает не в состоянии четкого ритма, а в хаотическом или близком к нему режиме. Причем часто хаос выступает как признак здоровья, а излишняя упорядоченность – как симптом болезни. Так, сегодня считают, что не идеальный ритм, а заметная аритмия является показателем здорового сердца. Это привело к появлению новых методов анализа кардиограмм, новых видов диагностики технических систем. Во множестве конкретных случаев становится ясно, что порядок неотделим от хаоса. А хаос порой выступает как сверхсложная упорядоченность. Установлено, что в природе существует всего несколько универсальных сценариев перехода от порядка к хаосу Можно изучать самые разные явления, писать разные уравнения, но получать одни и те же сценарии. Все самоорганизующиеся структуры имеют единый алгоритм перехода от менее сложных к более сложным структурам. За этим пытаются увидеть новый, более глубокий уровень единства природы. Разработка теории самоорганизации началась по нескольким сходящимся направлениям: это синергетика (Герман Хакен, родился в 1927), термодинамика неравновесных процессов (Илья Пригожин, родился 1917) и теория катастроф (Р. Том). Эти направления объединяются под крышей науки, которая получила название

синергетика. Не вдаваясь в детали различия этих направлений, рассмотрим общий смысл идей, развиваемых в синергетике.

7.6. Синергетика – теория самоорганизации

Здесь Вам не равнина, здесь климат иной –
Идут лавины одна за одной,
И здесь за камнепадом ревет камнепад, –
И можно свернуть, обрыв обогнуть, –
Но мы выбираем трудный путь,
Опасный, как военная тропа.
В. Высоцкий

Синергетика (совместное или кооперативное действие) – как междисциплинарная наука, о самоорганизации систем, о превращении хаоса в порядок, возникла в 70-х годах XX столетия, благодаря работам Г. Хакена и И. Пригожина. Возникновение же этой науки было подготовлено трудами многих выдающихся ученых Ч. Дарвина, А. Пуанкаре, Л. Больцмана, А.Н. Колмогорова, Л.И. Мандельштама, А.А. Крылова и многих других. Синергетика рассматривает процессы самоорганизации, устойчивости, распада и возрождения самых разнообразных структур живой и неживой природы, социальных и технических систем. В широком плане **понятие самоорганизации отражает фундаментальный принцип Природы, лежащий в основе развития от менее сложных к более сложным и упорядоченным формам организации вещества.** Синергетика объясняет самоорганизацию систем как совокупный результат взаимодействия в них таких противоположных тенденций, как неустойчивость и стабильность, беспорядок и порядок, дезорганизация и организация, случайность и необходимость. С точки зрения синергетики возникновение упорядоченных сложных систем обусловлено рождением коллективных типов поведения под воздействием флуктуаций, их конкуренцией и отбором того типа поведения, который оказывается способным выжить в условиях конкуренции.

Наглядным и наиболее популярным примером организации из хаоса упорядоченной структуры является хорошо известное в гидродинамике явление, названное ячейками Бернара. При нагревании жидкости, находящейся в круглом или квадратном сосуде, достигается определенный градиент температур между ее нижними и верхними слоями, при котором скачком возникает макроскопическое движение жидкости, образующее четко выраженные структуры в виде цилиндрических ячеек с направленным движением жидкости по кругу. Кажется, будто каждая молекула «знает», что делают остальные, и вместе со всеми участвует в едином движении. С точки зрения классической термодинамики это явление необъяснимо.

Впечатляющим примером самоорганизации является реакция, открытая русскими химиками Белоусовым и Жаботинским в 1951 г. Суть реакции заключается в том, что при смешивании специально подобранных химиче-

ских веществ, включающих сульфат церия, протекают окислительно-восстановительные процессы, результатом которых является периодическое изменение цвета раствора с красного, означающего избыток Ce^{3+}, на голубой, соответствующий избытку Ce^{4+}, и обратно. Начиная с некоторого числа колебаний системы (раствора), спонтанно возникают неоднородности концентрации и образуются устойчивые красные и синие слои. Изменение окраски и появление слоев в растворе считают явлением самоорганизации системы, в результате которой из хаоса – жидкости образуются пространственные структуры.

Наглядным примером процессов самоорганизации может служить работа лазера, с помощью которого можно получать мощные излучения. Эти излучения получаются за счет того, что хаотические колебания движения составляющих его частиц, благодаря поступлению энергии извне, приводятся в согласованное движение, т.е. случайные колебания элементов системы превращаются в когерентное, согласованное коллективное движение, в результате чего возникают кооперативные процессы и происходит самоорганизация системы.

Синергетика в значительной мере опирается на идеи, методы и принципы нелинейной термодинамики неравновесных процессов. **Теория синергетики строится с учетом двух принципиальных исходных позиций:**

- ✓ **процессы разрушения и созидания, деградации и эволюции во Вселенной равноценны;**
- ✓ **процессы созидания (увеличение упорядоченности системы) имеют единый алгоритм независимо от природы системы.**

Синергетика обсуждает те системы, которые удовлетворяют определенным требованиям. Во-первых, эти системы обязательно должны быть открытыми, то есть способными к обмену с внешней средой энергией, веществом и информацией; они должны находиться в состоянии далеком от термодинамического равновесия; кроме того, необходимы некоторые критические размеры системы, иначе эффекты от синергетического взаимодействия будут не достаточны для появления коллективного поведения элементов системы.

Синергетика утверждает, что развитие открытых и сильно неравновесных систем протекает путем нарастания сложности и упорядоченности. В цикле развития существует две фазы.

Первая фаза – это период плавного эволюционного развития системы с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, приводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию. Такой итог эволюционного этапа развития обеспечивается наличием флуктуаций системы, то есть случайными отклонениями системы от некоторого среднего положения. В основе же флуктуаций лежит неустойчивость или неравновесность, которая, в конечном счете, выступает в качестве основного источника упорядоченности. В самом начале флуктуации подавляются и ликвидируются системой. Однако, благодаря поступлению в систему новой энергии и усилению ее неравновесности, флуктуации со временем возрастают, «расша-

тывают» систему и она переходит свой порог устойчивости, попадая в критическое состояние, называемое **точкой бифуркации.**

Вторая фаза – это выход из критического (хаотического) состояния одномоментно, скачком и переход системы в новое устойчивое состояние с большей степенью сложности и упорядоченности, для поддержания которого требуется больше энергии. Решающим фактором самоорганизации является образование петли положительной обратной связи системы и среды. При этом система начинает организовываться и противостоит тенденции ее разрушения средой. Переход системы в новое устойчивое состояние неоднозначен, поскольку в точке бифуркации эволюционный путь системы разветвляется. Система как бы колеблется перед выбором одного из нескольких путей эволюции. Небольшая случайная флуктуация в этой точке может послужить началом эволюции в совершенно новом направлении, которое резко изменит поведение системы в целом. Это явление называют **событием**. Существуют реальные процессы, приводящие систему к выбору одной из возможных структур. Именно поэтому таким системам приписывается «автономия» или «самоорганизация». Путь, выбранный системой, называется **аттрактором.** Общая картина движения хаотической системы носит название **«фазовый портрет»** или **«странный аттрактор».** После того как система сделала выбор и перешла в качественно новое устойчивое состояние, возврата к старому для нее уже не существует, то есть на этом этапе процесс уже необратим. Как видно, в судьбе системы случайность и необходимость взаимно дополняют друг друга.

Итак, в противоположность понятию космоса (порядка), известного еще древним грекам, сегодня в естествознании введено понятие хаоса. Хаотическому поведению предписывается непредсказуемость. Однако хаос выступает уже не только как разрушитель, но и как созидатель. Развитие систем осуществляется через неустойчивость. Большинство систем носит нелинейный характер, поскольку имеет несколько эволюционных путей развития, поэтому новая термодинамика получила название **неравновесной** или **нелинейной**. Случайность становится элементом эволюции.

Благодаря появлению синергетики появилась возможность реализации давней мечты человечества – создание единой модели универсальной эволюции Вселенной и всех ее элементов на базе концепции **глобального эволюционизма**. В этой концепции Вселенная предстает как развивающееся во времени природное целое, а вся история Вселенной от Большого взрыва до возникновения человечества рассматривается как единый процесс, в котором космический, химический, биологический и социальный типы эволюции преемственно и генетически связаны между собой. Космохимия, геохимия, биохимия отражают здесь фундаментальные переходы в эволюции молекулярных систем и неизбежности их превращения в органическую материю.

В концепции глобального эволюционизма подчеркивается важнейшая закономерность – направленность развития мирового целого на повышение своей структурной организованности. **Вся история Вселенной – от момента сингулярности до возникновения человека – предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи.** Важную роль в концепции глобального эволюционизма играет **идея отбора**

и антропный принцип. Суть идеи отбора заключается в том, что новое возникает как результат отбора наиболее эффективных и приспособленных к новым условиям существования форм, включающих в себя весь предшествующий опыт исторического развития материи, логику развития Вселенной как единого целого. Антропный принцип полагает, что возникновение человечества, оказалось возможным в силу того, что таковы свойства нашей Вселенной. Этот принцип указывает на глубокое внутреннее единство закономерностей исторической эволюции Вселенной, Универсума и органического мира вплоть до антропосоциогенеза. Согласно этому принципу существует некоторый тип универсальных системных связей, определяющих целостный характер существования и развития нашей Вселенной, нашего мира как определенного системно организованного фрагмента бесконечно многообразной материальной природы.

Концепция глобального эволюционизма позволяет, с одной стороны, сформировать целостное представление о Мире и общих законах его развития, с другой стороны, позволяет современному естествознанию выявить конкретные закономерности глобальной эволюции материи на всех ее структурных уровнях, на всех ее этапах самоорганизации.

Контрольные вопросы

1. Что является предметом изучения науки термодинамики?
2. Что является предметом изучения молекулярной физики?
3. Какие возможны способы изменения внутренней энергии системы?
4. В чем суть первого закона термодинамики?
5. Почему невозможно построить вечный двигатель первого рода?
6. О чем говорит второй закон термодинамики?
7. Что такое энтропия? Приведите примеры необратимых процессов, приводящих к повышению энтропии среды.
8. Почему энтропия может выступать в качестве стрелы времени?
9. Какова энтропия высокоорганизованных систем?
10. Какие системы считаются открытыми?
11. Что такое диссипативные структуры?
12. Что изучает наука синергетика?
13. Какие типы хаоса Вы знаете?
14. Как Вы понимаете процесс самоорганизации систем? Приведите примеры самоорганизации.
15. Когда система попадает в точку бифуркации?
16. Какие условия необходимы для того, чтобы система проявила свойства самоорганизующейся?
17. Каковы концепции идеи глобального эволюционизма?

Темы для рефератов

1. Общенаучное значение понятия энтропии.
2. Значение синергетики для современного естественнонаучного познания.

Глава 8. Вселенная и Галактики Некоторые аспекты эволюции и строения

В шар земной упираясь ногами,
Солнца шар я держу на руках.
Я – как мост меж Землею и Солнцем,
И по мне Солнце сходит на Землю,
А Земля поднимается к Солнцу.
Эдуардас Межелайтис

8.1. Современная модель Вселенной

Откуда и как произошел мир? Этот вопрос человек задает себе с тех времен, когда стал осознавать себя, но, несмотря на огромные достижения в изучении свойств и процессов, происходящих во Вселенной даже с помощью космической техники, он и сегодня не может дать точного ответа на этот вопрос. Что же такое Вселенная в современном понятии?

***Вселенная* – это весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития.** Часть Вселенной, охваченная астрономическими наблюдениями, называется **Метагалактикой**, или нашей Вселенной. В состав Метагалактики входят наша **Галактика**, которую мы видим в виде Млечного Пути, и другие Галактики, например, ближайшие к нам Туманность Андромеды и Магеллановые Облака, т.е. Метагалактика – это более высокая структурная организация, чем Галактика. Размеры Метагалактики очень велики: радиус космологического горизонта составляет 15-20 млрд. световых лет.

Строение и эволюцию Вселенной изучает наука **космология**. Современная космология возникла в начале 20 века с созданием Эйнштейном общей теории относительности, в уравнениях которой были описаны фундаментальные свойства материи, пространства и времени. Однако эта первая релятивистская модель Вселенной, описывала тогда статистическую Вселенную. В 1922-1924 гг. советский математик **Александр Фридман (1888-1925 гг.)**, основываясь на законах Эйнштейна, высказал гениальную идею о том, что Вселенная не может быть стационарной: неизбежным следствием наличия сил тяготения, которые главенствуют в космических масштабах, звездные системы не могут находиться на неизменном расстоянии друг от друга, они должны либо удаляться, либо сближаться. Он предложил общие уравнения для описания Вселенной, меняющейся с течением времени. Теоретические рассуждения Фридмана ученые не связывали с реальным миром, пока в 1929 г. американский астроном **Эдвин Хаббл (1889-1953 гг.)** с помо-

щью астрофизических наблюдений не подтвердил расширение видимой части Вселенной. Он использовал эффект Доплера, смысл которого заключается в том, что линии в спектре движущегося источника смещаются на величину, пропорциональную скорости его удаления или приближения, поэтому скорость Галактик можно вычислить по изменению положения ее спектральных линий. Несколько раньше американский астроном Весто Слайфер определил, что у большинства Галактик, которые он исследовал, спектральные линии смещены в красную сторону. Это означало, что они удаляются от нашей Галактики. Хаббл по красному смещению спектральных линий определил расстояние (r) до некоторых Галактик, используя свое уравнение:

$$r = v/H_0$$

где v – скорость удаления Галактик, H_0 – постоянная Хаббла, равная приблизительно 60-80 км/с·(Мпк). Постоянная Хаббла свидетельствует о том, что скорость разбегания Галактик увеличивается на каждый миллион парсек в среднем на 75 км/с. Скорость их разбегания он рассчитал, используя формулу:

$$v = cz$$

где c – скорость света 300000 км/с, z – красное смещение, которое рассчитывается как отношение значений длин волн λ

$$z = \lambda_{наблюдаемое} - \lambda_{испускаемое} / \lambda_{наблюдаемое}$$

Для значений $z > 1$ скорость (v) имеет более сложное выражение, которое зависит от принятой модели Вселенной.

Из наблюдений Хаббла следовало, что Галактики удаляются друг от друга, и чем дальше находятся Галактики, тем с большей скоростью они удаляются (закон Хаббла). Своими работами Хаббл не только подтвердил вывод Фридмана о нестационарной Вселенной, но и доказал, что происходит расширение Вселенной. Следовательно, **Вселенная нестационарна и расширяется.**

Модели Фридмана послужили основой всего последующего развития космологии, поскольку по своей сути они описывают механическую картину движения огромных масс Вселенной с неизменным в среднем движением в ней миров, то есть, отражают эволюционный характер развития Вселенной, утверждая то, что в далеком прошлом Вселенная была не такой, как сегодня. Расстояние между нашей и другими Галактиками непрерывно увеличивается. Однако Галактики не разлетаются в разные стороны от нашей Галактики, она не является центром расширения, а происходит взаимное удаление всех Галактик. Это удаление часто сравнивают с удалением друг от друга нарисованных картинок на надуваемом шарике.

Согласно общей теории относительности, наиболее общепринятой в космологии является модель однородной, изотропной, нестационарной, горячей, расширяющейся Вселенной. Эта модель говорит о том, что свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках: однородность характеризует распределение в среднем вещества во Вселенной, а изотропность указывает на то, что во Вселенной не существует каких-либо выделенных точек и направ-

лений. Это означает, что у нашей Вселенной нет пространственного центра, то есть все ее свойства эквивалентны. Кривизна пространства – времени Вселенной связана с плотностью масс и гравитационное поле описывается уравнением Эйнштейна. Это релятивистская космологическая модель Вселенной.

В зависимости от кривизны пространства различают: открытую модель, в которой кривизна отрицательна или равна нулю, и замкнутую модель с положительной кривизной. В замкнутых моделях Вселенная оказывается конечной, но столь же неограниченной, так как двигаясь по ней, нельзя достичь какой-либо границы.

8.2. Структура Вселенной

Если звезды зажигаются,
значит это кому-то нужно.
А. Экзюпери

Вселенная включает в себя множество Галактик. Галактики подобно звездам, располагаются группами. Наша Галактика и Туманность Андромеды, её ближайшая соседка, входят в Местную группу Галактик, размеры которой достигают сотен тысяч парсек. Ближайшее к нам скопление Галактик находится в созвездии Девы и насчитывает сотни крупных Галактик. Таким образом, Галактики и составляющие их звездные скопления имеют определенную иерархию организации.

В конце 70-х годов XX столетия было обнаружено, что **Вселенная имеет ячеистую структуру, которая напоминает паутину: Галактики в ней распределены не равномерно, а сосредоточены вблизи границ ячеек, внутри которых Галактик почти нет.** Причем, в сравнительно небольших масштабах, например, в пределах Солнечной системы или Галактики, вещество распределено явно неравномерно, но в масштабах сверхскоплений Галактик вещество распределено относительно равномерно. Поэтому полагают, что в больших масштабах Вселенную можно считать и изотропной, и однородной.

Звезды нашей Галактики принято называть звездным населением. Возраст звезд меняется в большом диапазоне значений: от 15 млрд. лет, что соответствует возрасту Вселенной, до сотен тысяч лет – для самых молодых звезд. Есть звезды, которые находятся в протозвездной стадии, то есть только рождаются. Некоторые звезды рождаются со вспышкой. Наиболее мощные взрывы называют Сверхновыми звездами. До сих пор зарегистрировано 170 новых звезд в нашей Галактике и около 200 – в Галактике Андромеды. Звезды отличаются свечением, в зависимости от которого, делятся на классы. Звезды различаются не только по температуре, плотности, яркости, но и по размеру и массе. Самые многочис-

ленные – карлики с массами, примерно в 10 раз меньшими массы Солнца. Есть красные и желтые гиганты и сверхгиганты, во много раз превосходящие по размеру и массе наше Солнце. Многие звезды имеют своих спутников. Звезды могут образовывать звездные скопления. В состав Галактики входят, так называемые, **туманности**, которые состоят из космического газа и пыли. В центре некоторых туманностей, например Крабовидной туманности, обнаружены источники импульсного электромагнитного излучения, это, так называемые, **пульсары.** У них наряду с пульсациями радиоизлучения были открыты оптические пульсации блеска и пульсации рентгеновского излучения. Некоторые Галактики обладают очень мощным радиоизлучением. Считают, что одной из причин существования радиогалактик является деятельность **квазаров** – звездоподобных источников радиоизлучения. Для обоснования источника огромной энергии квазаров предложены разнообразные варианты, в том числе и вариант аннигиляции. Однако ни один из них пока не принят. Пространство Вселенной не имеет пустоты, оно заполнено очень разряженным межзвездным газом и космической пылью.

Вселенная и Галактики являются «живой» системой. Звезды и туманности участвуют во вращении Галактики вокруг оси, перпендикулярной ее экваториальной плоскости. Различные участки Галактики имеют различные периоды вращения. Все космические объекты претерпевают эволюционные превращения. Например, звезды со временем превращаются в «белые карлики», «нейтронные звезды» и «черные дыры». Конечные судьбы звезд определяются их массами.

«Белый карлик» – так называется электронная постзвезда на заключительной стадии своей эволюции. Превращение звезды происходит за счет медленного сжатия. Она имеет очень высокую плотность (10 т/см^3, что в сотни раз больше земной плотности), массу, меньшую 1,2 солнечной массы, диаметр сравнимый с диаметром Земли, температура ее достигает миллиарда градусов. Звезда продолжает светить уже не за счет ядерных реакций, а в результате освобождающейся в процессе сжатия гравитационной энергии. «Белый карлик» медленно остывает, превращаясь в не излучающий света «черный карлик».

«Нейтронные звезды» возникают на заключительной стадии эволюции звезд, обладающих массой от 1,2 до 2 солнечных масс (масса Солнца $1{,}99 \cdot 10^{33}$ г). В этом случае происходит очень быстрое сжатие звезды, в ходе которого в наружных ее слоях активно начинается процесс ядерных реакций, в котором задействуются остатки ядерного вещества звезды. При этом выделяется так много энергии, что происходит взрыв с разбросом наружного слоя звезды, а внутренние же области резко сжимаются. Остаток звезды уменьшается до размеров в 20-30 км, а средняя плотность возрастает до 100 млн. т/см^3. «Нейтронная звезда» состоит из элементарных частиц – протонов и нейтронов, так как силы гравитации разрушили в ней ядра. Пульсары являются намагниченными вращающимися нейтронными звездами.

Если масса постзвезды превысит 2 солнечные массы, она должна превратиться в **«черную дыру».** Масса в «черных дырах» заключена в очень малом объеме – критическом для данной массы. Под действием собственного тяготения такое вещество начинает неудержимо сжиматься. Происходит гравитационный коллапс, в результате которого концентрация массы растет дальше и наступает момент, когда сила тяготения на поверхности становится столь велика, что для ее преодоления надо было бы развить скорость, большую скорости света. Поэтому «черная дыра» никого не выпускает наружу и не отражает. Теоретические расчеты показывают, что «черные дыры», обладая гигантской массой 10^{15}г, должны иметь микроскопический размер 10^{3}см. Вещество и излучение как бы проваливаются в «черную дыру» и не могут выйти обратно. Предполагают существование реликтовых «черных дыр». Это предположение вызывает огромный интерес исследователей, поскольку в них органически объединяются микро- и макромасштабы. В «черной дыре» пространство искривляется, а время замедляется. Если сжатие продолжается дальше, тогда на каком то этапе начинаются незатухающие ядерные реакции. Сжатие прекращается, а затем происходит антиколлапсионный взрыв и «черная дыра» превращается в «белую дыру». Предполагают, что «черные дыры» находятся в ядрах Галактик, являясь сверхмощным источником энергии, их отождествляют с источниками рентгеновского излучения.

По внешнему виду Галактики условно делят на три типа: спиральные, эллиптические и неправильные. Более 70% Галактик, в том числе и наша Галактика, имеют спиральную структуру. Такие Галактики вращаются вокруг своих центров масс со скоростями порядка 100-300 км/с, совершая вихревое движение. Как возникли вихревые движения в расширяющейся однородной Вселенной, изначально или в силу каких-либо обстоятельств, долгое время объяснить не могли. Предположение об изначальном их существовании отбросили, как только появились доказательства о высочайшей однородности и изотропности Вселенной в раннем возрасте. Многочисленные гипотезы были неудовлетворительны. Лишь в 70-е годы был предложен, так называемый, газодинамический механизм вихреобразования, который позволил удовлетворительно обосновать наблюдаемые скорости вращения Галактик. Согласно этому механизму процесс образования Вселенной сопровождался движением потоков вещества со сверхзвуковыми скоростями. От столкновения потоков образовывались ударные волны. При пересечении потоком вещества фронта ударной волны возникали мощные вихревые движения во Вселенной. Так как газодинамический механизм всегда сочетается с электромагнитными, магнитогидродинамическими явлениями и гравитацией, то образование структур во Вселенной сейчас обсуждается как сложный коллективный процесс, отвечающий представлениям о самоорганизации сложных систем.

Солнце вместе со своей планетной системой является малой частью нашей Галактики, условный радиус которой 4.10^{17} км. Наша Галактика считается рядовой звездной системой. Она состоит почти из 200 млрд. звезд и

имеет довольно сложное строение. В первом приближении можно считать, что звезды и туманности, из которых она состоит, заполняют объем, имеющий форму эллипсоида вращения – диска с утолщением в центре и спиралевидными рукавами, выходящими из ядра Галактики, в которых сконцентрированы наиболее яркие звезды и массивные газовые облака. Ядро – самая яркая область любой Галактики. Ядро нашей Галактики расположено в направлении созвездия Стрельца. Мы ядро нашей Галактики не видим, так как оно закрыто от нас межзвездной пылью и обнаруживает себя только в инфракрасном и радиодиапазонах. Солнечная система расположена на периферии нашей Галактики, на расстоянии 2.10^{17}км от ее центра, между спиральными рукавами, один из которых виден в направлении на центр Галактики в созвездии Стрельца, а другой – в противоположном направлении, в созвездии Персея. Основную массу звезд нашей Галактики мы наблюдаем в виде Млечного Пути. Млечный Путь образует на небе полный круг, то есть проходит в северном и южном полушарии. В нашем полушарии одна ветвь его, которая хорошо наблюдается вечером, простирается через созвездия Скорпиона, Стрельца, Орла к Лебедю, Цефее и Кассиопее. Другая ветвь, наблюдаемая утром, проходит по созвездиям Персея, Возничего, Тельца, Близнецов, Ориона и Большого Пса. Само Солнце находится на расстоянии 33 тыс. световых (световой год – это расстояние, которое проходит свет в вакууме за один земной год) лет от центра Галактики, там, где линейная скорость движения максимальна. Солнце и ближайшие к нему звезды движутся вокруг центра Галактики со скоростью 250 км/с, совершая полный оборот примерно за 290 млн. лет. Исходя из этих скоростей движения, оказывается, что наша Земля вокруг центра Галактики пролетела не более 30 раз.

8.3. Теория Большого взрыва и инфляционная теория

В нашем столетии конкурировали две космологические теории. Одна из них теория **стационарной Вселенной,** другая – теория **расширяющейся Вселенной**. Согласно первой Вселенная существовала всегда. Наблюдаемое же в настоящее время разряжение вещества во Вселенной компенсируется его непрерывным творением. Вторая теория, принятая сегодня, более доказанная и обоснованная, считает нашу Вселенную *расширяющейся*. Для описания расширяющейся Вселенной существует несколько космологических моделей.

Если Вселенная расширяется, то сегодня мы ее видим не такой, как раньше, в далеком прошлом. Миллиарды лет назад Галактики располагались друг к другу значительно ближе. А еще ближе к началу расширения, примерно 12-20 млрд. лет назад, вся Вселенная, как предполагают, была сосредоточена в очень маленькой области – **сингулярной точке**. Это начальное состояние Вселенной характеризуют исключительно высокими плотностью массы (~ 10^{93} г/см^3), энергией излучения, бесконечной кривизной простран-

ства и времени и высокой температурой (10^{32} по абсолютной шкале Кельвина) и очень малыми размерами (около 10^{-33} $см^3$). Вселенная представляла собой, как говорят, одну гигантскую **«ядерную каплю».** В подобном неустойчивом состоянии неизбежно должен был произойти взрыв, скачкообразный переход к расширяющейся Вселенной. Идею о расширении Вселенной из сверхплотного состояния ввел в 1927 г. бельгийский астроном **Жорж Леметр.** «Вначале был взрыв …, который произошел одновременно везде заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частичка материи устремилась прочь от любой другой частички», так писал о Большом Взрыве французский физик С. Вейнберг. Это время определят возраст Вселенной, и оценивается в $1{,}5 \cdot 10^{10}$ лет. Большой взрыв сопровождался сначала быстрым, потом умеренным расширением при очень высокой температуре и далее постепенным охлаждением Вселенной. Из точки началось стремительное расширение Вселенной до современных размеров. Теория Большого Взрыва (the big bang theory – теория громкого хлопка, как назвал ее Хойл) является составной частью теории расширяющейся Вселенной. В результате Большого взрыва создалось такое состояние Вселенной, в котором оказались нарушенными, известные нам теперь, формы материи, законы, управляющие их поведением, пространственно-временной континуум. Это состояние можно назвать хаосом. Он оказался неустойчивым. Это послужило исходным толчком для развития Вселенной: из хаоса шаг за шагом формировался порядок.

Причина возникновения сингулярности считается пока невыясненной, выходящей за рамки современных физических теорий. Долгое время не могли объяснить причину Большого взрыва и переход к расширению Вселенной. Сегодня эти процессы объясняют с позиций **инфляционной теории.** Инфляционная модель Вселенной, появившаяся в начале 80-х годов, основана на законах квантовой физики и позволяет теоретически рассмотреть самый начальный «сверхплотный» период расширения Вселенной до 10^{-33} с после «начала». Далее она совпадает с моделью Большого Взрыва.

Согласно этой теории роль базовой материи в формировании Вселенной играл вакуум. Сегодня вакуум рассматривается как одна из форм материи, а не как пустота. **Вакуум – это пространство, в котором отсутствуют реальные частицы, и выполняется условие минимума плотности энергии в данном объеме.** Согласно законам классической физики, если нет реальных частиц, то пространство пусто, в нем не может содержаться энергия, даже минимальная. Однако принцип неопределенности Гейзенберга утверждает, что невозможно одновременно точно определить напряженность поля и число частиц. Раз число частиц равно нулю, то напряженность поля не может быть равной нулю, иначе принцип неопределенности будет нарушен. Напряженность поля в вакууме может существовать лишь в форме флуктационных колебаний около нулевого значения. Соответствующая этим колебаниям энергия будет минимально возможной. В соответствии с признанными корпускулярно-волновыми свойствами колебаний, поля должны порождать частицы. Возникающие при этом частицы будут короткоживу-

щие, так как энергия, израсходованная на них, должна быть возвращена спустя ничтожную долю секунды. Частицы как бы возникают из ничего, обретая мимолетное бытие. И эту скоротечную деятельность невозможно предотвратить. Возникающие частицы рассматривают как разновидность виртуальных частиц. Таким образом «пустой» вакуум оказывается заполненным виртуальными частицами. Кроме того, современные теории предполагают, что вакуум может находиться в возбужденном состоянии подобно тому, как возбуждается электрон, переходя на орбиту с более высокой энергией.

Инфляционная теория предполагает, что в экстремальных условиях «начала», когда даже пространство-время было деформировано, вакуум находился в особом состоянии, которое назвали «ложным» вакуумом. Оно характеризуется энергией предельно высокой плотности, которой соответствует предельно высокая плотность вещества. В этом состоянии в веществе могут возникать сильнейшие напряжения, отрицательное давление, которое равносильно гравитационному отталкиванию такой величины, которое и вызвало безудержное и стремительное расширение Вселенной – Большой взрыв. Это и было толчком, те есть «началом», в котором возникает время и пространство. Период «раздувания» Вселенной и был назван инфляционным, он был очень коротким и продолжался до 10^{-33} с после «начала». За это время Вселенная успевает раздуться до гигантского «пузыря», радиус которого на несколько порядков превышает радиус современной нам Вселенной. К концу инфляционной стадии Вселенная все еще была холодной и пустой, в ней отсутствовали частицы. Но когда инфляция исчезла, Вселенная вдруг стала чрезвычайно горячей за счет того огромного запаса энергии, который заключен в «ложном» вакууме. Когда это состояние вакуума распалось, его энергия высвободилась в виде излучения, которое мгновенно нагрело Вселенную до 10^{27}К. С этого момента Вселенная развивалась согласно стандартной теории горячего Большого взрыва.

Космологические модели привели к выводу о том, что судьба расширяющейся Вселенной зависит только от средней плотности заполняющего ее вещества и от значений постоянной Хаббла. Если средняя плотность равна или ниже некоторой критической плотности, расширение будет продолжаться вечно. Если же плотность окажется выше критической, то расширение рано или поздно остановится и сменится сжатием. Значение критической массы, как оказалось, определяется современным значением постоянной Хаббла и составляет очень маленькую величину – около 10^{-29} г/см^3 или 10^{-5} атомных единиц массы в см^3. Средняя же плотность всего видимого вещества во Вселенной (звезд, пыли, межзвездного газа) не превышает 10% от критической плотности. Однако, как полагают, помимо наблюдаемого вещества во Вселенной присутствует «темное вещество» ничем не проявляющее себя, кроме гравитационного поля. Высказываются теоретические соображения о том, что плотность Вселенной с учетом этого вещества должна быть равна критической или немного ниже ее. Эта «скрытая» от наблюдателя материя должна по теоретическим подсчетам составлять не менее 80% общей массы Вселен-

ной. С ее учетом в сумме с суммарными гравитационными полями видимых звезд и скоплений межзвездной пыли оказалось возможным объяснить траектории движения последних. Космологический вопрос существования «странной материи» пока считается не решенным.

До сих пор остается открытым вопрос, что существовало до начала расширения Вселенной? Такая же Вселенная как наша, только сжимающаяся? Может был совсем незнакомый для нас мир с абсолютно другими свойствами пространства и время или мир, управляемый совершенно другими неизвестными нам законами природы? В последние годы уже обсуждаются предположения о том, что Вселенная расширяется не всегда, а как бы пульсирует между конечными пределами плотности. Это означает, что в прошлом скорость разлета Галактик была меньше, чем сейчас, а еще раньше система Галактик сжималась. Доказательства в пользу теории *«пульсирующей Вселенной»* носят пока чисто математический характер.

8.4. Теория горячей Вселенной и сценарий «сотворения Мира»

В конце 40-х годов нашего века все большее внимание космологии привлекает физика процессов на разных этапах космологического расширения. В выдвинутой в 1953 г. американским физиком **Георгием Гамовым (1904-1968 ГГ.)** теории **горячей Вселенной** рассматривались ядерные реакции, протекавшие в самом начале расширения Вселенной в очень плотном веществе. Гамов предположил, что при больших плотностях вещества и высоких температурах ранней Вселенной, возможно протекание реакций синтеза элементов (нуклеосинтеза). По законам термодинамики при высоких плотностях и температурах в разогретом веществе всегда должно находиться в равновесии с ним излучение.

Реликтовое излучение. Гамов предсказал, что реликтовое излучение после процессов нуклеосинтеза должно остаться, продолжить движение во Вселенной и сохраниться до наших дней. Используя формулу Фридмана изменения плотности излучения во времени в расширяющейся по параболическому типу Вселенной, Гамов рассчитал границу между двумя эпохами – преобладания излучения и преобладания вещества, и эта граница приходится на время $2{,}1 \cdot 10^{15}$ = 73 млн лет. В начальный период именно излучение должно было определять судьбу Вселенной, после – преобладало вещество. В тот момент их плотности были равны $9{,}4 \cdot 10^{-26}$ г/см^3, а температура излучения составляла 320 К. В эпоху преобладания вещества над излучением температура излучения составила 7К. Спектр реликтового излучения должен быть точно таким же, как у излучения совершенно непрозрачного (абсолютно черного, как говорят физики) тела. От излучения звезд и Галактик оно должно отличаться специфическим видом спектра и одинаковой интенсивностью во всех направлениях, т.е. высокой степенью изотропии. В 1964 г. американские ученые **Анро Пензиас (р. 1933)** и **Роберт Вильсон (р. 1936**) открыли такое

(реликтовое) излучение. Максимум в его спектре приходится на миллиметровую область радиоволн, а температура оказалась равной 2,73 К, что близко к предсказанной величине. Открытие реликтового излучения стало выдающимся открытием XX века и серьезным подтверждением концепции горячей Вселенной. За это открытие американским ученым в 1978 г. была присуждена Нобелевская премия.

Гипотезы Гамова о нуклеосинтезе во Вселенной и реликтовом излучении оказалась плодотворной. Она была развита в последующих работах многих ученых, благодаря которым к концу XX века сформировался взгляд на «драматические» события во Вселенной, произошедшие за первые секунды с момента Большого Взрыва. Мы рассмотрим эти события с точки зрения инфляционной теории.

Рождение вещества. Отправной точкой Начала считают так называемое планковское время – 10^{-44} с**,** это 10-15 млрд. лет тому назад. До этого времени пространство, время, излучение и вещество были нераздельны (симметричны) и находились при температуре 10^{32}К, плотность вещества при этом составляла 10^{94} г/ см^3.

Начиная с планковского времени пространство, время, излучение и вещество начинают играть различную роль.

Время 10^{-43} с. Вселенная оказалась в состоянии с относительным минимумом потенциальной энергии, называемым ложным вакуумом. Это состояние оказалось неустойчивым, и **Вселенная стала раздуваться** со скоростью большей скорости света. Это продолжалось до времени 10^{-35} сек.

Время 10^{-36}- 10^{-35} с. При температуре 10^{28}К одно универсальное взаимодействие разделилось на гравитацию и Великое объединение, включающее в себя сильное слабое и электромагнитное взаимодействия. **Произошло отделение гравитации.** В последующий период **космической инфляции** возникшие к этому времени «пузыри» пространства экспоненциально быстро расширяются и происходит тунельный переход пузырей из состояния ложного в состояние истинного вакуума.

Время 10^{-34}с. Температура упала до 10^{27}К. В этот период в процессе инфляции нарушается симметрия Великого объединения и из него **выделяется сильное взаимодействие,** которое переносят кварки и глюоны Электроны и другие лептоны пока еще полностью «равноправны» и симметрия электрослабого взаимодействия еще сохраняется.

Время 10^{-12}с. При температуре 10^{16}К **рождается барионная асимметрия:** кварки и антикварки рождаются и уничтожаются, частиц при этом становится на одну миллиардную часть больше, чем античастиц:

Далее при температуре 10^{-15}К нарушается симметрия между слабым и электромагнитным взаимодействием.

Время 10^{-4}с. При температуре 10^{12}К все четыре взаимодействия начинают существовать независимо. Кварки, ранее бывшие свободными, объединяются в нуклоны (протоны и нейтроны). Прекращаются реакции, в которых поглощаются нейтрино. Эти частицы распространяются во Вселенной.

Время 1 с. При температуре 10^{10}К прекращается превращение протонов в нейтроны и наоборот. Реакции с образованием протонов оказались энергетически более выгодными, а значит, более вероятными. Это определяет скорость реакций и соотношение частиц, которое фиксируется как 6:1.

Время 10^2с. При температуре 10^8К теперь уже электроны и позитроны аннигилируют и остается небольшой избыток электронов.

Время 10^4с. При температуре 10^7К протоны и нейтроны сливаются в ядра тяжелого водорода и ядра гелия.

За все прошедшее время с начала раздувания Вселенной произошел синтез первых элементов водорода и гелия, температура и плотность вещества упали более чем на 20 порядков. Далее счет времени пошел уже тысячелетиями.

Время 10^4 лет. Заканчивается синтез первых элементов. Нейтроны израсходованы на образование ядер гелия. Оставшиеся протоны – это ядра водорода. Вселенная остывает до 3000К. **Интенсивность излучения падает, и основная доля энергии Вселенной приходится уже на материю.** Фотоны обладают еще достаточно высокой энергией, и это не позволяет электронам соединяться с атомными ядрами. Вселенная представляет собой космический газ в виде непрозрачной плазмы.

Время 10^5 лет. Энергия фотонов уменьшается настолько, что электроны начинают локализоваться вокруг атомных ядер, в результате возникают ядра бериллия и лития, но тут же распадаются. Фотоны теперь распространяются по Вселенной почти свободно, создавая *реликтовое излучение*. *Излучение отделилось от вещества*. Вселенная становиться прозрачной и постепенно остывает. Пришла эра вещества.

Время 10^{10} лет и далее. Начинается сложный процесс образования протозвезд и протогалактик. Космический газ образует скопления, возникают небесные тела – квазары и галактики. В галактиках образуются газовые облака, они сгущаются и из них возникают первые звезды. Внутри звезд синтезируются более тяжелые элементы, после смерти звезды они попадают в космос, остывают и при соответствующих условиях могут конденсироваться. Возникают планеты, подобные нашей Земле. Жизнь на Земле появилась свыше трех миллиардов лет, а человек – 600000 лет назад.

В момент рекомбинации (соединение электронов с ядрами) Вселенная содержала смесь трех почти не взаимодействующих между собой субстанций: лептонов (нейтрино и антинейтрино), реликтового излучения (фотоны) и барионного вещества (атомы водорода, гелия и их изотопы). В сложившихся условиях ни одно из четырех фундаментальных взаимодействий не могло, как раньше при высоких температурах, обеспечить протекание во Вселенной процессов нарастания сложности и упорядоченности вещества и его структур. В перспективе это вело к «лептонной пустыне». Выход был в том, что Вселенная перешла в новое качественное структурное состояние – первичный нуклеосинтез сформировал водородно-гелиевую Вселенную.

8.5. Нуклеосинтез – источник энергии Солнца и звезд

Реакция образования ядер гелия и водорода из нуклонов – первичный нуклеосинтез – происходит и до настоящего времени, например, на Солнце, реализуясь в его центральной части, где температура достигает 10-13 млн. К. При таких температурах атомы теряют свои электронные оболочки, но этого не достаточно для преодоления силы кулоновского отталкивания между ядрами. Протон предохранен от взаимодействия с другим протоном потенциальным энергетическим барьером в 140 кэВ. Этот потенциальный барьер превышает энергию частиц при вышеназванной температуре в 100 раз. Для того чтобы частицы смогли попасть в область сильного взаимодействия им необходимо сблизиться на расстояние, меньшее 10^{-15}м. С точки зрения классической механики, этот барьер непреодолим, а с позиций квантовой механики существует вероятность преодоления барьера. Такую вероятность обеспечивает наличие так называемого туннельного эффекта.

В 1939 г. американский физик **Ганс Бете (р. 1906)** разработал протон-протонный и позднее азот-углеродный циклы ядерных реакций, по которым осуществляется космический синтез химических элементов. За большие заслуги в области звездной энергетики в 1967 г. ему была присуждена Нобелевская премия.

Первый цикл начинается с реакции взаимодействия двух ядер протонов:

$$H^1 + H^1 \rightarrow D^2 + e^+ + \nu \text{ (нейтрино)}$$

Образовавшееся ядро тяжелого водорода или дейтерия, соединяется далее с протоном и образует ядро легкого изотопа гелия:

$$D^2 + H^1 \rightarrow He^3 + \gamma \text{ (гама-квант)}$$

Последняя реакция этого цикла состоит в слиянии ядер легкого гелия и освобождении двух протонов:

$$He^3 + He^3 \rightarrow He^4 + 2H^1$$

Этот цикл обеспечивает выход энергии 19,78 МэВ. Так начинается термоядерная реакция, являющаяся, по современным представлениям, источником энергии звезд.

На стадии первичного нуклеосинтеза процесс образования атомных ядер обрывается на изотопе гелия с атомным числом 4. Причина такого ограничения связывается с неустойчивостью к существованию ядер с атомным числом 5 и 8. Этот барьер на пути нуклеосинтеза физики назвали «щелью массы».

Обходной путь появился после того, как в ходе формирования Вселенной возникли крупные звезды типа красных гигантов, массы которых в несколько раз превышают солнечную массу. Водород в них выгорает очень быстро и в центре звезды, где сосредоточен гелий, температура достигает нескольких сотен миллионов градусов. В этих условиях происходят ядерные реакции – реакции углеродного цикла, в результате которых происходит

синтез более тяжелых элементов. Эти звезды называют «ядерными кострами» потому, что их горение поддерживается протекающими в недрах реакциями **звездного нуклеосинтеза.**

В 50-е годы **Ф. Хойл**, обойдя проблему «щели массы», предложил реакцию образования углерода из трех атомов гелия, которая может реализоваться на определенных стадиях развития некоторых типов звезд. Тогда открывается возможность образования более тяжелых, чем углерод, элементов. Однако теоретические расчеты скорости реакции соединения трех атомов гелия в углерод показали, что она недостаточна для создания наблюдаемого в мире количества тяжелых элементов. Тогда Хойл высказал предположение, что у углерода ^{12}C существует возбужденное состояние, энергия которого должна быть близка суммарной энергии трех альфа-частиц. Это доказал позднее американский физик **У. Фаулер (р. 1911)**. Он же определил энергию возбужденного состояния углерода ^{12}C, которая оказалась равной 7,654 МэВ, и превысила суммарную энергию трех альфа-частиц на 0,38 МэВ. Реакция объединения трех атомов гелия с образованием возбужденного ядра углерода протекает избирательно со скоростью на несколько порядков выше, чем неизбирательной реакции, создающей ядро углерода в основном состоянии.

Образовавшийся углерод сам способен присоединять одно ядро гелия и образовывать ядро кислорода, затем неона и так вплоть до кремния. Согласно азот-углеродному циклу (шесть реакций), разработанному Бете, реакции синтеза других элементов протекают в следующей последовательности:

$$C^{12} + H^1 \rightarrow N^{13} + \gamma \qquad N^{13} \rightarrow C^{13} + e^+ + \nu$$

$$C^{13} + H^1 \rightarrow N^{14} + \gamma \qquad C^{14} + H^1 \rightarrow O^{15} + \gamma$$

$$O^{15} \rightarrow N^{15} + e^+ + \nu \qquad N^{15} + H^1 \rightarrow C^{12} + He^4$$

Углерод в этом цикле играет роль катализатора реакций, и синтез осуществляется до кремния. Со временем выгорающее ядро звезды сжимается, и температура в нем повышается до 3-10 млрд. градусов. Уже в этих условиях реакции объединения могут продолжаться вплоть до образования ядер железа, которое имеет самые устойчивые ядра. Далее нуклеосинтез перестает быть источником выделяющейся энергии. Протекание реакций синтеза более тяжелых ядер требует еще больших энергетических затрат и предположительно происходит в оболочках массивных взрывающихся звезд. Тогда в космической среде появляются тяжелые элементы, синтезированные на бывшей звезде, которые могут использоваться при формировании планет.

Представленные взгляды на синтез химических элементов во Вселенной не стоит считать окончательными, поскольку в этой области знаний существует еще большой ряд нерешенных проблем. Однако появление во Вселенной, кроме преобладающих водорода и гелия, всей гаммы химических элементов открыло новый этап в развитии вещества и в формировании его структур. Сегодня в космосе уже обнаружено большое разнообразие органических молекул, вплоть до таких сложных, как молекулы аминокислот.

8.6. Гипотезы происхождения Солнечной системы

История науки знает много различных гипотез о происхождении Солнечной системы, составляющих предмет изучения космологии. Однако ни одну из них нельзя считать совершенной. В основе первых эволюционных космогонических гипотез **Канта (1724-1804 гг.)**, **Лапласа (1749-1827 гг.)** лежит открытый позже, в 17 веке, Ньютоном закон всемирного тяготения. Смысл этих гипотез заключается в постепенном изменении гравитирующей материи (первичной протопланетной туманности), непрерывной эволюции космических образований путем их уплотнения и ведущей роли в этом процессе сил гравитации.

Эти гипотезы и появившиеся позднее наиболее известные гипотезы **Джинса (1877-1946 гг.), Рассела (1872-1970 гг.), Хойла (р. 1915), Шмидта (1891-1956 гг.)** обсуждали причины возникновения первичной туманности и возможности одновременного или разновозрастного образования планет и самого Солнца, но ни одна из них не является универсальной. Как же сейчас трактуют явление образования Солнца и планет Солнечной системы, среди которых находится наша Земля?

После Большого Взрыва формирование Солнечной системы началось ~ 5 млрд. лет тому назад с бесформенной массы газового облака туманности, уже представляющего продукты жизнедеятельности звезд предыдущего поколения, состоящего преимущественно из водорода. При определенных значениях массы, плотности и температуры газовая туманность начинает сжиматься, возникающие неоднородности разрывают её на фрагменты, из которых при дальнейшем сжатии и образуются протозвезды. Под действием гравитационных сил солнечная туманность начинает приобретать форму, сжиматься так, что самая плотная часть её находится в центре. Наше Солнце становится протозвездой. Центробежные силы выделяли экваториальную область. В ней возникали неустойчивые нестационарные потоки в газе и пыли, и часть этого вещества оторвалась от протозвезды, унося с собой избыточный момент количества движения. Так образовался газопылевой диск в экваториальной плоскости будущего Солнца. Этот диск рос, и в нем возникали условия для рождения планет. Во вращающемся и сжимающемся фрагменте, потерявшем часть вещества на образование диска, увеличилась температура, росло давление, что препятствовало дальнейшему сжатию. Во внешних слоях пошли бурные процессы, вызывающие огромные токи в ионизированном газе и сильные магнитные поля. Когда температура достигла 10 млн К, пошли термоядерные реакции, и «загорелось» наше Солнце. Оно вступило в период устойчивого существования в качестве звезды главной последовательности. На это потребовалось почти 100 млн лет. Термоядерная реакция превращения водорода в гелий, сопровождающаяся преобразованием части массы в энергию, в недрах Солнца происходит и сейчас.

Протопланетное облако к этому времени представляло собой кольцо, в котором при уплотнении пылинки слипались между собой. Солнце нагрева-

ло внутреннюю часть этого кольца, вызывая испарение, выгоняя солнечным ветром более легкие элементы в более дальние части кольца, где они «замерзали» (Т = 50 К). Так происходило образование двух групп планет. Планеты земной группы образовались примерно за те же 100 млн лет. В зависимости от расстояния до Солнца разные части туманности остывали с разной скоростью. Это привело к неоднородности протекания химических процессов, которая усиливалась давлением солнечного излучения и корпускулярной радиации Солнца. В результате в разных частях протопланетного облака возникали неоднородности, что потом отразилось на составе образовавшихся планет. Химическая эволюция протекала тоже по-разному: сначала конденсировались наиболее тугоплавкие элементы и их соединения, потом – летучие. Аккумуляция конденсатов в планеты и метеоритные тела началась еще до завершения процессов конденсации.

Первыми, вероятно, появились конденсаты железа. Они явились основой ядер планет, обогащенных железоникелевым сплавом. Вокруг них оседали магнезиально-силикатные породы, которые образовали первичные мантии. Более поздние конденсаты – гидратированные силикаты, органические вещества и летучие соединения. Так формировались первичные планеты земной группы. Планеты – гиганты образовывались дольше. За 100 млн лет сформировались их ядра, потом они аккумулировали газ окружающего пространства и образовали свои протяженные атмосферы. Начальные температуры планет-гигантов были высоки (у Юпитера – до 5000 К, у Сатурна – до 2000 К), что обеспечивалось распадом короткоживущих радиоактивных элементов и интенсивным падением метеоритов. Формирование более дальних планет происходило еще медленнее. Образовавшиеся планеты Солнечной системы делят на планеты земной группы и юпитерианской группы. Первые из них располагаются ближе к Солнцу и имеют меньшие размеры и большую плотность. Их расстояние до Солнца (млн. км):

Меркурий	58	Венера	108	Земля	149
Марс	227	Юпитер	778	Сатурн	1427
Уран	2869	Нептун	4469	Плутон	5300

Скорость удельного энерговыделения в типичных звездных термоядерных реакциях, является по земным масштабам ничтожной. Так для Солнца она составляет в среднем на 1 г солнечной массы ~ 2 эрг/сек. Это гораздо меньше, чем скорость энерговыделения в живом организме при обмене веществ. А обычная электрическая лампочка эквивалентна многим тоннам солнечного вещества. Однако благодаря колоссальной массе Солнца, излучаемая им мощность ($4 \cdot 10^{26}$ Вт) огромна и даже ничтожной ее доли достаточно, чтобы оказать решающее влияние на энергетический баланс земной поверхности и жизни.

Сейчас Солнце – звезда главной последовательности, но это не бесконечно. Полагают, что приблизительно через 5 млрд. лет его структура изменится, поскольку запас водородного горючего начнет истощаться. Тогда

Солнце начнет расширяться, превращаясь в красного гиганта. Наступит момент, когда оно будет излучать в 100 раз больше энергии, чем сейчас. На внутренние планеты системы это действие будет катастрофическим, они потеряют атмосферу и распадутся. Затем Солнце сожмется и превратится в очень слабый белый карлик.

Накопление фактических данных о Солнечной системе еще далеко до завершения. Поток информации особенно возрос в последние годы, когда началось изучение планет, комет и межпланетного пространства с применением космических аппаратов. Характер поступающей информации подчас коренным образом меняет многие ранее сложившиеся представления о Солнечной системе. Согласно современным представлениям, решение проблемы образования Солнечной системы требует как учета эффектов взаимодействия магнитных полей с плазмой, магнитогидродинамических и газодинамических явлений, химических взаимодействий элементов, так и обсуждения закономерности характера процессов, протекающих в общем потоке структурной самоорганизации Вселенной.

Американский астроном Карл Саган (р.1934) построил модель эволюции Вселенной, в которой космический год равен 15 млр. земных лет, а 1 секунда – 500 годам. Тогда эволюция Вселенной выглядит так:

Большой Взрыв	1 января
Образование Галактик	10 января
Образование Солнечной системы	9 сентября
Образование Земли	14 сентября
Возникновение жизни	25 сентября
Первые люди	31 декабря

8.7. Земля – планета Солнечной системы

И знаем мы: под этой дымкой
Все то, по чем душа болит,
Какой-то странной невидимкой
От нас таится и молчит…

Ф. Тютчев

Земля самая большая планета земной группы планет Солнечной системы. Она образовалась 4,6 млрд. лет назад. Ее масса $5{,}98 \cdot 10^{24}$ кг, диаметр 12756 км, плотность 5510 кг/м^3. Средняя скорость ее движения по орбите 29,765 км/с. Период обращения вокруг Солнца составляет 365,24 суток. Наклон земной оси к плоскости эклептики $66^0 33^{'} 22^{''}$. Период вращения вокруг своей оси 23 часа 56 мин 4,1 секунды. Земля имеет форму близкую к эллипсоиду, она сплющена у полюсов и растянута в экваториальной зоне.

В Солнечной системе нет другой планеты, на которой мог бы выжить человек. Необходимым условием для жизни белковых тел является наличие атмосферы, которая бы позволила живым существам дышать и защищала бы планету от смертоносной коротковолновой радиации, приходящей из космоса. Положение Земли в Солнечной системе, ее размер, плотная масса явились причиной образования у нее атмосферы особого типа, единственной в своем роде, поэтому Земле такая радиация не угрожает, поскольку она поглощается в верхнем слое атмосферы озоновым поясом.

В создании атмосферы огромную роль играет масса Земли. Будь она больше, Земля, как Юпитер и Сатурн, удерживала бы часть первоначального водорода, и атмосфера ее была бы другой. Меньшая масса способствовала бы тому, что улетучились бы не только водород, но и все другие газы. Атмосфера Земли отличается низким содержанием углекислого газа и высоким содержанием молекулярного кислорода. Два фактора позволяют формировать такую атмосферу: вода океанов и морей хорошо поглощает углекислый газ, а биосфера насыщает атмосферу молекулярным кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза.

Определенное расстояние Земли от Солнца позволяет создать ту температуру, что необходима для существования белковых тел. Ближайшие соседи Земли уже не могут поддерживать подобную температуру: на Марсе, который расположен дальше от Солнца, чем Земля, отмечены очень холодные ночи, а на Венере, расположенной ближе к Солнцу, зарегистрирована температура + 485 ºС.

На Земле активно протекают тектонические процессы, что считают признаком жизнедеятельности планеты, ее развития, так как именно при землетрясениях и извержении вулканов происходит активный обмен веществом и энергией между недрами и поверхностью планеты, в ходе которого формируются и поддерживаются атмосфера, гидросфера и господствующие типы рельефа поверхности. Рельеф земной поверхности в целом характеризуется глобальной асимметрией двух полушарий – северного и южного. Одно из них представляет собой гигантское пространство, заполненное водой, это – океаны. В другом полушарии сосредоточены поднятия коры, образующие континенты.

Современный, знакомый нам сложившийся рельеф нашей планеты не всегда был таким. Палеомагнитные исследования (данные об остаточной намагниченности пород различного возраста с различных континентов) свидетельствуют о том, что в ходе геологической истории Земли континенты испытывали значительные смещения относительно магнитных полюсов и расположение континентов существенно менялось. **Полагают, что 600 млн. лет назад на Земле было несколько подвижных континентальных плит, весьма похожих на современные. Благодаря перемещению континентов, произошло объединение их в единый суперконтинент, ориентированный в субмеридианном направлении, который был назван Пангея. Спустя 300-200 млн. лет Пангея начала распадаться на части, что привело сна-**

чала к образованию континентов Гондваны и Лавразии, а затем из них сформировались современные материки.

Современная наука о Земле, объясняющая динамику процессов в земной коре, строит свои знания, опираясь на **теорию неомобилизма**, то есть теорию дрейфа континентов, которая основывается на тектонике литосферных плит. Согласно этой теории считается, что **верхний слой земной коры (литосфера) состоит примерно из пятнадцати жестких плит, из них 6-7 являются крупными, которые могут сталкиваться, погружаться друг под друга и надвигаться одна на другую. Эти плиты плавают, медленно скользя и перемещаясь горизонтально, на горячем, пластичном слое мантии нашей планеты – астеносфере.** Вместе с плитами могут перемещаться и континенты. Именно по этому механизму поверхность Земли приводится в состояние, близкое к гидростатическому равновесию.

Возникновение теории неомобилизма связано с открытием в 60-х годах нашего столетия на дне Мирового океана цепи срединных горных хребтов, тянущихся на десятки тысяч километров. Рельеф океанического дна оказался отличным от континентального рельефа. Вдоль центральных частей срединно-океанических хребтов протянулись разломы, так называемые рифтовые зоны, через которые из мантии на поверхность в виде мощных потоков выходят свежие массы вещества. Они раздвигают кору, формируя ее в процессе непрерывного обновления. Однако, если новые участки поверхности наращиваются вдоль хребтов, а площадь поверхности Земли практически не изменилась за время ее существования, значит должны быть зоны уничтожения поверхности. Такие зоны существуют. Это зоны субдукции – глубоководные океанические желоба, где океаническая кора погружается под одну из островных дуг (например, Курильскую, Марианскую дугу) или под край континента (например, пластина земной коры с Японскими островами устойчиво мигрирует в сторону Китайской платформы и поддвигается под нее). Эти зоны характеризуются повышенной сейсмической и вулканической деятельностью. Таким образом, близ срединно-океанических хребтов литосферные плиты наращиваются за счет вещества, поднимающегося из недр, и расходятся в стороны. В глубоководных желобах одна плита поддвигается на другую и поглощается мантией. Там же, где плиты сталкиваются между собой, возникают складчатые сооружения. Расслоение недр Земли по плотности рождает своего рода течения в мантии. Эти течения и заставляют дрейфовать глобальные плиты с выступающими из Мирового океана континентами. Дно Мирового океана, считавшееся всегда нейтральным в геологическом отношении, оказалось живым, разделяющим жизнь материков.

По этой модели предполагается, что **через несколько сот миллионов лет может возникнуть новый континент из Азии и Северной и Южной Америки.** Атлантический океан будет при этом расширяться, а Тихий океан закроется из-за субдукции Восточно – Тихоокеанского спредингового центра.

Земля, в отличие от других планет Солнечной системы, имеет сильное магнитное поле, что связано с особенностями ее геологического строения.

Благодаря зондированию недр Земли сейсмическими волнами удалось установить, что она имеет оболочечное строение и дифференцированный химический состав. **Различают три главные концентрически расположенные области: кора, мантия и ядро.** Ядро и мантия в свою очередь подразделяются на дополнительные оболочки, различающиеся физико-химическими свойствами. Каждая из оболочек Земли представляет собой открытую систему, обладающую определенной автономией и своими внутренними законами развития, но при этом они тесно взаимодействуют друг с другом.

Ядро занимает центральную область земного геоида и разделяется на две части. Внутреннее ядро находится в твердом состоянии на глубине 5120-6371 км, оно окружено внешним ядром, пребывающим в жидкой фазе, с глубинами 2920-4980 км. Между внутренним и внешним ядрами нет четкой границы, их разделяет переходная зона на глубинах 4980-5120 км. Предполагают, что **внутреннее ядро** состоит из железа (80%) и никеля (20%), что идентично составу железных метеоритов. Этот сплав при давлении земных недр должен иметь температуру порядка 4500 ºС. **Внешнее же ядро** содержит железо (52%) и жидкую смесь твердых веществ, образуемую железом и серой (48%). Температура плавления такой смеси оценивается примерно равной 3200 ºС.

С жидким состоянием внешнего ядра связывают представления о природе земного магнетизма, полагая, что магнитное поле Земли зарождается в глубинах планеты. Магнитное поле Земли изменчиво. Из года в год меняется положение магнитных полюсов. Убедительные эксперименты показали, что на протяжении последних 80 млн. лет имело место не только изменение напряженности поля, но и многократное систематическое перемагничивание, в результате которого северный и южный магнитные полюса Земли менялись местами. В периоды смены полюсов наступали моменты полного исчезновения магнитного поля. Предполагают, что причиной этого явления является масса жидкого ядра, перемещающаяся при вращении Земли вокруг своей оси.

Плотность и химический состав **мантии**, по данным сейсмических волн, резко отличается от соответствующих характеристик ядра. Мантию образуют различные силикаты – соединения, основу которых составляет кремний. **Мантия имеет сложное строение, она подразделяется на верхнюю, среднюю и нижнюю части.** На глубинах около 100-300 км выделяется слой астеносферы, в пределах которого формируются очаги глубокофокусных землетрясений. Глубина мантии достигает 1000-2700 км, а переходный слой между мантией и ядром лежит на глубине 2700-2920 км.

Земная кора – это верхний слой твердой оболочки Земли, отделенный от нижележащих слоев, так называемой, поверхностью Мохоровича (по фамилии сербского сейсмолога, открывшего её в 1909 г.), при переходе к которой от мантии происходит изменение химического состава и скачкообразно изменяется скорость распространения упругих волн. **Средняя мощность земной коры 35 км, под океанами она составляет около 6 км, а под**

материками достигает 60 км. Земная кора, образующая верхнюю часть литосферы, слагается в основном из восьми химических элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия. Половина всей массы коры приходится на кислород, который содержится в ней в связанных состояниях, в основном в виде оксидов металлов. Геологические особенности коры определяются совместными действиями на нее атмосферы, гидросферы и биосферы – этих трех самых внешних оболочек планеты. Состав коры и внешних оболочек непрерывно обновляется. Так, благодаря выветриванию и сносу, вещество континентальной поверхности полностью обновляется за 80-100 млн. лет. Убыль вещества континентов восполняется вековыми поднятиями их из коры. Жизнедеятельность бактерий и животных сопровождается полной сменой содержащейся в атмосфере углекислоты за 6-7 лет, а кислорода – за 4000 лет. Вся масса воды гидросферы ($1{,}4 \cdot 10^{18}$ т) целиком обновляется за 10 млн. лет.

Самые верхние оболочки гидросфера и атмосфера возникли на ранней стадии формирования планеты и сыграли огромную роль в развитии жизни на Земле. Они отличаются по массе и химическому составу от других оболочек Земли.

Первичная атмосфера Земли сильно отличалась от современной. Она была значительно более плотной и состояла в основном из углекислого газа. Резкое изменение состава атмосферы произошло примерно 2 млрд. лет назад и связано с зарождением жизни. Растения каменноугольного периода в истории Земли поглотили большую часть углекислого газа и насытили атмосферу кислородом. Последние 200 млн. лет состав земной атмосферы практически остается неизменным. Сегодня атмосфера Земли обладает массой примерно $5{,}15 \cdot 10^{18}$ кг, то есть меньше миллионной доли массы планеты. Вблизи поверхности она содержит 78,08% азота, 20,95% кислорода, 0,94 % инертных газов, 0,03 % углекислого газа и незначительное количество других газов. Давление и плотность в атмосфере убывают с высотой. Половина воздуха содержится в нижних 5,6 км, а вторая половина сосредоточена до высоты 11,3 км. На высоте 95 км плотность воздуха в миллион раз меньше, чем у поверхности. На этом уровне высоты уже растет доля легких газов, и преобладающими становятся водород и гелий. Часть молекул разлагается на ионы, образуя ионосферу. Выше 1000 км находятся радиационные пояса. Их тоже можно рассматривать как часть атмосферы, заполненную очень энергичными ядрами атомов водорода и электронами, захваченными магнитным полем планеты. Важную для человека часть атмосферы составляет озоносфера, содержащая очень тонкий (всего несколько см) слой озона. Она сосредотачивается на высоте 20-25 км. Озоносфера поглощает опасное для всего живого жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца, благодаря чему на Земле сформировалась и существует жизнь.

Водная оболочка Земли, представляющая гидросферу, покрывает более 70% поверхности Земного шара. Средняя глубина мирового океана достигает 4 км. Масса гидросферы примерно $1{,}46 \cdot 10^{21}$ кг. Это в 275 раз больше

массы атмосферы, но лишь 1/4000 от массы всей Земли. Гидросферу на 94% составляют воды Мирового океана, в которых растворены соли (в среднем 3,5%), а также ряд газов. Верхний слой океана содержит 140 трлн. тонн углекислого газа, и всего лишь 8 трлн. тонн растворенного кислорода. Предполагают, что вода в виде паров, как и газы атмосферы, возникла в недрах Земли и поступила на поверхность в результате внутреннего разогрева совместно с более легкоплавкими веществами первичной мантии в процессе вулканической деятельности, а также в результате бомбардировки метеоритами поверхности Земли 4,5-4,3 млр лет назад.

Существует две гипотезы формирования нашей планеты: гипотеза горячего и гипотеза холодного начального состояния Земли. Первая из них считает, что образование Земли происходило в рамках общей космогонической схемы образования планет Солнечной системы. В зоне, близкой к Солнцу, где протопланетное вещество остывало медленно, и первыми начали конденсироваться наиболее тугоплавкие вещества, вначале оформилось протоядро Земли из наиболее тугоплавких металлов железа и никеля. При дальнейшем остывании облака начали конденсироваться силикаты металлов и соединения серы, которые очень быстро присоединились к ядру и стали впоследствии мантией. Когда температура облака стала почти такой, какую имеет Земля в настоящее время, стали конденсироваться более крупные молекулы и вода, а легкие газы были отброшены солнечным ветром.

Важнейшую роль в формировании Земли и ее химической эволюции сыграла радиоактивность, которая на планете была достаточно высока. Подвергаясь радиоактивному нагреву, она испытывала химическую дифференциацию, которая завершила формирование у нее внутреннего металлического ядра. От радиоактивного разогрева плавились остатки железной фазы, сохранившиеся в первичных мантиях, примесь сернистого железа облегчала это плавление. Металлическая и сульфидно-металлическая фазы, стекли в центральные области и сформировали четкие границы ядер. Более легкие элементы переходили вверх, формируя химический состав литосферы. Дегазация мантии при выплавлении легкоплавких фракций приводила к базальтовым расплавам, которые тоже изливались на поверхность планеты. Газовые компоненты, вырывающиеся вместе с ними, дали начало первичной атмосфере, которую Земля благодаря своей массе смогла удержать.

Вторая гипотеза холодного происхождения Земли говорит о том, что в процессе формирования Земли из частиц протопланетного облака ее масса постепенно увеличивалась. Росли силы тяготения, а следовательно, и скорости частиц, падавших на планету. Кинетическая энергия частиц превращалась в тепло, и Земля все сильнее разогревалась. Энергия удара освобождалась не на поверхности, а на глубине, в слое толщиной порядка 1000 км. Она не успевала излучаться в пространство, оставаясь в недрах земли. В результате температура на глубинах 100-1000 км приблизилась к точке плавления. Повышение температуры вызвало распад короткоживущих радиоактивных изотопов. Первые возникшие расплавы, по-видимому, представляли собой

смесь жидких железа, никеля и серы. Расплав накапливался, а затем вследствие более высокой плотности просачивался вниз, постепенно формируя земное ядро. Таким образом, формирование Земли и ее ядра уже на начальной стадии образования происходило за счет дифференциации вещества.

В настоящее время придерживаются идеи горячего образования Земли. Однако пока не решен вопрос, была ли Земля гомогенна или гетерогенна к концу своего формирования, образовались ли ядро, мантия и кора в результате гетерогенной аккреции или же наша планета создавалась из гомогенного материала, который затем подвергался дифференциации в процессе последующей геологической истории.

Из последней гипотезы следует, что при локальном разогреве и плавлении земных пород от ударов метеоритов происходило выделение газов и паров воды, содержавшихся в породах. Средняя температура Земли уже позволяла конденсацию воды, которая начала формирование гидросферы. Если это так, то океан и атмосфера существовали не только на протяжении истории Земли как сформировавшейся планеты, но и в течение основной фазы ее формирования. А это приводит к очень интересному заключению о том, что некоторое количество кислорода присутствовало в атмосфере Земли еще до того, как возникла на ней биосфера.

Сегодня Земля – единственная, известная нам, планета Солнечной системы, на которой существует белковая жизнь. Судя по набору химических элементов, присутствующих на Земле, она является планетой второго поколения Вселенной. Только на этой планете самоорганизация вещества достигла необычайно высокой степени развития, совершив качественный скачок к высшим формам упорядоченности.

8.8. Антропный принцип

До настоящего времени остаются дискуссионными вопросы, касающиеся причин движущих сил эволюции Вселенной. Существуют две основные концепции, которые пытаются объяснить космическую эволюцию: это **концепция самоорганизации Вселенной и концепция креационизма.**

Обе концепции признают, что деятельность нашей Вселенной определяется рядом постоянных величин, таких как гравитационная постоянная, постоянная Планка, точный (постоянный) заряд электрона, точная скорость света и др. Численные значения этих постоянных определяют основные особенности Вселенной. Если бы эти значения отличались от существующих хотя бы на малую величину, то не только бы жизнь, но и сама Вселенная как сложная упорядоченная структура была бы невозможна. Например, увеличение постоянной Планка более чем на 15% лишает протон возможности соединиться с нейтроном, а значит, становится невозможным нуклеосинтез. Тот же результат получается, если увеличить массу протона на 30%. Если эти постоянные уменьшить, то тогда открывается возможность образования устойчивого ядра гелия, что привело бы к выгоранию всего водорода на ран-

ней стадии формирования Вселенной. Или, небольшая асимметрия между веществом и антивеществом позволила на ранней стадии образоваться барионной Вселенной, а не выродиться в фотонно-лептонную пустыню. Не менее интересные совпадения встречаются и при рассмотрении процессов, связанных с возникновением жизни. Многочисленная совокупность таких случайностей называется «тонкой подстройкой» Вселенной. Случайна ли эта «подстройка» или определена каким-то глобальным процессом самоорганизации.

В рамках концепции самоорганизации эволюция Вселенной рассматривается как самопроизвольное упорядочивание систем в направлении становления все более сложных структур. Возникший первичный хаос порождает порядок, который совершенствуется эволюционным путем, путем случайного отбора наиболее устойчивых и продуктивных материальных структур, существование, движение и взаимодействие которых, обеспечивается рядом закономерностей – законов. То есть эта точка зрения утверждает стохастический характер складывающихся природных процессов, и «тонкая подстройка» с этой точки зрения выглядит как случайность возникновения этого феномена. **Вопрос о цели космической эволюции здесь не затрагивается.**

Развитие материи при наличии «тонкой подстройки» физических постоянных определенными законами (только частично познанных нами) в ходе своего развития оказалось способным создать системы с возрастающей сложностью, в результате чего появился «наблюдатель», способный обнаружить существование «тонкой подстройки» и искать причины ее породившие.

Концепция креационизма (творения), эволюцию Вселенной связывает с реализацией программы, определяемой реальностью более высокого порядка, чем материальный мир. В своих взглядах сторонники креационизма опираются на существование во Вселенной направленного развития от простых систем ко все более сложным и информационно емким, в ходе которого создавались условия для возникновения жизни и человека. В качестве дополнительного аргумента они привлекают антропный принцип, сформулированный английскими астрофизиками Карром и Риссом.

Суть антропного принципа заключается в предположении того, что **«тонкая подстройка», то есть физическая структура Вселенной, может быть закономерным природным явлением и с самого начала существования во Вселенной потенциально заложено на определенном этапе ее развития появление человека – «наблюдателя».** Если же «тонкая подстройка» изначально заложена во Вселенной, то последующее ее развитие в основном предопределено и появление наблюдателя на определенном этапе неизбежно. Из этого следует, что в родившейся Вселенной потенциально заложено будущее, а процесс развития приобретает целенаправленный харак-

тер. Появление разума не только заранее «запланировано», но и имеет определенное предназначение, которое проявит себя в последующем процессе развития.

Земная жизнь со своим генным механизмом – малая часть гигантского целого – Вселенной. А что доступно части целого, должно быть доступно всему целому. Мы очень мало знаем об информативных накоплениях Вселенной, о том, как она хранит и использует информацию. Если человечество продолжит свое существование, если его способность познать себя и окружающий мир сохранится, то вполне возможно, что одной из главных задач будущего научного поиска человечества станет разрешение антропного принципа и осознание своего предназначения во Вселенной.

Контрольные вопросы

1. Какие две гипотезы возникновения Вселенной Вы знаете?
2. Как Вы понимаете расширение Вселенной?
3. Что трактует «горячая» теория Вселенной?
4. Что считают Галактикой и Метагалактикой?
5. В чем сущность концепции «Большого Взрыва»?
6. Какие существуют точки зрения на происхождение Солнечной системы?
7. Каковы особенности Земли по сравнению с другими планетами?
8. Чем отличается атмосфера Земли от атмосферы других планет?
9. Каково строение Земли?
10. Как Вы понимаете антропный принцип?

Темы для рефератов

1. Концепция Большого взрыва и раздувающейся Вселенной.
2. Рождение материи во Вселенной.
3. Нуклеосинтез во Вселенной.
4. Структурная самоорганизация Вселенной.
5. Проблемы происхождения и развития Земли.
6. Антропный принцип о возможности целенаправленного развития Вселенной.

РАЗДЕЛ IV
СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

Глава 9. Роль химии в развитии естественнонаучных знаний

Знать, чтобы знать.
Знать, чтобы мочь.
Мочь и действовать,
Чтобы полнее существовать.
Тейяр де Шарден

Химию определяют как науку о веществах и процессах их качественного превращения. Это высоко упорядоченная постоянно развивающаяся система знаний, имеющая определенное социальное назначение и определенное место в ряду других наук. Главную задачу химии великолепно определил Ломоносов: «Изучение химии имеет двоякую цель: одна – усовершенствование естественных наук, другая – умножение жизненных благ». **Химия занимается изучением веществ в их статическом и динамическом состоянии с целью выявления способов управления свойствами вещества и получения веществ с заданными свойствами.** Достижения химии, с одной стороны, активно используются в промышленности – химические реакции лежат в основе многих технологических процессов, с другой стороны – они позволяют осознать и освоить опыт лаборатории живого организма, подойти к пониманию самоорганизации живой материи из неживой.

Химия, как никакая другая наука, показала, что наши знания накапливаются в определенном порядке, который обусловлен соподчинением уровней организации материи. На основе историко-методологического анализа развития научной химии В.И. Кузнецов установил, что существуют определенные закономерности этого развития, которые укладываются в четыре периода, каждый из которых соответствует появлению новой концептуальной системы знаний химического явления:

– учение о составе вещества (VII-VIII вв.);

– учение о структуре вещества (60-е гг. XIX в.);

– учение о химических процессах (конец XIX в.);

– учение о химической эволюции (60-70-е гг. XX в.), которое к XXI в. легло в основу биологии искусственных живых систем.

Каждый из этих уровней можно характеризовать выдающимися открытиями, то есть накоплением и систематизацией знаний, позволившим на ином, более высоком качественном уровне, воспринимать изучаемую проблему.

9.1. Развитие учения о составе вещества

9.1.1. Исторические предпосылки и открытие химических элементов

Вопрос о том, из чего состоят вещества, почему они обладают разными свойствами и почему свойств так много, на разных этапах развития общества решался по-разному.

Демокрит (IV век до н.э.), Эпикур (III век до н.э.) – представители атомической философии, высказывали гениальные догадки о том, что все тела состоят из атомов различной величины и формы, чем и объясняли различие тел. **Аристотель (III век до н.э.)** и **Эмпедокл (IV век до н.э.)** видимое разнообразие тел природы объясняли с антиатомистических позиций, посредством сочетания в телах различных элементов-стихий или элементов-свойств: тепла и холода, сухости и влажности. В соответствии с представлениями Аристотеля о присущей первоматерии противоположности свойств, считали, что переход одних веществ в другие, связанный с появлением их новых специфических свойств и «форм», обусловлен стремлением к некоторому «выравниванию» свойств различных элементов.

В эпоху эллинизма, благодаря быстро развивающейся торговле золото и серебро превратились во всеобщий эквивалент производимых товаров. Трудность их получения привела к попыткам применить на практике положения Аристотеля о превращении одних веществ в другие, получить золото из более распространенных металлов – ртути, свинца и др. Так возникло учение о **«трансмутации»** (превращении), согласно которому можно изменяя сочетание элементов, получать вещество с иными свойствами. Эта проблема оказалась в поле внимания алхимиков, став основной задачей их деятельности.

Главной целью алхимия считала поиски «философского камня» для превращения неблагородных металлов в благородные, получение элексира долголетия, универсального растворителя и др. Учение о трансмутации и деятельность алхимиков жестко преследовалась церковью. Положения алхимии в 8 веке были развиты арабскими учеными, которые предположили, что металлы могут получаться не при непосредственном соединении четырех элементов («качеств» Аристотеля), а другим путем: вначале образуется «сера» из огня из воздуха и «ртуть» из земли и воды, а уже из них получаются различные металлы. Эта теория «серы» и «ртути» как основных элементов-качеств получила широкое распространение в Западной Европе в 13-14 в.

Этой теории придерживался **Теофаст Парацельс (1493-1541 гг.),** швейцарский ученый, который в отличие от алхимиков, подчеркнул вещественный характер трех начал (tria prima): «серы» – начала горючести, «ртути» – начала летучести, «соли» – начала огнепостоянства, считая, что каждый элемент Аристотеля должен состоять из этих начал. В «ртутно-серной» теории алхимиков первоэлементы Аристотеля обретают новую жизнь в виде телесных, химически обрабатываемых объектов. Парацельс ставит перед алхимией иную задачу, чем «делать серебро и золото». Он ставит задачу исследовать свойства веществ и найти новые соединения с более полезными для медицинских целей свойствами, чтобы помогать человеку от болезней, т.к. рассматривает человека, состоявшим из тех же начал-элементов, и нарушением их равновесия объясняет все заболевания. По мнению Парацельса, с помощью химических препаратов нарушение равновесия можно исправить. Он сам успешно применял препараты ртути против сифилиса. Вскоре медицинскую химию или, как ее тогда называли иатрохимию, стали преподавать на медицинских факультетах университетов. В начале 17 века была впервые организована специальная кафедра иатрохимии в Марбургском университете в Германии.

При всех недостатках теории «трансмутации» алхимия сыграла огромную роль в развитии химии, особенно экспериментальной. Пытаясь решить поставленные задачи, алхимики нарабатывают огромный химический опыт: разрабатывают приемы лабораторной практики (перегонка, возгонка и др.), разрабатывают способы получения практически ценных продуктов (минеральные и растительные краски, стекла, эмали, металлические сплавы, кислоты, щелочи, лекарственные препараты и т.д.). Считают, что историческое предназначение алхимии – роль своеобразного посредника между великими умами древности и не менее великими испытателями природы 17 века. Менделеев писал, что «только благодаря запасу сведений, собранных алхимиками, можно было начать действительное научное изучение химических явлений».

Такое начало было положено теоретическими и экспериментальными работами английского ученого **Роберта Бойля (1627-1691 гг.).** В 1660 г. Бойль создает теорию, по которой окружающий нас мир построен из мельчайших частичек единой первоматерии, различных по размерам, форме и массе (он впервые вводит это свойство частицы). Эти частицы, которые он назвал **корпускулами**, являются носителями движения. Они, объединяясь и разъединяясь, образуют качественно различные тела – **«структурные формы вещества».** Этой теорией он положил начало современному представлению собственно о химическом элементе как о «простом теле» или как о пределе химического разложения вещества, переходящем без изменения из состава одного сложного тела в состав другого сложного тела. Среди этих тел Бойль называл воду, землю, железо, ртуть. Два последних элемента тогда были им отнесены к «структурным формам вещества». Бойль не смог на практике правильно решить проблему состава вещества, потому что в то время еще не знали ни одного химического элемента, а лишь стремились по-

лучить химические элементы как «простые тела» и пользовались при этом самым универсальным по тому времени методом разложения «сложных тел» – прокаливанием.

Изучение процессов горения привело к появлению первой, хотя она и оказалась ложной, научной теории в химии – **теории флогистона.** Основателем этой теории был немецкий профессор медицины **Георг Шталь (1659-1734 гг.).** Шталь преподавал в университете основы медицины и проводил обширные теоретические и экспериментальные исследования в области химии. Его очень интересовали реакции, которые лежали в основе металлургических процессов, получивших в то время широкое развитие. Наблюдая за процессом плавки, например, олова, он заметил, что часть металла теряется в виде окалины («извести», как тогда называли), но при соприкосновении с древесным углем вновь превращается в олово. Шталь сделал вывод о том, что уголь участвует в реакции, и предположил, что в угле содержится вещество, которое превращает «известь» в металл. Позже это вещество было названо флогистоном, а восстановление металла стали рассматривать как соединение его «извести» с флогистоном. По Шталю этот процесс можно представить так:

разложение при обжиге
МЕТАЛЛ----------→ ИЗВЕСТЬ+ФЛОГИСТОН
(сложное) ←---------- (простое вещество)
уголь

В теории флогистона произошла путаница в понятии простого и сложного вещества. Согласно теории флогистона все вещества, способные сгорать, считались сложными телами потому, что при сгорании образовывали «известь» – простое тело и флогистон. При таком определении металлы (железо, медь и др.), способные сгорать на воздухе, оказались сложными формами, а их (оксиды) «извести» – простыми телами. К простым телам были ложно отнесены и оксиды кальция, и оксиды кремния, так как они при прокаливании не изменялись.

Однако, при всех огромных недостатках этой теории, Шталем, по существу, были разработаны первые научные представления о реакциях окисления-восстановления, на основании которых пытались разобраться в особенностях химических процессов, в частности металлургических, и в причинах внутренних связей химических явлений. Кроме того, эта теория направила деятельность химиков на преодоление алхимических умозрений.

Под вопрос теорию флогистона поставили опыты Бойля, который впервые стал определять вес газов и взвешивал вещества после их сжигания. Оказалось, что при сжигании на воздухе вес веществ увеличивался, а не уменьшался, как бы хотелось с потерей флогистона.

Опыты с обжигом металлов стали одной из сфер научной деятельности русского ученого **Михаила Васильевича Ломоносова (1711-1765 гг.).** В отличие от Бойля, Ломоносов проводил обжиг металлов не на воздухе, а в за-

паянных трубках, которые взвешивал до опыта и после опыта, не вскрывая их. Оказалось, что «вес сожженного металла остается в одной мере», т.е. масса вещества до и после реакции не изменяется. На основании многочисленных опытов в 1756 г. он формулирует один из основополагающих, действующих и по сей день, законов естествознания – **закон сохранения материи и движения:**

«Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего от одного тела отнимется, столько присовокупится к другому; так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий закон простирается и в самые правила движения; ибо тело, движущее своей силой другое тело, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».

Однако, сформулировав закон сохранения масс, Ломоносов не посягнул на флогистон. Гипотеза флогистона была опровергнута известным французским химиком **Антуаном Лавуазье (1743-1794 гг.)** после открытия кислорода (Шееле, 1772; Пристли, 1774) и установлении его роли в процессах горения и окисления. Появилась новая, как мы теперь говорим, парадигма: явление обжига металлов и горение стали рассматривать как процесс соединения элемента с кислородом, а не как процесс разложения «сложного вещества» на элемент и флогистон. Это была настоящая революция в химии, которую по своему величию можно сравнить с революцией Коперника в физике.

Замечательно то, что гипотеза флогистона оказалась прогрессивной в том отношении, что послужила огромным стимулом к разработке точных количественных методов анализа вещества, которые и привели к открытию не только кислорода, но и других элементов, например, фосфора – в 1669 г., водорода – в 1766 г., азота – в 1772 г. Именно в то время они получили свои названия (рациональную номенклатуру), которые сохранились до наших дней: жизненный воздух был назван oxygen – кислород и обозначен буквой O; горючий воздух назван hydrogen – водород (H), удушливый воздух назван nitrogen – азот (N).

Лавуазье принадлежит первая попытка систематизации элементов по признаку их устойчивости к разложению. В ряд его элементов кроме кислорода, водорода, азота попали глинозем (оксид алюминия), кремнезем (оксид кремния), известь (оксид кальция), которые не поддавались разложению. Принципиально важно то, что в своей новой химической системе Лавуазье впервые разделил вещества на простые вещества (*химические элементы*) и химические соединения. Таким образом, химический элемент получил признанное существование.

9.1.2. Периодическая система Менделеева

С открытием химических элементов появилась необходимость систематизации их свойств, выявления их взаимосвязи. Первые попытки в этом направлении оказались несовершенными, так как в основе обобщения лежали второстепенные признаки элементов. Например, классификация элементов на металлы и неметаллы (она существует и сейчас) была проведена на

основании такого признака как металлический блеск. В результате, неметалл йод, обладающий металлическим блеском, попал в группу металлов.

В 1869 г. русский химик **Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907 гг.),** профессор Петербургского технологического университета, опубликовал статью «Соотношение свойств с атомным весом элементов» о систематизации известных тогда 62 элементов на основании их атомного веса. Менделеев разместил элементы в систему в порядке возрастания их атомного веса, основываясь на работах Дальтона по установлению связи между качественными и количественными свойствами веществ, и представил это в виде таблицы, которая и получила название «периодическая таблица Менделеева». Закон, сформулированный Менделеевым, гласит:

«Физические и химические свойства элементов, проявляющиеся в свойствах простых и сложных тел ими образованных, состоят в периодической зависимости от их атомного веса».

В этой таблице ярко выявлена периодичность изменения свойств элементов, с увеличением их сложности в каждом новом периоде. Систематизация элементов, выполненная Менделеевым, оказала основополагающее влияние на дальнейшее развитие химических исследований, т.к. свойства элементов он рассматривал функцией не только одной атомной массы, критерием он считал диалектическую общность соотношений важнейших качественных и количественных характерных признаков элементов. На основании выявленных общностей он предсказал существование неизвестных элементов, оставив для них вакантные места в периодической таблице. Впоследствии эти элементы были открыты и свойства их оказались такими, какие предсказал Менделеев.

Всеобщее значение открытого Менделеевым закона ярко охарактеризовал Фридрих Энгельс: «Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Лаверье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты Нептун». Великая заслуга Менделеева состоит в том, что, открыв периодический закон, он заложил фундамент для построения подлинно научной системы химических знаний.

9.1.3. Современные представления о химическом элементе

Периодический закон Менделеева выдержал испытание временем: новые открытия, вплоть до наших дней, не изменили его содержания, они лишь дополняют и расширяют его сущность. Сегодня формулировка закона изменилась только в последней строке: «Физические и химические свойства элементов ... стоят в периодической зависимости от заряда их атомного ядра», то есть индивидуальные свойства элементов обеспечиваются не их массой, а зарядом их атомного ядра, который совпадает с номером элемента в таблице.

Этому изменению формулировки предшествовал длительный период, характеризующийся великими открытиями, кризисом и новой парадигмой

научных знаний физики: открытие рентгеновских лучей (Рентген, 1886 г.), радиоактивного распада (Пьер и Мария Кюри, 1895 г.), создание квантовой теории излучения (Планк, 1900г.), планетарной модели атома (Резерфорд, 1911 г.), наконец, теории строения атома (Бор, 1913 г.).

Благодаря этим исследованиям было доказано, что атом является сложной делимой субъединицей вещества. Вся масса атома сосредоточена в его ядре (~10^{-13} см). Ядро атома состоит из протонов (p), несущих положительный заряд (+l) и обладающих массой 1. Величина заряда ядра оказалась равной порядковому номеру элемента, а масса ядра – приблизительно половине его атомного веса. Вокруг ядра по разрешенным орбиталям вращаются электроны (e) – частицы с зарядом -1 и очень небольшой массой ($9 \cdot 10^{-28}$ г). Благодаря тому, что количество электронов равно количеству протонов, атом в целом электронейтрален. Ядро атома кроме протонов содержит нейтроны (n) – частицы, не имеющие заряда, но обладающие массой 1.

Для примера рассмотрим строение двух элементов, кремния (Si) и углерода (C), которые лежат в основе неорганической и органической материи. Порядковый номер Si 14, C – 6, а атомные массы – 28 у.е. и 12 у.е. соответственно. Согласно теории строения атома ядро Si содержит 14 протонов и 14 электронов, вращающихся вокруг ядра, а C – 6 протонов и 6 электронов. Атомная масса элементов 28 и 12 реализуется за счет того, что атомные ядра элементов содержат кроме протонов 14 и 6 нейтронов соответственно:

атомная масса 28

$$Si----(+14p\ )\frac{14\bar{e}}{14p+14n}$$

порядковый номер 14

атомная масса 12

$$C----(+6p\ )\frac{6\bar{e}}{6p+6n}$$

порядковый номер 6

Знания физики способствовали установлению картины сложной структуры атомов химических элементов, поэтому сегодня **атом квалифицируют как единую квантово механическую систему, состоящую из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки.**

Ядра элементов могут содержать различное количество нейтронов, в результате чего, например, углерод имеет атомную массу не только 12 у.е. Есть атомы углерода, обладающие массой 13 и 14 у.е. Их ядра содержат 7 и 8 нейтронов соответственно. Это так называемые **изотопы** (^{13}C, ^{14}C). Все изотопы относятся к единому элементу, поэтому его масса определяется уже дробным числом. Для углерода эта величина составляет 12.01115 у.е., для кремния – 28.086 у.е. Таким образом в настоящее время проблема химиче-

ского элемента решена, **химическим элементом называют вид атомов с одинаковым зарядом ядра, т.е. это совокупность изотопов.**

Теперь выяснено, что причина периодичности свойств элементов, заключается в том, что по мере возрастания числа электронов, окружающих ядро, наступает такая стадия, когда заканчивается заполнение данного электронного слоя и начинается заполнение следующего. При этом элементы с одним, двумя, тремя и т.д. электронами в новом наружном слое, воспроизводят химические свойства элементов, имевших также два, три и т.д. электронов в предшествовавшем, теперь уже глубинном слое. Периодически меняются не только химические свойства элементов, но и многие их физические свойства, например, такие как атомный объем, коэффициент объемного сжатия, теплового расширения, потенциал ионизации и др.

Пользуясь этими знаниями, можно прогнозировать открытие новых элементов (их сегодня уже 109), свойства новых получаемых веществ, что и составляет основу научных знаний. Раскрытие физического смысла периодической системы является ярким свидетельством единства естественных наук физики и химии.

9.1.4. Представления о химическом соединении

Вопрос о том, что относится к химическим соединениям, а что к смесям еще в начале XX века остро дискутировался между известными французскими химиками **Жозефом Прустом (1754-1826 гг.)** и **Кладом Бертолле (1748-1822 гг.).** В 1800-1808 г. Пруст сформулировал **закон постоянства состава, согласно которому любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным неизменным составом «прочным притяжением составных частей» (атомов) и тем отличается от смесей.** С позиций атомно-молекулярного учения закон постоянства состава был обоснован выдающимся английским химиком **Джоном Дальтоном (1766-1844 гг.).** Он утверждал, что все простые и сложные индивидуальные вещества состоят из мельчайших частиц-*молекул*, которые в свою очередь образованы из атомов химических элементов.

Именно молекулы являются наименьшими частицами, обладающими свойствами вещества. Например, молекулы простых веществ водорода (H_2), кислорода (O_2), озона (O_3), образованные из двух или трех атомов одного элемента, характеризуются всеми свойствами, которые присущи каждому из этих веществ. Молекулы сложных веществ или химических соединений, образованы из разных атомов. Причем эти атомы находятся в **определенных кратных отношениях (закон кратных отношений)** так, что состав любого химического вещества можно выразить простой формулой, например, HCl, $CuCl_2$, Al_2O_3 и т.д. При этом согласно закону эквивалентов, составные части молекулы, т.е. атомы могут быть заменены эквивалентными частями других атомов, например, по реакции

$2HCl + 2Na \rightarrow 2NaC1 + H_2$.

Молекулы сложных веществ образованы из разных атомов и поэтому обладают свойствами, отличительными от свойств составных частей. Так, например, вода – H_2O, представляет собой жидкость, а образована из двух газов – водорода и кислорода. Выводом этих законов явилось положение о том, что всякое химическое соединение, каким бы способом оно не было получено, всегда будет иметь постоянный качественный и количественный состав, например углекислый натрий каким бы способом не был получен, он всегда будет иметь один и тот же состав:

$$2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

$$|\,|\,|$$

$$2NaOH + H_2CO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + 2H_2O$$

Атомно-молекулярное учение Дальтона было важнейшей вехой в становлении химических наук. Оно было развито далее до современных представлений крупнейшими химиками мира, как **Йёнс Берцелиус (1779-1848 гг.), Жозеф Гей-Люссак (1778-1850 гг.), Юстус Либих (1803-1873 гг.), Шарль Жерар (1816-1856 гг.), Фридрих Кекуле (1829-1896 гг.), Александр Михайлович Бутлеров (1828-1886 гг.)** и др., труды которых окончательно утвердили закон постоянства состава, как один из основополагающих законов химии. Этот закон долгое время считался абсолютной истиной, не допускающей никаких исключений.

Однако, как мы указывали выше, оппонентом Пруста был Бертолле. Бертолле утверждал возможность существования индивидуальных химических соединений переменного состава с непрерывным изменением «прочности сил сцепления» между атомами. Об этом же свидетельствовали работы русского химика **Дмитрия Петровича Коновалова (1856-1929 гг.)**, утверждая, что в химии больше действует закон вариации сил химического сродства, чем законы, устанавливающие постоянство состава. Убедительные доказательства существования химических соединений переменного состава были представлены школой известного русского химика **Н.С. Курнакова (1860-1940 гг.).** Изучая интерметаллические соединения, состоящие, например, из 2 металлов: цинк-сурьма, магний-серебро и др., они установили возможность образования соединений, как с постоянным составом, так и с переменным составом. Именно Курнаков первые из них назвал дальтонидами в честь Дальтона, а вторые – бертоллидами в честь Бертолле.

Отношение к закону о постоянстве состава молекул, как универсальному, изменили и исследования монокристаллов, которыми было доказано, что реальные монокристаллы любых твердых тел всегда имеют дефекты. Эти дефекты становятся реакционными центрами при взаимодействии твердого тела в химических реакциях. Сегодня уже говорят о химии твердого тела как об особом разделе науки, в котором вместо «реакционной способности» употребляют понятие «реакционная способность дефектов», «взаимодействие вакансий». Вместо привычных формул, например, оксидов титана или железа TiO, FeO, пишут $TiO_{0.42}$, $FeO_{1..35-1.55}$., отражая интервалы вариации состава. Переменный состав имеют многие полимеры. К полимерам относятся такие

известные неорганические соединения как вода и плавиковая кислота. Они имеют различную величину степени полимеризации. Такое уточнение состава, как выяснилось, имеет исключительно важное значение при получении новых материалов, например, при синтезе полупроводников, т.к. при удалении, например, из решетки диоксида титана всего 5% кислорода, (т.е. при $TiO_{1.9}$, а не TiO_2) электропроводность оксида меняется в 10^{10}раз.

Таким образом, химики убедительно доказали, что существуют как соединения постоянного, так и переменного состава, причем последние отличаются тем, что не имеют молекулярного строения. Однако проблема химического соединения оказалась намного сложнее в свете современных представлений о строении атома и молекулы. Было установлено, что постоянство и непостоянство состава химических соединений является их внешней характеристикой. Суть проблемы химического соединения заключается в наличии и взаимодействии внутренних сил, объединяющих атомы в молекулу. Этими силами являются химические связи, определяемые обменным взаимодействием валентных электронов, т.е. связи, которые представляют собой проявление волновых свойств валентных электронов. В результате раскрытия физической сущности химической связи изменилось и классическое понятие молекулы.

Молекулой по-прежнему **называют наименьшую частицу вещества, способную определить его свойства и существовать самостоятельно.** Но теперь в число молекул вошли и такие необыкновенные квантово-механические системы, как ионные, атомные, металлические монокристаллы, полимеры и др. макромолекулы. Понятия соединения переменного и постоянного состава перестали быть антагонистами. **Под *химическим соединением* понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет обменного взаимодействия (химической связи) объединены в частицы – молекулы, комплексы, монокристаллы или иные агрегаты.** Молекулы различаются не только свойствами и весом, но и размерами. Расстояния между атомами в молекуле очень малы, порядка 1-4 ангстрема (Å). Например, в молекуле кислорода расстояние между атомами (или длина связи) составляет 1,2 Å или $1{,}2.10^{-10}$ м, а у водорода – $7{,}5.10^{-11}$ м.

Контрольные вопросы

1. Как можно характеризовать основные вехи на пути решения проблемы химического элемента?
2. Чем отличаются представления алхимиков об элементах от представлений Бойля.
3. О чем говорит теория флогистона и почему ее можно сопоставить с теорией Птоломея?

4. Каково значение открытого Ломоносовым закона сохранения массы и энергии для современного естествознания?
5. Каково значение теории горения, сформулированной Лавуазье?
6. Какой признак элементов положил в основу своей классификации Менделеев?
7. Роль периодической системы Менделеева в развитии современной науки.
8. Что такое изотопы?
9. Каково современное представление о химическом элементе?
10. О чем говорит закон постоянства состава, сформулированный Прустом и обоснованный Дальтоном?
11. Как согласно закону кратных отношений можно выразить состав молекулы?
12. Зависит ли состав вещества от способа его получения?
13. Существуют ли соединения переменного состава?
14. Какие вещества называют дальтонидами, а какие бертолидами?
15. Что такое молекула?
16. Что такое химическое соединение?

Темы для рефератов

1. М.В. Ломоносов – великий русский ученый.
2. Закон сохранения материи и движения и его роль в развитии химических знаний.
3. История открытия периодической системы Менделеева, ее современная трактовка и значение для развития естествознания.
4. История развития понятия «химическое соединение» и современная его трактовка.

9.2. Развитие учения о структуре молекул

9.2.1.Исторические предпосылки формирования понятий структура молекул и химическая связь

Первичной химической системой, обладающей целостными свойствами, была признана молекула. Но как же атомы объединяются в молекулу? Упорядоченное ли это объединение? Какова же структура молекул? Отвечая на эти вопросы, исследователи единодушно приходили к заключению о том, что целостные свойства системы, то есть молекулы, определяется специфическими взаимодействиями между атомами. Однако в оценке специфичности взаимодействия существовали разные точки зрения, которые по существу отражали уровень развития знаний в тот или иной период времени.

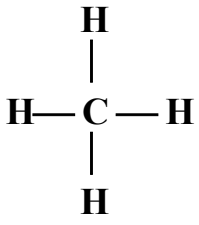
Так, один из выдающихся химиков своего времени, швед по происхождению, **Йенс Берцелиус (1779-1843 гг.)** в 1830 г. выдвинул **гипотезу, согласно которой все атомы разных элементов обладают различной**

электроотрицательностью, причем атом каждого элемента несет два заряда (положительный + и отрицательный –). Берцелиус, по существу, предложил ряд электроотрицательности элементов, в котором в зависимости от места атома в ряду один из зарядов (+ или -) больше. Объединение атомов в молекулы, т.е. в уже определенную упорядоченность, происходит за счет взаимодействия разноименно заряженных атомов или атомных групп, что сопровождается частичной нейтрализацией зарядов. Например, калий (Na) и сера (S) несут положительный заряд, а кислород (O) – отрицательный. Взаимодействуя, они могут образовывать оксиды: Na_2O и CO_2. Однако, теория Берцеллиуса, основанная на электростатическом взаимодействии зарядов, не могла объяснить образование молекул из двух одинаково заряженных атомов, например, молекулы O_2.

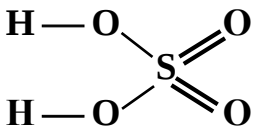
Берцелиус имел оппонента в лице французского химика **Шарля Жерара (1816-1886 гг.),** который в 1840 г изложил свою гипотезу о том, что такие структурные представления – это лишь частный и редкий случай. Молекула, по его мнению, является неделимой и унитарной (единой) системой, в которой все атомы всех химических элементов не просто взаимодействуют, но и преобразуют друг друга, что и приводит к возникновению определенной целостности, т.е. нового вещества.

Трактовка Жерара получила дальнейшие развития в работах немецкого химика **Фридриха Кекуле (1829-1896 гг.),** который воспользовался понятием о валентности, выдвинутым английским химиком **Эдуардом Франкландом (1825-1899 гг.)** в 1853 г. Согласно этому понятию каждый атом обладает определенной способностью к насыщению, то есть валентностью или числом единиц сродства. Кекуле сформулировал основные положения теории валентности, обосновав наличие, например, у углерода (C) четырех единиц сродства, у кислорода (O) – двух, у водорода (H) – одной единицы. Благодаря этому, химики приобрели мощный инструмент – появилась возможность составлять так называемые **структурные формулы,** которые с определенным уточнением используются и по сей день.

При написании в любой формуле элементы связывают друг с другом согласно их валентности, например, метан (CH_4) имеет структурную формулу:

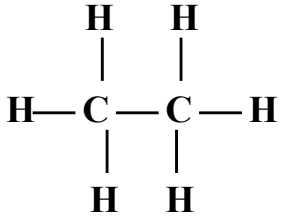


а серная кислота (H_2SO_4)

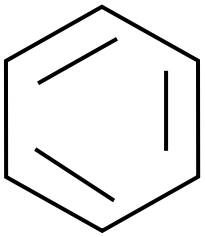


Огромное достоинство этого учения заключалось в том, что знание возможности соединения элементов, уже позволяло предсказывать результат реакции, а значит прогнозировать и управлять процессом синтеза различных веществ с заданными свойствами, то есть разрабатывать технологические процессы. Это и составляет одну из задач химии, как науки.

Особое значение для одного из направлений химии – органической химии – оказало предположение Кекуле о том, что в молекулах органических веществ, атомы углерода способны соединятся друг с другом с помощью одной или нескольких своих связей, образуя длинные и разветвленные цепи:



Кекуле же была предложена циклическая структурная формула бензола (C_6 H_6), неподдающаяся линейным правилам написания органических соединений:



которая хоть и была предметом дискуссии в течение многих лет, но используется химиками и сегодня.

Представления Кекуле были использованы **Александром Михайловичем Бутлеровым (1828-1886 гг.)** в разработанной им теории строения органических соединений. Теория Бутлерова представляет собой дальнейший шаг эволюции в понятии химического строения органических соединений. В чем же суть этой теории? Бутлеров, так же как и Кекуле, признавал, что образование молекул из атомов происходит за счет «замыкания свободных единиц сродства», но он придавал особое внимание пространственному сорасположению атомов в молекуле и «распределению действия» химических сил сродства, т.е. большей или меньшей энергии, с которой атомы связываются между собой. Так, например, соединения бутан и изобутан, имеющие одинаковую брутто формулу C_4H_{10}, обладают различными свойствами, потому что имеют различное пространственное строение:

CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 **CH_3-CH-CH_3**

|

CH_3

Как было выяснено позднее, это связано с тем, что энергия связи С – Н в разных группах отличается и составляет в группе CH_3 – 415 кДж/моль, в группе CH_2 – 390 кДж/моль, а в группе СН – 376 кДж/моль. Последняя группа, обладающая наиболее легко разрываемой связью, присутствует в изобутане и является его отличительным признаком.

Теория валентности Кекуле и теория химического строения Бутлерова оказались мощным толчком и для развития органического синтеза. Осознанные, подкрепленные теорией исследования химиков, привели к успешному получению новых органических веществ таких, как анилиновые красители, индиго, взрывчатые и лекарственные вещества, в том числе, аспирин, уротропин и другие. Этот период в истории химии называют триумфальным шествием органического синтеза: за вторую половину XIX в. число органических соединений возросло от полумиллиона до двух миллионов. Понятием структура теперь оказалось возможным объяснить то огромное разнообразие синтезированных и выделенных органических веществ растительного и животного происхождения, вышедших на арену использования и имеющих крайне однообразный элементный состав, который включал всего шесть доминирующих элементов: углерод (С), водород (Н), азот (N), кислород (О), сера (S), фосфор (Р). Так было положено начало второму уровню развития химических знаний, который получил название **структурная химия.**

Сегодня структурная химия не потеряла своей актуальности. Она решает вопросы строения новых синтезированных соединений. Так заслугой структурной химии является установление строения нового класса металлоорганических соединений, которые за свою двухслойную структуру получили название сэндвичевых соединений: это, например, ферроцен и дибензолхром. Для бульвалена – соединения формулы $C_{10}H_{10}$, предложена совершенно необычная структура: его молекула представляется в виде набора более миллиона валентных изомеров, переходящих друг в друга, что создает ему форму шара. Изучение таких структур позволяет доказать наличие у химических соединений электронно-ядерного взаимодействия.

Структурная неорганическая химия сегодня стала основой химии твердого тела. Она решает проблемы получения кристаллов, с одной стороны, с решеткой, приближенной к идеальной, для того, чтобы получить материалы с высокой механической прочностью, термической стойкостью, с другой стороны, с заранее запроектированными дефектами решетки, чтобы получить материалы с заданными электрофизическими и оптическими свойствами. Для решения этих задач успешно используются орбитальные космические станции.

9.2.2. Физическая природа химической связи

Идея об энергетической неэквивалентности химических связей, обусловленной взаимным влиянием атомов в структуре молекулы, являющаяся главным содержанием понятия «структура» в теории Бутлерова, стала для химиков руководством в практике синтеза. Однако проблема химического соединения оказалась намного сложнее. На основании работ физиков Резерфорда, Бора, Томпсона и др., которые позволили понять суть внутренних

сил, объединяющих атомы в молекулы, сформировалась точка зрения о том, что химические связи представляют собой проявление волновых свойств валентных электронов. **Йоханнес Штрак (1874-1957 гг.)**, развивая идеи Томпсона в этом направлении, связал валентность элементов с числом электронов на периферии атома. Согласно модели Резерфорда-Бора любой атом можно представить как систему в целом электронейтральную, состоящую из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг ядра по орбиталям. Например, у атома водорода (Н) заряд ядра равен +1 и вокруг ядра по электронной орбитале вращается электрон с зарядом –1. Схематично это можно записать следующим образом

$$+1\text{H})\overline{\overline{1\bar{e}}},$$

а вокруг ядра атома хлора (С1), имеющего заряд +17, двигается 17 электронов, которые располагаются на уровнях, определенных правилами Планка. Одно из правил касается заселенности уровней и гласит, что первый уровень может заселиться двумя электронами, а все последующие – не более, чем восемью. Тогда схема атома хлора будет выглядеть так: $+17\text{C1})^{2e})^{8e})^{7e}$. Валентными электронами, за счет которых происходит взаимодействие элементов, считаются электроны, находящиеся на последней внешней или валентной орбитали: у водорода это один электрон, у хлора – семь. Если эти электроны обозначить символически, то взаимодействие атомов водорода и хлора можно представить следующим образом:

$$\text{H}^{\bullet} + {}_{\times}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\text{Cl}}}{}^{\times}_{\times} \rightarrow \quad \text{H}{}^{\bullet}_{\times}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\text{Cl}}}{}^{\times}_{\times}$$

У реагирующих атомов возникает обобществленная пара электронов.

Такое взаимодействие приводит к заполнению электронных оболочек элементов атомов до завершенных уровней благодаря взаимному владению электронной парой у водорода до 2-х, у хлора – до восьми. Электронная пара сдвинута к более электроотрицательному атому, в результате чего образуется диполь. Если обобществленной электронной парой равномерно владеют оба атома, то говорят о **ковалентной неполярной связи.** Такая связь реализуется, например, в молекуле водорода: $\text{H}^{\bullet} + {}^{\bullet}\text{H} \rightarrow \text{H}{:}\text{H}$

Существует еще **ионная связь.** В этом случае один атом отдает другому один или несколько электронов, в результате чего каждый из них заполняет свою электронную оболочку до завершенной, но при этом приобретает заряд. Например, у атома хлора для создания заполненной оболочки не хватает одного электрона, а у атома натрия – на внешней электронной оболочке всего один электрон. При взаимодействии хлор «отбирает» у натрия один электрон, превращаясь в отрицательно заряженный ион (анион), а натрий, потеряв электрон, – в положительно заряженный ион (катион). Положительно и отрицательно заряженные ионы будут притягиваться друг к другу, образуя новое соединение, в данном случае поваренную соль

$$\text{Na}^{\bullet} + {}_{\times}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\text{Cl}}}{}^{\times}_{\times} \rightarrow \quad \text{Na}\ {}^{\bullet}_{\times}\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\text{Cl}}}{}^{\times}_{\times} \rightarrow \text{Na}^{+} + \text{Cl}^{-}$$

Таким образом, различия в энергиях химических связей определяют различные типы связей, поэтому под ***структурой молекулы*** **сегодня понимают и пространственную и энергетическую упорядоченность квантово-**

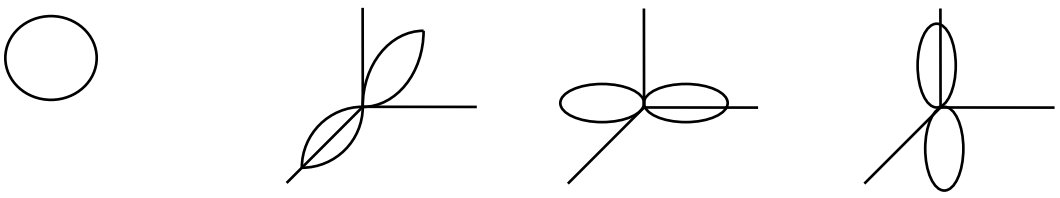
механической системы, состоящей из атомных ядер и электронов и обладающей единой молекулярной орбиталью.

9.2.3. Влияние квантово-механических представлений на понятие связи и валентности

Химические связи можно рассматривать с точки зрения превращения энергии: если при создании молекулы ее энергия меньше, чем сумма энергий составляющих ее изолированных атомов, то она может существовать, то есть ее связь устойчива. В общем можно сказать, что устойчивым считается состояние вещества, в котором его потенциальная энергия минимальна, поэтому при образовании молекулы атомы находятся в потенциальной яме, совершая лишь небольшие тепловые колебания около положения равновесия. «Глубина» ямы и определяет энергию связи: чем она меньше, тем легче «выбраться из ямы», то есть тем легче эта связь рвется, и соединение легче вступает в реакцию. Образование молекулы, происходящее с понижением энергии по сравнению с энергией ее составляющих, объясняется с позиций квантовой механики.

Начало квантовой химии было положено работами **Фрица Лондона и Вальтера Гайтлера (1927).** Они уже не считали электрон двигающимся по определенной орбите, а говорили об **электронном облаке,** и вероятность его нахождения в какой-то области определяли как квадрат волновой функции. Как мы уже говорили ранее, уравнение, введенное Шредингером, позволяет описать вероятность нахождения электрона в данный момент времени. Элемент пространства, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, называется орбиталью. **Существуют разные типы орбиталей.** Орбиталь с наиболее низким энергетическим уровнем называется 1s орбиталью. Она представляет собой сферу, в центре которой находится ядро. Затем следует 2s орбиталь – тоже сфера, только большего размера и с большей энергией (большая энергия – меньшая стабильность – это является следствием большего расстояния между электроном и ядром, в результате чего уменьшается электростатическое притяжение). Далее от ядра следует три орбитали с равной энергией, которые называются 2p – орбиталями. Каждая 2p орбиталь имеет форму гантели. Она состоит из двух частей, между которыми расположено атомное ядро. P- орбитали располагаются перпендикулярно друг другу и имеют направление трех координат p_x p_y p_z.

S – орбиталь P_z – орбиталь P_x – орбиталь P_y – орбиталь



Распределение электронов по орбиталям, то есть электронная конфигурация атома, определяется рядом правил, главное из которых принцип Па-

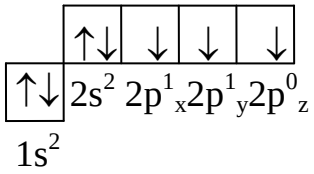
ули (принцип запрета). Согласно этому правилу первую электронную орбиталь могут занимать только два электрона и только при условии, что они обладают противоположными спинами. Такие электроны называют спаренными.

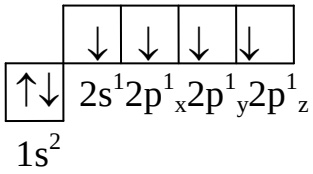
Например:

Номер	элемент	1s	2s	2 p_x	2p_y	2p_z
1	H	↑				
2	He	↑↓				
3	Li	↑↓	↑			
4	Be	↑↓	↑	↑		
5	B	↑↓	↑↓	↑		
6	C	↑↓	↓↑	↑	↑	

Из рисунков видно, что заполнение последующей орбитали начинается после того, как заполнены орбитали с низшей энергией (2s после 1s; 2 p после 2s).

Исходя из электронной структуры атома углерода в основном состоянии можно прийти к выводу о его 2^x-валентности, т.к. на внешней орбитали находятся два неспаренных электрона. Поэтому для описания 4^x-валентного состояния прибегают к представлению о возбуждении атома углерода и гибридизации его атомных орбиталей (АО):

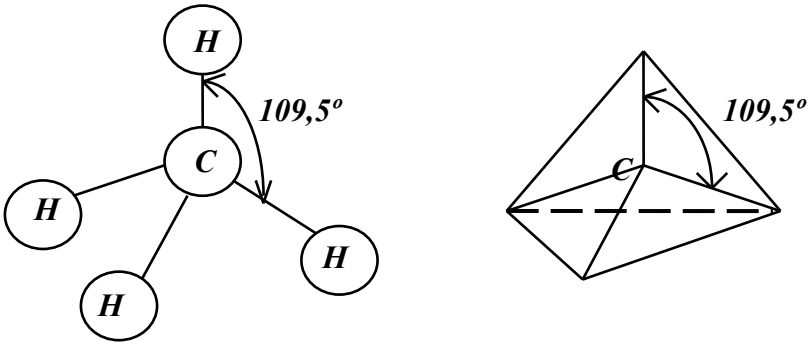




основное состояние возбужденное состояние

При возбуждении атомов углерода один из двух электронов 2s-подуровне переходит на свободную орбиталь 2p-подуровня. Это возможно в связи с небольшой разницей в энергии 2s и 2p – подуровней. Такой атом в возбужденном состоянии имеет 4 неспаренных электрона: один на 2s и три на 2p орбиталях.

Для обоснования равноценности 4^x-валентных связей атомов углерода используют описание его структуры с привлечением понятия гибридизация. Оно базируется на представлении о том, что после перехода углерода в возбужденное состояние, происходит образование новых гибридных орбиталей, равноценных по энергии. Эти орбитали располагаются в пространстве относительно друг друга под углом 109,5º. Если соединить вершины этих орбиталей, то получится объемная фигура – тетраэдр, в центре которого располагается атом углерода:



Атом углерода в sp^3-гибридном состоянии называют тетраэдрическим. Благодаря наличию тетраэдрического строения углерода органические соединения образуют разнообразные трехмерные структуры. Второе важное свойство органических соединений заключается в том, что составные части их молекул могут свободно вращаться вокруг одинарных С-С связей. Благодаря этому органические молекулы могут принимать различные формы, называемые конформациями, в зависимости от угла вращения. Атом углерода может находиться в состоянии sp^2- и sp-гибридизации, образуя между собой соответственно двойные и тройные связи:

$$C = C \qquad C \equiv C$$

Эти связи более жесткие и свободного вращения не допускают.

Тетраэдрическое расположение одинарных связей, образуемых атомами углерода, придает еще одно замечательное свойство органическим молекулам, имеющее исключительно важное значение в химии и биологии – способность образовывать симметричные и асимметричные соединения. Когда в молекуле органического соединения атом углерода связан с четырьмя различными атомами или группами атомов, говорят, что атом асимметричен – он способен вращать плоскость поляризации. Впервые стереохимическая гипотеза была высказана в конце прошлого века голландским химиком **Вант-Гоффом (1852-1911 гг.)** и связывалась с наличием только атома углерода. Однако швейцарский химик **Альфред Вернер (1866-1919 гг.),** занимаясь изучением неорганических соединений, создает теорию комплексных соединений. В «комплексах» вокруг центрального атома группируются атомы, радикалы и даже молекулы благодаря возникновению, так называемых, вторичных валентностей. На основе этой теории было объяснено строение таких сложных веществ как гемоглобин, хлорофилл, ферменты и др. В 1911 г. он обнаружил ранее предсказанные оптические неорганические изомеры – соединения железа, кобальта и хрома. Оптическая активность перестала быть связанной только с атомом углерода.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под структурой молекул?
2. Кто и зачем предложил понятие «валентность»?
3. Что нового вложил в содержание понятия «структура» Бутлеров?
4. Чем объясняется разнообразие органических веществ с точки зрения их строения?
5. Как, за счет чего осуществляется взаимодействие химических элементов друг с другом?
6. Как квантовая химия трактует понятие «химическая связь»?
7. Что сегодня понимают под структурой молекулы?

Темы для рефератов

1. Как развивается понятие о структуре молекулы, и как объясняют сегодня способность атомов соединяться в молекулу?
2. Как квантовая химия трактует понятие химической связи?

9.3. Развитие учения о химических процессах

9.3.1. Методы управления химическими процессами

Взаимодействие между атомами и молекулами, приводящее к образованию новых веществ, отличных от исходных по химическому составу или строению называют *химическими реакциями.* Химические реакции, в отличие от ядерных, не изменяют ни общего числа атомов в системе, ни изотопного состава элементов. Они происходят при физическом контакте реагентов как самопроизвольно, так и при воздействии различных факторов, например, температуры, излучений, механических напряжений, которые активируют атомы и молекулы, сообщая им дополнительную энергию, позволяющую преодолеть потенциальный реакционный барьер и вступить во взаимодействие. Химическая реакция будет протекать, если она сопровождается уменьшением величины свободной энергии. В самом общем виде все методы управления химической реакцией (химическими процессами) можно подразделить на термодинамические и кинетические, среди последних ведущую роль выполняют каталитические методы.

Появление химической термодинамики связывают с работами голландского химика **Вант-Гоффа (1852-1911 гг.)** и французского химика **Ле-Шателье (1850-1936 гг.).** Вант-Гофф первый из химиков в 1901 году получил нобелевскую премию за открытие законов химической динамики и осмотического давления. Этой наградой была отмечена особая важность молодой области науки – физической химии. В своей работе «Очерки по химической динамике» (1884 г.) он изложил выведенные им законы, устанавливаю-

щие зависимость направления химической реакции от концентрации реагирующих веществ, а также от изменения температуры и давления. Ле-Шателье в 1884 г. сформулировал закон подвижного равновесия, который звучит так: «Внешние воздействия, выводящие систему из состояния равновесия, вызывают в ней такие процессы, которые стремятся ослабить результат воздействия». На этом законе основан метод смещения равновесия реакции в сторону получения целевых продуктов.

Большинство химических реакций обратимы, то есть могут протекать в прямом и обратном направлении, например:

$$H_2 + Cl_2 \leftrightarrows 2HCl$$

В какой–то момент времени скорости прямой и обратной реакции сравниваются, и в такой системе устанавливается динамическое равновесие. Вывести эту систему из равновесного состояния можно лишь изменив условия реакции. Так, если мы будем отводить газообразный хлористый водород, то есть уменьшать объем системы в правой части реакции, то реакция в левой части пойдет с расширением объема за счет образования хлористого водорода и сдвинется вправо. То же самое происходит, если из сферы реакции выводить образующийся осадок как в случае реакции с получением сернокислого бария:

$$BaCl_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KCl$$

Согласно законам термодинамики, основными рычагами управления реакций выступают температура и давление, если реакция происходит в газовой фазе, и концентрация реагирующих веществ, если реакция происходит в жидкой фазе. Так, увеличивая температуру вышеприведенных реакций, мы можем получать целевые продукты с большим выходом. Однако существует ряд, так называемых, строптивых реакций.

Возьмем для примера реакцию $N_2 + 3H_2 \leftarrow 2NH_3$, равновесие которой смещено влево. Практическая важность этой реакции, а именно, получение связанного азота, который необходим всем растительным культурам для питания, заставила исследователей искать условия ее прямого осуществления, так как в обычных условиях эта реакция не происходит. Синтез аммиака из элементов не могли осуществить на протяжении многих лет (с 1813 по 1913). И лишь используя термодинамические законы, то есть, изменяя температуру и давление, удалось изменить направление реакции, сдвинуть ее вправо и получить аммиак при температуре 400 ºС и давлении 808 Мпа (8 ат). Однако повлиять на скорость реакции с позиций термодинамики оказалось невозможным. Решить эту проблему удалось с позиций химической кинетики, которая устанавливает зависимость хода реакции от различных структурно-кинетических факторов: строения исходных реагентов, наличия катализаторов и др. факторов, то есть «третьих тел». Именно с использованием катализаторов с удобоваримой скоростью был получен аммиак с достойным выходом. Чтоб найти катализатор для этой реакции, немецкие химики испробовали более 20 тысяч химических соединений. Оказалось, что катализатором синтеза аммиака может быть железо, активированное добавками. В первом

промышленном способе получения аммиака в качестве катализатора использовалось железо в смеси с едким калием и глиноземом. Что же такое катализаторы? Каков принцип их действия? Почему катализатор управляет скоростью реакции? Эти вопросы рассматриваются в разделе химической кинетики.

9.3.2. Основы каталитических процессов

Некоторые вещества – **катализаторы** – способны существенно понижать величину энергии активации соединений и соответственно увеличивать скорость реакций, при этом катализатор не влияет на положение равновесия между исходными и конечными продуктами реакции, то есть не влияет на изменение свободной энергии процесса (E_C). Понижение энергии активации процесса происходит за счет образования между катализатором (K) и субстратом (S) промежуточного соединения – активированного субстратно-каталитического комплекса (KS):

$$K + S \leftrightarrows KS \leftrightarrows K + P \text{ (продукт реакции)}$$

Теория активированного комплекса была разработана в 30-х годах XX в. Она основана на двух предположениях: на существовании термодинамического равновесия между реагентами и активированным комплексом и отождествлении скорости реакции со скоростью распада активированного комплекса. Оба предположения строго не обоснованы и считаются аксиомами теории. Согласно теории активация молекул происходит за счет неполного валентного взаимодействия субстрата с катализатором и состоит в расслаблении химической связи, по которой далее идет реакция, то есть энергия активации KS значительно меньше, чем самого S, поэтому исходное соединение легче переходит в активное переходное состояние с помощью катализатора и легче далее разрушается с образованием конечных продуктов реакции. Чем больше ΔE – разница в энергиях активации исходного состояния (E_a) и субстратно-каталитического комплекса (E_a'), тем эффективнее катализатор.

Особенностью катализатора является еще и то, что возможна химическая ориентация реакций в заданном направлении. Например, катализаторы оксид цинка и оксид алюминия действуют избирательно. При окислении спирта в первом случае получается уксусный альдегид, во втором – непредельный углеводород этилен:

$$\mathbf{CH_3 — CH_2 — OH \xrightarrow{ZnO} CH_3 — C(=O)H + H_2}$$

$$\mathbf{CH_3 — CH_2 — OH \xrightarrow{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O}$$

Катализ как могучее посредничество «третьих тел» в осуществлении химических процессов открыл в 1812 году академик Петербургской академии наук **К.С. Кирхгоф (1764-1833 гг.).** Он впервые получил с помощью катализатора – серной кислоты – глюкозу из крахмала. Сегодня исследование каталитических процессов является активно и широко развивающимся направлением. Катализ является важнейшим приемом современной химической технологии. Например, благодаря применению катализаторов удалось нефтяные углеводороды, которые ранее считались «химическими мертвецами» вывести в ранг неисчерпаемого сырья для получения синтетических каучуков и пластмасс, олифы и лаков, моющих средств и растворителей, лекарственных и парфюмерных веществ и других материалов. С помощью различных катализаторов при органическом синтезе из молекул CO и H_2 можно со 100-процентным выходом получить либо уксусную кислоту, либо этилен, либо метанол или парафины нормального строения.

Успешное и быстрое развитие химии каталитических процессов привело к открытию новых классов катализаторов. Одним из таких оказался класс металлорганических соединений. В 1954 г. немецкий химик, позднее лауреат Нобелевской премии, **К. Циглер (1898-1973 гг.),** обнаружил способность металлоорганических соединений катализировать стереоспецифическую реакцию полимеризации олефинов. Ныне реализовано более 40 многотоннажных процессов с участием металлоорганических катализаторов. В 1964 году была открыта возможность синтеза аммиака в присутствии магнийорганического катализатора в обычных условиях – при нормальном давлении и комнатной температуре:

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[RMgCl \cdot TiCl_4]{18^oC,\ атм.\ давл.} 2NH_3$$

R – органический радикал

Эта реакция, как оказалось в последствии, моделирует работу азотфиксирующих бактерий, сожительствующих, например, с бобовыми растениями, облепихой, и располагающихся в виде клубеньков на их корнях. Азотбактор, как их называют, действует по принципу каталитического связывания свободного азота посредством металлоорганического катализатора. Если систему азотфиксирующего аппарата искусственно посредством генной инженерии включить в злаковые растения, то они сами будут поглощать из атмосферы столько азота, сколько им необходимо для жизнедеятельности. При этом, естественно, падает необходимость производства тысяч тонн азотного удобрения. Эта реакция может стать триумфом не только XX века, но и третьего тысячелетия, т.к. рассматриваются пути переноса ее из лаборатории на поля.

Итак, если некаталитические реакции происходят в результате подачи энергии извне, то в каталитической химии активация молекул и инициирова-

ние реакций вызываются слабыми химическими взаимодействиями, уменьшающими энергию исходных связей. Несмотря на то, что эти способы активации реагентов принципиально различны, один – энергетический, другой – химический, они чаще всего представляют собой совмещенные процессы, как например, в деятельности клетки, хотя и с явным преобладанием каталитических процессов. Каталитические процессы играют особо значимую роль в деятельности клетки и всех живых организмов.

9.3.3. Автокаталитические реакции

Существуют реакции, в которых катализатором превращения исходных веществ служит один из продуктов реакции. Такие реакции называются автокаталитическими. Например, кислота, образующаяся при гидролизе эфиров, катализирует этот гидролиз. Скорость автокаталитических реакций в течение некоторого времени (период индукции) мала, но по мере накопления продукта – катализатора растет, достигает максимума и снова уменьшается вследствие расхода исходного вещества. В таких реакциях возможно протекание явлений самоорганизации, приводящее к образованию пространственных и пространственно-временных диссипативных структур.

Химические системы, как правило, пребывают в состоянии динамического равновесия, когда наряду с основной реакцией протекает соответствующая обратная реакция, о чем мы уже говорили. Если в такой системе существует некоторый химический механизм, в частности автокатализ, усиливающий случайные изменения скоростей прямой или обратной реакции, то возникает потенциально неустойчивое состояние системы.

Ярким примером автокаталитического процесса является гомогенная периодическая химическая реакция окисления лимонной кислоты смесью бромата калия $KBrO_3$ и сульфата церия $Ce(SO_4)_2$, открытая и исследованная русскими химиками Белоусовым и Жиботинским в 1951 г. Смесь этих веществ, растворенная в разбавленной серной кислоте, дает реакцию восстановления церия:

$$Ce^{4+} \rightarrow Ce^{3+}$$

Одновременно протекает обратная реакция окисления церия:

$$Ce^{3+} \rightarrow Ce^{4+}.$$

Свободный ион брома действует как сильный ингибитор (замедлитель) реакции, поэтому вначале протекает только первая реакция, пока все ионы Ce^{4+} (синего цвета) не восстановятся до Ce^{3+} (красного цвета), а затем протекает вторая реакция. В результате того, что этот процесс повторяется сначала, возникает периодическая временная диссипативная структура, которая с идеальной амплитудой и периодичностью, определяемыми параметрами самой системы, изменяет свой цвет с синего на красный и наоборот. Эти колебания можно рассматривать как химические часы, а саму систему как самоорганизующуюся.

Принципиальная особенность такого рода колебаний заключается в том, что они характеризуются асимптотической устойчивостью. Это означает, что некоторые малые возмущения, вносимые в систему (что реализуется в

нашем случае), не приводят к глобальному изменению состояния системы, и спустя некоторое малое время, система приходит в первоначальное состояние. Это свойство системы связано с необратимостью и в общем представлении ответственно за воспроизводимость событий. Однако реакция Белоусова-Жиботинского может реализоваться только в определенном периодическом режиме. Если же время нахождения реагентов в реакционном объеме имеет промежуточное значение по отношению к временам, характерным для осцилляторных режимов, система демонстрирует сложное непериодическое поведение, называемое химической турбулентностью. Это свойство иллюстрирует тенденцию развития многих систем к хаотической эволюции (в отличие от самоорганизации) и непосредственно связано с химическим механизмом автокатализа, что и позволяет таким системам переходить в новые состояния путем усиления (или ослабления) малых возмущений в системе.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называют химической реакцией?
2. Какие типы химических реакций Вы знаете?
3. Какими факторами можно регулировать ход реакций и каким законам он подчиняется?
4. Что такое катализатор?
5. Почему катализатор способен изменить термодинамические параметры реакции?
6. Как Вы понимаете избирательность действия катализатора?
7. Рассмотрите развитие термодинамики и кинетики химических процессов на примере реакции синтеза аммиака.
8. Приведите примеры автокаталитических процессов.

Темы рефератов

1. Химические реакции и возможность управления химическим процессом.
2. Катализ и его роль в решении проблем химии и технологии.

9.4. Развитие представлений об эволюционной химии

Эволюционная химия как наука сформировалась в 50-60-х годах XX века. Она рассматривает вопросы эволюционного развития и совершенствования химической формы материи, в том числе в процессах ее самоорганизации до ступеней перехода в биологическую форму. Эволюционная химия в этой трактовке является предшественницей биологии и пытается понять и подойти к решению проблемы как из неорганической материи возникает органическая, а вместе с ней и жизнь.

Проблема решается с двух сторон. С одной стороны рассматривается саморазвитие химических структур до молекул, которые способны воспроизводить сами себя, с другой, изучаются химический состав и химические превращения, протекающие непосредственно в клетке растений и животных

9.4.1. Молекулярно-структурная теория эволюции химической формы материи

В эволюционной химии под самоорганизацией систем подразумевается восхождение их на более высокий уровень сложности или материальной организации. В рамках так называемого **субстратного подхода** в процессе самоорганизации предбиологических систем рассматривается системный отбор химических элементов, необходимых для появления жизни и ее функционирования.

Из известных в настоящее время 109 химических элементов большинство принимают участие в жизнедеятельности живых организмов. Однако основу живых систем составляют только шесть элементов, названных **органогенами – это углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор.** Весовая доля их в организме составляет 97,4%. В построении физиологически важных компонентов биосистем участвуют еще 12 элементов: натрий, калий, кальций, магний, железо, кремний, алюминий, хлор, медь, кобальт, цинк, бор, но на их долю в организмах приходится всего около 1,6%. Еще 20 элементов (их доля составляет менее 1%) участвуют в жизнедеятельности биологических систем в зависимости от среды обитания и состав питания.

Все элементы, участвующие в построении живых систем и их функционировании распространены на Земле. Однако распределение химических элементов среди живой и неживой природы неравномерно. Из известных сегодня более 8 млн химических соединений 96% приходится на долю органических соединений, в построении которых участвуют всего шесть органогенов и только 4% неорганических соединений создано доминирующим составом химических элементов, представленных в таблице Менделеева. Распределение элементов в земной коре и в живом организме выглядит следующим образом:

Элементы земной коры, %		*Элементы организма человека, %*	
O	*47*	*H*	*63*
Si	*28*	*O*	*5,5*
Al	*7,9*	*C*	*9,5*
Fe	*4,5*	*N*	*1,4*
Ca	*3,5*	*Ca*	*0,31*
Na	*2,5*	*P*	*0,22*
K	*2,5*	*Cl*	*0,08*
Mg	*2,2*	*K*	*0,06*

Эти различия становятся еще более явными, если из органического вещества исключить воду, на долю которой приходится 75%. Тогда в органическом веществе доминирующее содержание приходится на долю углерода – 50-60 %, доля кислорода составляет – 25-30 %, доля азота – 8-10 %, доля водорода – 3-4 %. На Земле же углерод занимает 16-е место: в атмосфере его не более 0,01 %, в океанах – 0,002 %, в литосфере – 0,01 %. Следовательно геохимические условия не играют существенной роли в отборе химических элементов при формировании органических систем, а тем более биосистем. Определяющим фактором здесь выступают требования соответствия между строительным материалом и объектами. С химической точки зрения эти требования сводятся к отбору элементов, способных к образованию, с одной стороны, достаточно прочных, энергоемких химических связей, с другой – связей лабильных, легко подвергающихся разрыву.

Химическая эволюция среди огромного количества химических элементов для построения органических соединений выбрала шесть и отдала предпочтение углероду, поскольку он удовлетворял требованиям отбора. **Углерод оказался максимально способным к разнообразным химическим превращениям.** Он способен образовывать углерод-углеродные связи различных типов, жесткие и лабильные, с гетероатомами – макроэнергетические связи, он может в одном и том же соединении выполнять роль донора и акцептора, иметь различные степени окисления. Другие органогены: азот, фосфор, сера, подобно углероду, отличаются лабильностью своих свойств. Вместе с железом, магнием, которые входят в активные центры ферментов, они способны осуществлять внутримолекулярное и внутрикомплексное взаимодействие, что создает исключительное богатство химических связей: сопряженные связи, обуславливающие высокую электронную проводимость, относительно слабые связи и очень слабые водородные связи. Далее, из миллионов органических соединений для построении живых организмов были отобраны лишь несколько сотен. Так, из 100 известных аминокислот в состав белков входит только двадцать, всего четыре нуклеотида участвуют в построении ДНК и РНК, ответственных за наследственность и регуляцию белкового синтеза в любых живых организмах.

В ходе эволюции отбирались те структуры, которые способствовали резкому повышению активности и селективности действия каталитических групп. Примером тому служит система пирольных колец в гемине гемоглобина (порфириновая структура), обеспечивающая повышение активности атома железа в окислительно-восстановительных реакциях в миллиарды раз. Эволюционно первой и наиболее простой из таких структур можно назвать фазовые границы, которые вносили элементарное упорядочивание во взаимное расположение частиц (липидные молекулы → мембраны), увеличивали их концентрацию, а увеличение концентраций способствовало проявлению каталитического эффекта. Вторым структурным фрагментом называют группировки, обеспечивающие процессы переноса электронов и протонов. К ним относятся полупроводниковые цепи и структуры (двойные связи, донорно-

акцепторные группы), ответственные, например, за перенос водорода. Третий структурный фрагмент, необходимый для эволюционных систем – это группировки, ответственные за энергетическое обеспечение, такие, как, например, фосфорсодержащие с макроэнергетическими связями или оксо-окси-группировки. И четвертый фрагмент эволюционных систем – развитая полимерная структура типа РНК и ДНК, выполняющая ряд специфических функций и главное, воспроизводство самое себя.

Функциональный подход к объяснению предбиологической эволюции основывается на исследовании самоорганизации материальных систем и законов, управляющих этим процессом. Этот подход считает возможным моделирование живых систем и даже интеллекта.

9.4.2. Ферментативный катализ – основа жизнедеятельности клетки

Функциональная деятельность живой клетки подобна деятельности небольшого заводика, который проводит многоплановый синтез в идеальных условиях – низкой температуре, атмосферном давлении, в нейтральной среде. Высокую организованность и эффективность работы клетки отмечал еще Берцелиус. Он установил, что в основе химических процессов клетки лежит биокатализ, основанный на способности различных природных веществ, участвующих в химических реакциях, управлять ими, замедляя или ускоряя их протекание. Динамическая биохимия, предметом изучения которой являются химические процессы, происходящие в живом организме, подобные соединения называет ферментами.

Ферменты самый многообразный и наиболее высокоспециализированный класс белков, обладающих каталитической активностью. Почти все химические реакции, протекающие в клетке с участием биомолекул, которые обеспечивают живой организм как материалом для построения тканей, так и энергией, необходимой для его существования, катализируются ферментами. Некоторые ферменты состоят только из полипептидных цепей, например, рибонуклеаза из поджелудочной железы. Для каталитической же активности другим ферментам необходим еще дополнительный химический компонент – кофактор. Роль кофактора могут играть неорганические вещества, например ионы железа, марганца, цинка или сложные органические молекулы, которые называются в этом случае коферментами. Коферменты и ионы металлов могут быть связаны химически прочными связями у одних белков, а у других – непрочными временными связями.

Человек с давних времен в своем быту использовал ферментативные процессы в хлебопечении, в изготовлении вина, сыров, солении и т.д., не понимая сущности химических и биологических процессов. Научные сведения о ферментативных процессах в биологических системах появились в начале XIX в. при изучении переваривания мяса под действием желудочного сока и превращения крахмала в сахар под действием слюны и различных экстрак-

тов из тканей растений. В 50-х годах XIX в. **Луи Пастер (1822-1895 гг.)** пришел к заключению, что сбраживание сахара в спирт происходит в присутствии особых веществ (особой формы организации материи), которые он назвал ферментами, а позднее они получили еще одно название «энзимы». Долгое время считалось, что ферменты неотделимы от структуры живой клетки. И важной вехой в истории биохимии стало открытие в 1897 г. **Эдварда Бухнера (1860-1917 гг.),** выделившего экстракт из дрожжевых клеток, который, как и клетки, катализировал расщепление сахара в спирт. Тем самым было доказано, что столь важные соединения как ферменты, катализирующие один из основных метаболических путей, приводящих к высвобождению энергии, сохраняют способность функционировать и после выделения из живых клеток. Это открытие вдохновило биохимиков на выделение разнообразных ферментов, изучение их каталитических свойств и химического строения. К настоящему времени известно более 2000 различных ферментов. Точка зрения о белковой природе ферментов получила всеобщее признание лишь в 30-е годы XX века, когда **Джон Нортроп (р. 1891)** выделил в кристаллическом виде ферменты пепсин и трипсин.

Необыкновенным и удивительным свойством ферментов является то, что каждый из них катализирует лишь одну, одному ему специфичную, реакцию. Как же это осуществляется? Молекула фермента имеет высокую молекулярную массу от 12 тыс. до 1 млн. Но эта молекула плотно упакована, чаще всего таким образом, что внутри упаковки находится, так называемый, карман, в котором может располагаться активный гем-атом. У гемоглобина, например, это атом железа, у хлорофилла – атом магния. Молекулы аминокислот в упаковке располагаются так, что в карман выходят химически активные, например, карбоксильные группы, которые могут взаимодействовать с субстратом, связывая его. Белковая цепь образует карман, и активный центр располагается в определенной конфигурации. Когда субстрат подходит к ферменту, он попадает в его активный центр, как ключ попадает в замок. Благодаря взаимодействию субстрата с функциональной группой активного центра фермента, образуется промежуточный комплекс. В субстрате происходит перераспределение электронной плотности и следует разрыв связи, что приводит к образованию нового продукта.

Долгое время считали, что ферменты просто заполняют клетку и выполняют каждый свою функцию. Сегодня совершенно точно доказано, что ферменты обладают комплексной организацией. Они агрегируют в более сложные, строго упорядоченные структуры, которые, взаимодействуя друг с другом, образуют ассоциаты более высокого порядка и создают тем самым целостность клетки. **Образование подобных ассоциатов называют сборкой элементарных биологических систем.**

Взаимоотношения ферментов в биологической системе очень многогранно. Простейшим примером может служить катализ последовательных реакций от субстрата А к продукту Р ферментами $E_1 – E_4$:

$$\mathbf{A \xrightarrow{E_1} B \xrightarrow{E_2} C \xrightarrow{E_3} Д \xrightarrow{E_4} P}$$

E_1 – фермент «дирижер» катализирует первую реакцию. Остальные ферменты, присутствующие, как правило, в очень небольших количествах, просто подчиняются указаниям «дирижера»: катализируемые ими реакции ускоряются лишь при поступлении достаточного количества субстратов, образующихся в качестве продуктов предшествующих реакций. Ферменты – «дирижеры» называют **регуляторными**. Часто один из продуктов, например Р, может быть ингибитором фермента E_1, то есть если Р образовалось много, то он сам снижает скорость метаболизма по этой цепи. В этом случае говорят, что ингибирование происходит по принципу обратной связи.

Возможно действие ферментов по замкнутому циклу. Наглядным примером является цикл Кребса (цикл дыхания), в котором ацетилкофермент А (продукт окисления глюкозы) ферментативным путем расщепляется с образованием кислорода, высокоэнергетических соединений и освобождением диоксида углерода, который представляет собой конечный продукт окисления органического топлива. Восемь стадий этого цикла катализируются каждая своим специфическим ферментом.

Ферменты либо присутствуют в клетке в неактивном виде, либо синтезируются клеткой в ответ на появившийся субстрат. Например, один из ферментов расщепляющих молекулы белков – химотрипсин – присутствует в организме в неактивной форме, называемой химотрепсиногеном. Только тогда, когда несколько аминокислот, входящих в этот белок, под действием другого фермента удаляются из молекулы, возникает каталитически активная форма химотрипсина. Эти изменения происходят, когда пища поступает в пищеварительный тракт.

Нарушения деятельности ферментативных последовательностей и структуры ферментов могут приводить как к небольшим безопасным изменениям, так и к летальному исходу. Наглядным примером безопасного изменения действия ферментов является характерная окраска сиамских кошек – это результата генетических изменений фермента, ответстсвенного за синтез темного пигмента шерсти. Вследствие этого дефекта, фермент активен только в более холодных частях тела (черный окрас). Дефект такого фермента как тирозин-3-монооксигеназа приводит к появлению альбинизма.

Таким образом, ферменты являются отличительной структурой живой клетки и, в отличие от катализаторов, представляют собой белковые вещества. Они отличаются высокой специфичностью по отношению к субстрату. Замечательно то, что **реакции, катализируемые ферментами, происходят в нейтральной среде, при температуре 36-38 ºС, без повышенного давления,** то есть в условиях жизнедеятельности биологических объектов. Ферменты, как и катализаторы, снижают энергию активации исходных субстратов, однако, отличаются от последних по принципу действия и механизму образования биополимеров, структура которых определяется только генетическим кодом. Кроме того, многие химические реакции в живой клетке мо-

гут происходить без непосредственного контакта между реагирующими молекулами. Это значит, что в живой клетке протекают такие химические реакции, которые еще не обнаружены в неживой природе и не смоделированы человеком.

9.4.3. Освоение каталитического опыта живой клетки

Химия пока еще не достигла вершин живой лаборатории, но упорно и усиленно к этому стремиться. Освоение каталитического опыта клетки осуществляется в двух направлениях. С одной стороны, для технологических целей пытаются использовать непосредственно ферменты, с другой – пытаются моделировать биокатализаторы, то есть заменить фермент более простой молекулой.

Биохимики научились различать и выделять **внеклеточные ферменты,** продуцируемые клеткой во внешнюю среду, и **внутриклеточные ферменты,** вызывая лизис клеточной оболочки. Оказалось, что выделенный фермент можно ввести в реакцию и создать ему условия, в которых он сможет осуществлять свои каталитические функции.

Однако техническая биохимия столкнулась с очень трудными проблемами: во-первых, выделение чистых ферментов оказалось трудным и потребовалось специальное оборудование и большой объем сырья (растений или микроорганизмов), так как количество продуцируемых ферментов, как правило, не велико и вследствие этого очень высока их стоимость. Во-вторых, нестабильность при хранении и быстрая потеря активности, связанные с тем, что чистый фермент, лишенный своего жизненного комплекса поддержки, какой он имел в клетке, работает лишь в короткие сроки.

Один из приемов, которые нашел человек для продления жизни ферментам – это иммобилизация ферментных систем. Сущность иммобилизации состоит в закреплении выделенных из живого организма ферментов, на твердой поверхности путем адсорбции, которая превращает их в гетерогенный катализатор и обеспечиваете стабильность и непрерывное действие. Большой вклад в химию иммобилизованных систем внесли работы русского химика **И.В. Березина (1923-1987 гг.)** и его школы.

Иммобилизованные ферменты используются сегодня в тонком органическом синтезе, разделении оптически активных форм соединений. Изучаются возможности их использования для целенаправленного окисления парафинов для получения альдегидов, кислот, ароматических соединений, изучаются перспективы ферментативной отбелки целлюлоз вместо хлорной отбелки, а также перспективы ферментативного обезвреживания сточных вод.

Совершенствование каталитического процесса пытаются осуществить моделируя биокатализаторы. Посредством искусственного отбора структур удалось построить модели многих ферментов с высокой активностью и селективностью. Но ни одна из них пока не в состоянии заменить природные биокатализаторы, действующие в живых системах. Замена биокатализатора в

биосистеме искусственной моделью невероятно трудна и может быть сравнима с созданием искусственных органов человека.

В 1960-х годах было открыто очень интересное явление – самосовершенствование катализатора в ходе реакции. В последние годы интересы исследователей направлены на изучение опыта формирования фермента самой клеткой. Результаты этих исследований закладывают основу эволюционной химии и способны создать новые химические технологии – аналоги живых систем. По существу речь идет об использовании химического опыта живой природы. Это своеобразная биологизация химии.

9.4.4. Эволюционный катализ – теория саморазвития открытых каталитических систем

В 1969 г появилась **общая теория химической эволюции и биогенеза,** представленная в 1964 г. профессором Московского университета А.П. Руденко как **теория саморазвития элементарных открытых каталитических систем.** Эта теория, в отличие от молекулярно-структурной теории химической эволюции, раскрывает многие важные эволюционные вопросы: динамику направленных изменений объектов эволюции, движущие силы изменений и естественного отбора, взаимосвязь объектов с окружающей средой. С позиций этой теории химическая эволюция рассматривается как самоусложняющийся химический процесс, в котором происходят направленные и взаимосвязанные изменения механизма реакций и веществ. Сущность этой теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, и, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы. В ходе реакции происходит естественный отбор тех каталитических центров, которые обладают наибольшей активностью. Те центры изменения, которые связаны с уменьшением активности, постепенно исключаются из кинетического процесса – «не выживают». Саморазвитие, самоорганизация, самоусложнение каталитических систем происходит за счет постоянного притока трансформируемой энергии, источником которой является базисная реакция. Поэтому максимальные эволюционные преимущества получают каталитические системы, с большей энергией. Такие системы разрушают химическое равновесие и в результате являются не только источником энергии, но и инструментом отбора наиболее прогрессивных эволюционных изменений катализаторов. При многократных необратимых изменениях катализатора переход его на все более высокие уровни сопровождается эволюцией в базисной реакции.

Теория саморазвития открытых каталитических систем дает возможность определить этапы химической эволюции, связанные с уровнем органи-

зации катализаторов, дать конкретную характеристику пределов в химической эволюции и перехода от химогенеза к биогенезу, связанного с преодолением второго кинетического предела саморазвития каталитических систем. То есть она позволяет определить рубеж перехода неживого в живое, когда свойства, характерные для живого, но присущие и саморазвивающимся каталитическим системам, развиваются и формируются на стадии химической эволюции и переходят в готовом виде к живым системам как их первичные (фундаментальные) свойства. Таким образом, в рамках общей теории химической эволюции и биогенеза оказалось возможным фундаментально обосновать все свойства и функции, биохимические механизмы живых организмов и закономерности биологической эволюции.

Практическим следствием теории саморазвития открытых каталитических систем является новейшее направление, расширяющее представление об эволюции химических систем – *нестационарная кинетика*. На ее основе разрабатывается теория управления нестационарными процессами. Созданная база исследований свидетельствует о том, что стационарный режим, стабилизация которого казалась залогом высокой эффективности промышленного процесса, является лишь частным случаем нестационарных режимов, способствующих интенсификации реакций. Развитие нестационарной кинетики открывает перед химиками возможности создания новых наукоемких и энергоемких технологий получения новых материалов.

9.4.5. Симметрия и асимметрия в «косной» и живой материи

Светлеет грусть, когда цветут цветы,
Когда брожу я первоцветным лугом
Один или с хорошим давним другом,
Который сам не любит суеты.
За нами шум и пыльные хвосты –
Все улеглось! Одно осталось ясно,
Что мир устроен грозно и прекрасно,
Что легче там, где поле и цветы.

Н. Рубцов.

С явлением симметрии мы постоянно сталкиваемся в жизни. Чаще других приводятся примеры симметричного рисунка снежинок, симметрии кристаллов, пятнышек на спинке божьих коровок, морских звезд и т.д. Наша собственная «зеркальная» симметрия очень удобна, она позволяет двигаться прямолинейно и с одинаковой легкостью поворачиваться влево и вправо. Эта симметрия характерна и для птиц и рыб, то есть симметрия характерна для

живой и неживой природы. Она встречается как среди животного, так и растительного мира и является признаком большой упорядоченности.

Необходимым условием симметрии является наличие осей и плоскостей симметрии, которые называют элементами симметрии. Они порождают элементы преобразования симметрии или операции симметрии:

- вращение вокруг оси;
- отражение в плоскости (плоскость рассекает тело на 2 части, одна из которых является отражением другой);
- зеркально-поворотные оси и др.

Существовало мнение о том, что в природе существует закон максимальной симметрии. Однако, как теперь полагают, его нет. Красота и сила теории симметрии заключается в том, что существуют законы, связывающие симметрию соединения с его электронным строением и свойствами, а также в том, что в характеристику каждого явления входят элементы симметрии. Например, атом водорода обладает симметрией третьего порядка благодаря явлению гибридизации. Существование положительных и отрицательных зарядов также является признаком симметрии. Для Вселенной характерна микро-макро симметрия и т.д. Самую смелую идею симметрии высказал Эйнштейн: скорость света должна быть одинаковой для всех наблюдателей независимо от того, с какой скоростью они движутся.

Первыми симметричными объектами природы, которые начали систематически изучать ученые, были кристаллы. Работы по изучению свойств кристаллов и их симметрий составили основу науки кристаллографии, основоположником которой считается русский ученый Федоров.

Симметрия кристалла связана с симметрией частиц, которые его образуют. Если, например, проникнуть в кристалл алмаза, то можно увидеть потрясающую правильность расположения частиц, точно отмеренные расстояния между ними. Порядок, периодическая повторяемость в расположении частиц в пространстве – вот что характерно для кристаллического состояния вещества, вот в чем «волшебство» алмаза и других кристаллов. Как же создаются подобные структуры? На основе принципа минимума энергии и законов сохранения. Пока энергия, заряд, масса каждой частицы кристалла неизменны, кристалл сохраняет свою внешнюю и внутреннюю симметрию. У каждого типа кристаллов своя закономерность в расположении частиц, свое строение, которое обнаруживается на снимках, полученных с помощью рентгеновских лучей – это рентгенограмма кристаллов.

Математика описывает симметрию при помощи теории групп. Удивительно то, что в теории групп в отличие от теории чисел, $a \cdot в$ не всегда равно $в \cdot a$, так как здесь существенен порядок событий. Например, если дверь зачистить наждачкой (а), а потом покрасить (в) – это будет один эффект, а если сделать наоборот – другой. Теория групп тесно связана с квантовой химией и кристаллографией – она является неотъемлемой частью современной физики

и химии, исследующих ионные симметрии молекул и кристаллов, их энергетических состояний.

Как же в процессе эволюции могла возникнуть симметрия в расположении частей живых организмов?

По данным современной науки, простейшие организмы появились в водах Мирового океана. Они были взвешены в воде, любое направление для них было безразлично. Поэтому они принимали форму шара. Такую форму имеют капельки жира в воде. По мере развития и усложнения под действием силы тяжести организмы приспособились различать «верх» и «низ» и потеряли симметрию шара. Одни из них, которые ведут оседлый образ жизни, приобрели поворотную симметрию (медузы, морские звезды). Те животные, которые передвигаются в избранном направлении, приобрели двухстороннюю (зеркальную) симметрию. Для животных свойственно расположение одноименных частей тела, что помогает им сохранять равновесие при передвижении, добывать себе пищу и таким образом существовать. Следовательно, симметрия у живых организмов служит не для красоты, а точнее не только для красоты, а связана с приспособлению их к окружающему миру. К чему же они приспосабливались? Оказывается к проявлению действия законов природы.

Например. Ель имеет пирамидальную форму. Ствол прямой и ветви расположены так, что отвесная прямая, проходящая через ее центр тяжести, пересекает основание ствола ели. Так дерево, развиваясь в условиях действия силы тяжести, достигает, устойчивого положения. К вершине дерева ветви его становятся меньше в размерах, – оно приобретает форму конуса. Это вполне понятно: на нижние ветки, как и на верхние должен падать свет, а центр тяжести должен быть как можно ниже – от этого зависит устойчивость дерева.

Таким образом, закон естественного отбора, закон всемирного тяготения способствовали тому, что ель такая прекрасная. Закон всемирного тяготения действует на Земле, на Солнце, в каждой точке Вселенной. Этот закон действовал в далеком прошлом, действует сейчас и будет действовать в будущем. Его действие не зависит от времени. То же самое можно сказать о других законах природы. Все они симметричны по отношению к переносу в пространстве и времени. Симметрия живых организмов связана с симметрией законов природы.

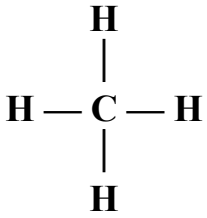
Все полезные изменения организмов закрепляются в процессе развития вида, передаваясь матричным путем из поколения в поколение посредством молекул ДНК. Молекула ДНК представляет собой цепь атомов, которые связаны химическими связями. Эти связи не разрушаются под действием теплового излучения самого организма и излучения, которыми пронизана биосфера. Энергия этих связей остается постоянной потому, что действие закона сохранения энергии не зависит от времени. Закон сохранения энергии есть следствие однородности времени.

Можно прийти к заключению о том, что на симметрии держится мир. Именно благодаря симметрии в форме тел живой и неживой природы мы испытываем чувство порядка, который царит в природе.

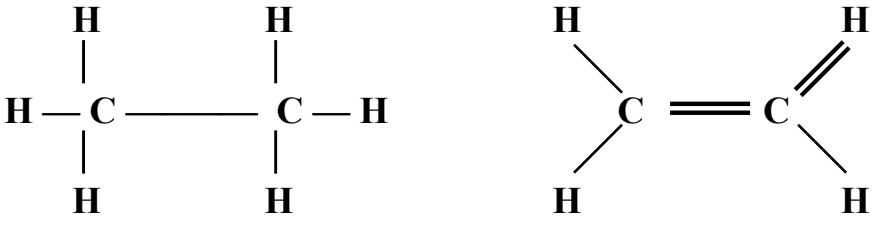
Симметрия формы – проявление симметрии законов природы, которые мы можем объяснить общими законами – законами сохранения, последние в свою очередь связаны с симметрией пространства – времени. Законы сохранения запрещают для замкнутой системы исчезновение энергии, массы вещества, импульса, изменение алгебраической суммы электрического заряда и др. Системы могут вести себя как угодно, но законы сохранения не могут быть нарушены, не может измениться в мире порядок вещей. Таким образом, законы сохранения вносят упорядоченность в поведение физических систем. За упорядоченностью форм, структур стоит более глубокий порядок, на котором основана вечность и несотворимость мира.

Симметрия в мире атомов и молекул очень распространенное явление. Например, молекула воды и оксида углерода обладают зеркальной симметрией:

а молекула метана – поворотной:



Симметричными являются молекулы этана и этилена и т.д.:



Исследования в области симметрии молекул прочно связаны с работами французского ученого Луи Пастера. Изучая оптические свойства органических веществ при помощи поляризации света, Пастер столкнулся с иным явлением в мире молекул. Он обнаружил, что молекулы винной кислоты, которые он выделял из виноградного сока, существуют в виде кристаллов раз-

личной модификации. Их молекулы являются зеркальным отражением друг друга, то есть по отношению друг к другу они проявляют симметрию. Такие вещества называют стереоизомерами. Однако сами молекулы асимметричны. Одна из форм дает в растворе правое вращение плоскости поляризации света, другая – левое. (Синтетическая мезовинная кислота оптических свойств не проявляет).

COOH | H-C-OH | HO-C-H | COOH D-ВИННАЯ КИСЛОТА +	COOH | HO-C-H | H-C-OH | COOH L-ВИННАЯ КИСЛОТА –	COOH | HO-C-H | - – - – - – - | HO-C-H | COOH МЕВОЗИННАЯ КИСЛОТА

Оказывается асимметричны большинство молекул, участвующие в жизнедеятельности организмов, такие как, например, аминокислоты, углеводы, нуклеиновые кислоты и др. молекулы, Наличие асимметрических органических молекул в клетке обеспечивает протекание каталитических биохимических процессов.

В способности осуществлять абсолютный асимметрический синтез Вернадский видел фундаментальное отличие живых тел от «косной природы». Для объяснения специфического асимметрического синтеза природой Опарин выдвинул гипотезу о преобладании на Земле правоциркулярного или эллиптически поляризованного света, который и способствует осуществлению синтеза.

Симметрия и асимметрия в окружающем нас мире рядом. Если симметрия – общее свойство объектов окружающего мира, то асимметрия отражает индивидуальные свойства объектов. Симметрия в основе всего, она – первооснова красоты.

9.5. Химия для «умножения жизненных благ»

9.5.1. Синтез новых материалов

Достижения химии, как мы уже говорили выше, направлены на решение народно-хозяйственных задач и имеют важное практическое значение. Достижения химии в исследовании строения, свойств, реакционной способности элементов способствовали не только тому, что человек научился обра-

батывать природные материалы и руду, получать из них металлы и неметаллы, но и создал новые материалы, неизвестные ранее на Земле, которые уже очень широко используются в практике, например, полимеры полиэтилен, полихлорвинил, различные виды керамики и др.

XX век, особенно его вторая половина, оказался очень плодотворным в области химических открытий. Революционным шагом в химии полимеров стала химия фторорганических соединений. Появился новый класс соединений, по сравнению с классом углеродсодержащих соединений, отличающийся исключительной устойчивостью к агрессивным средам (даже плавиковой кислоте), обладающий особой поверхностной активностью и способностью поглощать кислород. Благодаря этому свойству из фторопласта создают протезы для внутренних органов, например, сердечных клапанов и сосудов. Фторопласт используют для покрытия металлов, из которых изготавливают механические детали с трущейся поверхностью; для них уже не требуется смазка.

Огромных успехов достигла химия элементорганических соединений, которая для своих целей привлекла огромный арсенал известных элементов, в результате чего сформировались собственные области исследования, например, серо-, фосфор-, азотсодержащих соединений. Особенно плодотворной оказалась химия кремнийорганических соединений, которая создала новые высоко эффективные огнезащитные, водоотталкивающие, электроизоляционные и другие материалы, которые оказались незаменимыми в ряде отраслей энергетики и авиапромышленности.

Благодаря использованию в технологии получения керамики силикатов более широкого, чем ранее, ряда химических элементов, например, циркония, молибдена, бора, титана, германия и др., появилась возможность получать керамику с новыми свойствами, обладающую высокой химической, огнеупорной, термической стойкостью, керамику с заданными электрофизическими свойствами. У нас в стране был получен искусственный сверхтвердый керамический материал – гексанит–Р (кристаллический нитрид бора), который оказался конкурентом алмаза. Эти свойства керамики позволяют ей конкурировать с металлами, например, при изготовлении деталей машин и других изделий, где ранее использовался только металл, причем технология изготовления керамических изделий является экономически намного выгодней.

Уникальное свойство керамики – сверхпроводимость при температурах выше температуры кипения азота, были получены при использовании смеси химических элементов бария, лантана и меди. Реализация высокотемпературной сверхпроводимости открывает невиданные просторы для научно-технического прогресса: для создания сверхмощных двигателей и электрогенераторов, создания транспорта на магнитной подушке, разработки сверхмощных электромагнитных ускорителей для вывода полезных грузов в космосе и т.д.

На основе стекла (ситала) получена корундовая керамика. При термической обработке ситала с титаном, калием, фосфором создается биоситал –

материал способный выдерживать очень большие нагрузки, который используется для получения имплантант. Биоситал, в отличие от существующих материалов, не конфликтует с костной тканью и поставляет ей питательные компоненты калий и фосфор.

9.5.2. Концепции химии экстремальных состояний

В отличие от каталитической химии, особенностью которой является химическая активация молекул реагента, т.е. расслабление исходных химических связей при взаимодействии с катализатором, химия экстремальных состояний характеризуется энергетической активацией реагента, т.е. подачей энергии из вне для полного разрыва исходных связей:

$A + B + Q \rightarrow A^{\cdot} + B^{\cdot}$ или $A + B + h\nu \rightarrow A^{\cdot} + B^{\cdot}$

И тепловая энергия (Q) и энергия радиоактивного излучения ($h\nu$) имеют большие величины. К химии экстремальных состояний относится химия высоких энергий, температур и давлений, а так же плазмохимия и радиационная химия.

Плазмохимия изучает процессы в низкотемпературной плазме. В отличие от высокотемпературной плазмы, которая имеет температуру миллионы градусов по Цельсию, низкотемпературная плазма имеет несколько десятков тысяч градусов (от 1000 до 10000ºС). В состояние плазмы материя переходит при сильном разогревании (взрыв, электрический разряд, электромагнитное излучение и др.). Молекулы при этом распадаются на атомы и ионы. В ионизированном газе отрицательно заряженные электроны сосуществуют с заряженными ионами. От простого газа плазма отличается тем, что на нее действует магнитное поле, вследствие чего плазма способна проводить электрический ток.

В плазмохимических процессах скорость перераспределения химических связей очень велика, за счет этого длительность элементарных актов химических превращений составляет около 10^{-13} с при почти полном отсутствии обратимости реакций. Поэтому плазмохимические процессы очень высокопроизводительны. В обычных же химических процессах скорости реакций малы из-за обратимости реакций.

В 50-60 г. XX столетия удалось создать надежное промышленное устройство для удержания плазмы – плазматрон. Плазматрон представляет из себя бутылкообразный медный сосуд и является анодом. Внутри сосуда – сопла – находится цилиндрический катод из вольфрама. Когда в цепи появляется ток, между электродами вспыхивает электрическая дуга. Если в зазор между электродами направить газ, он начнет ионизироваться. Горло «бутылки» сжимает дугу, повышает плотность тока, в результате чего повышается температура газа и его степень ионизации. Мощную струю плазмы из сопла можно направлять, например, на металл.

Плазмотроны явились прообразом плазменных сталеплавильных печей, которые выдают высококачественный металл. В 1973 г. первая плазмен-

но-дуговая 10-тонная печь вступила в строй в ГДР, а в 1976 г. там же запустили уже 30-тонную печь.

Плазменная технология позволяет получить материалы из таких компонентов, которые в иных условиях несовместимы, например, получить металлобетон, который вообще не был известен ранее. С помощью плазменного луча оплавляют горную породу. В расплавленном состоянии у породы появляется способность связывания с металлами. В качестве связующего используют, например, чугун или алюминий. Металлобетоны отличаются высокой устойчивостью и прочностью. У нас в стране разработаны плазмохимические процессы превращения угля в жидкое топливо, получения высококачественных ферросплавов, технического применения кремния и его сплавов и ряд других технологий.

Перспектива этих процессов велика. Например, метановый плазмотрон с производительностью 75 тонн ацетилена в сутки имеет длину всего 65 см и диаметр 15 см. Он способен заменить целый завод. Метан в нем при температуре 3000-3500 ºС за одну десятитысячную доли секунды превращается в ацетилен. Степень использования энергии в таком плазмотроне достигает 90-95%, а энергозатраты составляют не более 3 КВт-ч на 1 кг ацетилена (вдвое меньше, чем в паровом реакторе пиролиза). Совершенно потрясающего результата позволяет получить реакция пиролиза нефтяного сырья в условиях плазмы. Реакция протекает мгновенно, строго необратимо в одном направлении с образованием дивинила – исходного сырья для синтеза каучука:

$C_nH_{2n+2} \rightarrow H_2C = CH - CH = CH_2$

Этот плазмотрон диаметром 20 см и длиной 60 см, обслуживаемый одним человеком, способен, как и в выше приведенном примере, заменить завод с 3-5 тысячами рабочих! В настоящее время разрабатываются способы связывания атмосферного азота посредством плазмохимического синтеза оксидов азота.

Приведенные примеры показывают, что плазменная химия направлена на существенную экономию средств и энергии и получение новых высококачественных веществ.

Первые опыты **радиационной химии,** выполненные 40 лет тому назад, были связаны с облучением полиэтилена гамма-лучами. Прочность полиэтилена при этом существенно возрастала. Источником ионизирующего излучения служат рентгеновские установки, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы, радиоактивные изотопы. Под действием такого излучения вещества претерпевают глубокие изменения: в них образуются ионы, свободные атомы, которые взаимодействуют между собой. Это приводит к качественно новым веществам. Например, при радиолизе воды образуется пероксид водорода, а из кислорода образуется озон, линейный полимер поливинилхлорида образует трехмерную сетку, за счет чего приобретает большую термостойкость и твердость. Наиболее важными процессами радиационной химической технологии являются полимеризация, вулканизация, производство композиционных материалов, в том числе композиций на древес-

ной основе, закрепление лаков и других кроющих материалов на поверхности дерева и металла и др.

Принципиально новой и исключительно важной областью химии экстремальных состояний **является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС)** тугоплавких и керамических материалов. Метод СВС основан на реакции горения одного металла в другом или, например, в азоте, углероде, кремнии. Можно осуществить реакцию «горения» порошка титана в порошке бора с образованием TiB и TiB_2, или порошка циркония в порошке кремния с образованием ZrSi и $ZrSi_2$. Эта реакция между смесью поршков веществ, которые по отношению друг к другу являются окислителям и восстановителем, может происходить в цилиндрическом реакторе самопроизвольно с выделением большого количества тепла, после того, как будет подожжена, например, посредством подачи искры. В результате такого синтеза получены сотни тугоплавких соединений превосходного качества и необычных свойств.

Это технология нового века: она проста, не требует громоздкого технологического оборудования, экономна в энергозатратах, не требует большого штата обслуживающего персонала. Это выдающееся открытие – достижение русских ученых из института физической химии РАН.

Контрольные вопросы

1. Что является предметом изучения эволюционной химии?
2. С каких позиций эволюционная химия рассматривает эволюцию химической формы материи?
3. Каковы позиции субстратного подхода?
4. Почему природа отдала предпочтение углероду при организации живой формы материи?
5. Какие структуры отбирались природой в ходе эволюции химической материи?
6. В чем суть функционально подхода?
7. Что такое фермент?
8. Как Вы понимаете процесс биокатализа и механизм действия фермента?
9. Каковы формы существования фермента в клетке?
10. Возможно ли использование ферментов в производстве?
11. Каковы достижения химии в синтезе новых материалов?
12. Каковы достижения химии в разработке новых технологических процессов?

Темы рефератов

1. Понятие о ферментах и их значении в живом организме.
2. Самосовершенствование каталитических систем по теории А.П. Руденко.
3. Химия для народного хозяйства.
4. Освоение каталитического опыта живой природы.

РАЗДЕЛ V
НАУКИ О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Глава 10. Современные концепции биологии

Светлеет грусть, когда цветут цветы
Когда брожу я первоцветным лугом
Один или с хорошим давним другом,
Который сам не любит суеты.
За нами шум и пыльные хвосты –
Все улеглось! Одно осталось ясно,
Что мир устроен грозно и прекрасно,
Что легче там, где поле и цветы.

Н. Рубцов

Биология – это комплекс наук о живой природе, о многообразии населявших и населяющих ныне Землю живых существ, их строении и функциях, происхождении, распространении и развитии, связях друг с другом и с неживой природой. Биология устанавливает общие и частные закономерности, присущие жизни во всех ее проявлениях и свойствах (обмен веществ, размножение, наследственность, изменчивость, приспособляемость и др.).

Биология имеет богатую историю, поскольку интерес к познанию живого возник у человека очень давно. Многообразие живого мира привело к многоплановости комплекса биологических наук, к ее широкой дифференциации. В развитии биологии выделяют три основных этапа:

- систематики
- эволюционный
- биологии микромира.

Каждый из этих этапов связан с появлением новых представлений о мире живого, его возникновении и развитии, поэтому последовательность формирования этапов представляет прогрессирующую систему биологических знаний, отражающих основы биологического мышления и смену биологических парадигм. Каждый из этапов по – своему отвечает на вопрос: «Что такое жизнь?».

Точное определение жизни дать не просто. Современная биология, определяя живое, идет по пути перечисления основных свойств живых организмов, считая, что только совокупность этих свойств дает представление о

специфике живого. К числу признаков, характеризующих живое относят следующие:

- **живые организмы – это сложные упорядоченные структуры, уровень организации которых значительно выше, чем в неживых системах;**
- **живые организмы являются открытыми диссипативными системами и обмениваются с окружающей средой энергией, веществом и информацией, за счет чего поддерживают высокий уровень своей упорядоченности.** Большая часть живых организмов прямо или косвенно используют солнечную энергию;
- **все живые организмы реагируют на внешние раздражения;**
- **живые организмы в процессе своего существования (от зарождения до смерти) не только изменяются, но и усложняются;**
- **все живое, в отличие от неживого, способно к самовоспроизведению.** Сходство потомства с родителями обеспечивается наличием генного механизма передачи наследственных признаков, а отличие – возможностью изменения генетической информации в процессе ее передачи (явление мутации);
- **живые организмы, в отличие от неживых, способны к росту, развитию, активной регуляции своего состава и функций, к различным формам движения;**
- **живые организмы хорошо приспосабливаются к среде своего обитания.**

Совокупность этих признаков позволяет коротко характеризовать жизнь как форму существования сложных открытых систем, способных к самоорганизации и самовоспроизведению, функциональная деятельность которых обеспечивается, прежде всего, белками и нуклеиновыми кислотами. Однако, как считает американский физик Ф. Типлер в своей книге «Физика бессмертия», жизнь представляет собой лишь некую закодированную информацию, которая сохраняется естественным отбором, поскольку не исключено, что внеземная жизнь, если такая возможна, химической основой может иметь не нуклеиновую кислоту. По существу Типлер выделяет главный из критериев определения жизни – способность живых организмов сохранять и передавать информацию. Отсюда следует, что **жизнь-информация является вечной, бесконечной и бессмертной.** Этот тезис на сегодня остается дискуссионным. Прежде, чем рассмотреть особенности биологии как одной из основополагающих наук в Естествознании, коснемся принципов ее организованности.

10.1. Эволюция биологических знаний: от систематики к эволюционной биологии

Многообразие существующего мира и ранее, и сейчас удивляет человека. Попытки систематизировать окружающий человека мир животных и растений предпринимались еще в древней Греции. Так Аристотель еще в IV веке до нашей эры описал около 500 видов животных и разделил их по группам. Наблюдения Аристотеля были столь точны, что его классификация просуществовала 2 тыс. лет, а некоторые систематические группы животных, выделенные им, оказались действительными и в современной классификации.

Под влиянием религиозной идеи о неизменности мира и всего живого, сотворенного Богом, господствующей тогда в обществе, накопление биологических знаний сводилось к описанию внешних, видимых признаков животных и растений. **Систематизация** этих знаний, во многом *искусственная*, была выполнена известным шведским естествоиспытателем **Карлом Линнем (1707-1778 гг.).** В 1735 г. им были заложены основы систематики как науки. В четырех томах своих трудов он описал свыше 10 тыс. видов растений и более 4 тыс. видов животных представил картину систематизации растительного царства и животного мира, хотя и проведенную по формальным признакам. С именем Линнея связано введение бинарной номенклатуры и принципа иерархического соподчинения таксонов, дошедших до наших дней в почти неизменном виде. В это же время была представлена классификация животного мира, выполненная французским натуралистом **Шарлем Бюффоном (1707-1788 гг.).** Она также была основана на энциклопедическом описании различных видов животных. Грандиозность этой классификация представлена в 44 томах Естественной истории Бюффона.

На рубеже XVIII-XIX вв. появились реальные предпосылки возникновения научно обоснованных эволюционных взглядов. Благодаря географическим открытиям было выполнено описание множества новых видов растений и животных. С развитием же морфологии (учение о строении живых организмов) растений, оказалось возможным выявить родственные связи между отдельными группами растений. Интенсивное развитие промышленности и горного дела привели к увеличению числа находок ископаемых останков животных. Изучение их потребовало объяснения сходства в строении ископаемых и современных организмов. Все это привело исследователей к заключению о том, что живые организмы, населяющие Землю, претерпевают эволюционные превращения. Накопление подобных научных результатов послужило основанием для создания первых концепций об эволюции всего живого на Земле. Утверждение *естественной* классификации началось в конце XVIII в. благодаря работам выдающегося французского зоолога **Жана Ламарка (1744-1829 гг.).** Ламарк, опираясь на экспериментальные данные, высказал идею о том, что первые самозародившиеся организмы дали начало всему многообразию ныне существующих органических форм. Он проследил изменчивость и их сходство. В градации этих форм он видел отражение ис-

тории жизни, реального процесса развития одних форм из других. Развитие от простейших до самых совершенных организмов – главное содержание истории органического мира. Человек, по его представлению, тоже часть этой истории, он развился из обезьяноподобных предков.

Эволюционное преобразование организмов, то есть их изменчивость, Ламарк объяснял двумя факторами: влиянием внешней среды и наследственности. Однако наследственность он трактовал как внутреннее, врожденное стремление организма к усложнению и совершенствованию своей организации. Кроме того, Ламарк считал, что в процессах приспособления высших животных особое значение имеет психический фактор, действие которого выражается в стремлении животных к изменению. Идея эволюционных преобразований живого на Земле, выдвинутая Ламарком, в то время не была признана. Это революционные для того времени идеи Ламарк опубликовал в 1809 г. в книге «Философия зоологии». Немного раньше, в 1789 г., он опубликовал свою классификацию животного мира, которая была основана уже на использовании совокупности признаков.

Сегодня классификацию, отражающую реальные отношения между группами и учитывающую их родственные связи и происхождение, называют **гносеологической**. Именно такая классификация может считаться естественной. Биология, которая занимается проблемами систематики, то есть системным исследованием Природы в ее целостном многообразии и сложности явлений, называют **традиционной** или **натуралистической** биологией. Традиционная биология не только не утратила свою роль в наши дни, но и продолжает активно накапливать базу своих знаний. Подтверждением ее жизнеспособности могут служить систематические публикации книг «Жизнь животных», «Жизнь растений», включающих новые сведения, а также систематические экспедиции Жана Кусто по изучению фауны морей, позволяющие получить чрезвычайно богатую информацию.

Эволюционная биология как наука о развитии живой природы основана на воззрениях английского естествоиспытателя **Чарльза Дарвина (1809-1882 гг.).**

10.1.1. Основные положения теории Дарвина

В 1895 г. вышла в свет знаменитая книга Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора», в которой он, обобщив отдельные эволюционные идеи, представил стройную, развернутую теорию эволюции, которая послужила фундаментом современного эволюционного учения. Эволюционное учение сегодня является теоретической основой современной биологии и обобщает результаты, полученные частными биологическими науками.

Учение о биологической эволюции – это наука о причинах, движущих силах и закономерностях изменения и развития живых организмов. С точки зрения эволюции, все многообразие живой природы является

результатом взаимодействия явлений **изменчивости, наследственности и естественного отбора.** Эти основные положения теории эволюции базируются на следующих наблюдениях.

- **В природе нельзя обнаружить совершенно одинаковые организмы.** В любой популяции или виде животных наблюдается *изменчивость* составляющих ее особей. Мы это наглядно констатируем, различая друг от друга огромное количество людей.
- **Некоторые из этих изменений унаследованы от родительских особей (имеют генетическую основу и обусловлены мутацией, как выявлено в настоящее время), другие же являются результатом приспособления к окружающей среде, то есть приобретены в течение жизни.** Отмечая это, Дарвин различал соответственно неопределенную (индивидуальную) и определенную (групповую) формы изменчивости. Он считал, что определенная изменчивость играет второстепенную роль в эволюционном процессе, поскольку возникает как прямой результат конкретных воздействий внешней среды и служит приспособлением именно к тем условиям, в которых она возникла. При исчезновении вызвавших ее условий определенная изменчивость не передается потомству. Неопределенная изменчивость, возникающая случайно у немногих особей и имеющая разнонаправленный характер (она может быть полезной и вредной), играет решающую роль в видообразовании, так как может устойчиво передаваться *по наследству* потомству.
- **Любой вид в природе имеет относительно постоянную численность, хотя рождается, как правило, значительно большее число организмов.** Факторами, ограничивающими рост популяций, могут быть климатические условия, эпидемии, недостаточность в питании, сложные отношения внутри вида и между видами и др. То есть в результате избыточной рождаемости возникает конкурентная борьба (внутривидовая и межвидовая) за среду обитания и пищу, то есть борьба за существование. Благодаря изменчивости разные особи в борьбе за существование оказываются в неравном положении. Индивидуальные изменения (положительные), облегчающие выживание, обеспечивают им преимущество. За счет **естественного отбора** они выживают, дают более приспособленное потомство, так как благодаря характеру индивидуальной изменчивости, положительные для выживания качества передаются потомству и постепенно распространяются среди особей всего вида. Тем самым естественным отбором формируются виды, приспособленные к измененным внешним условиям. В этом и заключается творческая функция естественного отбора.

Как и всякая научная теория, теория Дарвина не претендует на абсолютное знание. Естественно, что со дня возникновения она активно критиковалась. Наиболее часто дискуссии подвергались два недостатка теории Дарвина. Первый – это невозможность объяснения с позиций дарвинизма меха-

низма передачи наследственности, а также установленного факта отсутствия в очень многих случаях промежуточных, переходных ступеней от одного биологического вида к другому; и второй – безрезультатность попыток сельскохозяйственной практики создать новые виды животных и растений, хотя образование новых видов через эволюцию – одна из основных идей его теории. Ответы на эти вопросы появились в результате накопления знаний и формирования новых биологических дисциплин генетики и молекулярной биологии. Научная база этих дисциплин не только способствовала утверждению учения Дарвина, но и подчеркнула универсальное значение естественного отбора для всех систем.

10.1.2 Теория катастроф

В ранний период одновременно с теорией эволюции создавалась и развивалась теория катастроф. В начале XIX в. в области анатомии и палеонтологии были достигнуты значительные успехи. Основные заслуги в этом принадлежат французскому ученому **Леопольду Кювье (1769-1832 гг.).** Он проводил сравнительное изучение строения и функций одного и того же органа или системы органов во всех видах и классах животного царства. Многолетняя работа привела его к интересным результатам, которые он представил как принципы корреляции (соотносительности). Суть их заключается в том, что строение каждого органа закономерно соотносится со строением всех других. Так, если изменяется одна часть тела, обязательно будут изменяться и другие. В связи с тем, что каждая часть тела отражает принципы строения всего организма, можно по отдельным фрагментам воссоздать облик организма в целом. Эти открытия позволили Кювье при исследовании останков доисторических животных, найденных в земных слоях при геологических раскопках, придти к заключению о том, что одновременно с изменением облика Земли изменялись населяющие ее организмы: останки животных в каждом новом геологическом горизонте отличались друг от друга, принадлежали другим разновидностям. Современные же нам виды живых организмов не изменялись, по крайней мере, со времен фараонов. Кювье отмечал отсутствие переходных форм между современными животными и теми, останки которых он находил при раскопках. Для объяснения такого периодического вымирания животных Кювье выдвинул **теорию катастроф.** Согласно его представлениям **периодически проходившие крупные геологические катастрофы уничтожали на больших территориях животных и растительность. Потом территории заселялись видами, пришедшими из других областей.**

Ярким примером резкого вымирания является судьба динозавров, которые в течение длительного времени (приблизительно 150 млн. лет) господствовали на Земле и вдруг исчезли 64,5 млн. лет тому назад. В качестве катастроф, которые, могли бы повлиять, в частности, на судьбу динозавров, на уровне гипотез рассматривают различные события:

- повышение активности вулканов, способствующей выбросу огромных количеств газа и пепла, которые могли затянуть пеленой небо, ослабить солнечную радиацию; и привести к похолоданию, которого динозавры не вынесли;
- вспышка сверхновой звезды, близкой к Земле, в результате чего животные получили сильное облучение и погибли;
- воздействие космических сил на Землю, например, падение крупных метеоритов, которые время от времени кардинально влияют на ее развитие, приводя к смене растительного и животного мира;
- выдвигаются гипотезы о том, что катастрофы зарождаются в биосфере самой Земли, то есть имеют земное происхождение.

В качестве примера последней гипотезы обсуждается состояние биосферы, когда в конце дивона на суше стали доминировать лиственные растения, которые создали богатейшую кормовую базу для животных, что привело к интенсивному их размножению до такой степени, что они все съели, а далее наступила катастрофа – они просто погибли с голода.

Теория Кювье в свое время имела огромное количество сторонников, и долгое время признавалась научной общественностью, пока не появилась теория Дарвина. В наши дни использование генетических методов при изучении органической материи, позволило исследователям сделать поразительные выводы о том, что возникновение и развитие жизни на Земле, если считать по Дарвину, потребовало бы много больше времени, нежели действительная история, охватывающая период от первых на Земле живых молекул до появления человека. На новом витке развития, то есть спустя примерно 200 лет, вновь вспомнили о теории катастроф. Противоречия всегда были толчком к развитию и появлению новых теорий. Надо полагать, что теории катастроф принадлежит такая роль.

10.2. Структурные уровни организации живого

Мир живого чрезвычайно сложен и разнообразен, он представлен и очень простыми одноклеточными организмами, и очень сложными многоклеточными организмами, обладающими высокой специализацией клеток. На разную степень организации живой материи обращали внимание ученые разных времен, но лишь в 20-х годах XX в. американские философы Браунс и Селларс обосновали теорию «структурных уровней» в биологии. Согласно этой теории структурные уровни организации живого отличаются не только сложностью и закономерностями функционирования, но и являются иерархически соподчиненными, то есть каждый нижележащий биологический уровень входит в содержание вышележащего уровня, являясь базовой основой его формирования.

Согласно этой концепции **различают четыре уровня организации живой материи:**

1. **молекулярно-генетический,** обеспечивающий передачу наследственной информации.
2. **онтогенетический,** отражающий изменение признаков деятельности и функций отдельных особей от их рождения до смерти.
3. **популяционно-биоценотический,** выражающий взаимодействия особей (видов) внутри популяции и взаимодействие популяции с окружающей средой ее обитания.
4. **биосферный,** включающий всю совокупность живых организмов на Земле с окружающей их природной средой, их взаимодействие и влияние друг на друга.

Каждый из последующих биологических уровней базируется на предыдущем, вовлекая его в более сложную организованность. Система структурных уровней наглядно демонстрирует тесную взаимосвязь всего живого и единство его с окружающей средой.

10.2.1. Молекулярно-генетический уровень

Проблемы, которые, исследуются на молекулярно-генетическом уровне, касаются вопросов:

- происхождения жизни,
- молекулярно-генетического подхода к изучению эволюции,
- молекулярных основ генетической репродукции и процессов обмена веществ.

Эти проблемы переросли рамки биологических, они стали проблемами всего естествознания.

10.2.1.1. Теории возникновения жизни

Вопросы о происхождении и сущности жизни издавна стали предметом интереса человека в его стремлении разобраться в окружающем мире, понять самого себя и определить свое место в природе. Многовековые попытки решения этих вопросов породили ряд разнообразных концепций возникновения жизни на Земле и Вселенной. Коснемся наиболее авторитетных теорий.

Концепция креационизма полагает, что жизнь была сотворена Богом. Эта концепция возникла в рамках религиозного мировоззрения. Она утверждает, что жизнь такова, какова она есть, потому что такой ее сотворил Бог. В рамках этой концепции практически снимается вопрос о научном решении проблемы происхождения и сущности жизни. Тем не менее, эта концепция имеет много сторонников.

Основные концепции появляются позже, однако, вплоть до XX в., ни одна их них не смогла сформировать единую биологическую картину и дать приемлемое объяснение происхождению жизни.

Теория самопроизвольного (спонтанного) зарождения жизни была распространена еще в Древнем Китае, Вавилоне и Египте в качестве альтер-

нативы креационизму. Этой теории придерживался Аристотель, согласно взглядам которого определенные «частицы» вещества содержат некое «активное начало», способное при подходящих условиях создать живой организм. Благодаря огромному авторитету Аристотеля и таких сторонников его теории как Коперник, Галилей, Декарт и др., эта точка зрения просуществовала вплоть до середины XIX века, хотя и была поставлена под сомнение в XVII в. опытами итальянского биолога и врача Франческо Реди, который на основании экспериментов пришел к заключению о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни и провозгласил принцип «все живое от живого», а затем в XVIII в. – работами Ладзаро Спалланцани, доказавшего, что в стерильных растворах жизнь не зарождается. Лишь в 1860 г., благодаря опытам Луи Пастера, который продемонстрировал, что живые существа (материи) способны поселяться везде на неживых материалах и в подходящих условиях развиваться, но высокая температура может уничтожить все формы живого, теория самопроизвольного зарождения жизни была практически опровергнута. Вопрос о том, откуда взялся первый живой организм в рамках этой теории остался открытым.

Теория панспермии – внеземного происхождения жизни начинает свое существование в 60-х г. XIX в. с работ немецкого ученого Г. Рихтера, а в 1908 г. поддерживается теорией шведского химика Сванте Аррениуса. Теория утверждает, что жизнь могла возникнуть в разное время в разных частях Галактики или Вселенной и началась на Земле после того, как в виде зародышей попала из космоса на планету. Согласно гипотезе современных ученых Ф. Хойла и Викрамасингха наша планета ежегодно получает 10^{18} спор, как остаток кометного материала, рассеянного в Солнечной системе, мы и сейчас продолжаем получать из космоса живые организмы в виде вирусов и бактерий. Из этого следует, что кометы или метеориты могли принести жизнь на Землю. Действительно при изучении материала метеоритов и комет в них были обнаружены многие «предшественники живого» – цианогены, синильная кислота и органические соединения, которые, попав на Землю, могли сыграть роль «семян». Сторонниками этой тории были такие известные ученые как Г. Гельмгольц, В.И. Вернадский, что способствовало ее широкому распространению среди ученых.

Данная гипотеза решает вопрос происхождения жизни не на Земле, а в Космосе, предполагая, что после Большого взрыва, на самых ранних этапах развития Вселенной произошло разделение вещества на живое и неживое, в результате чего жизнь существует столько же времени, сколько и весь космос.

Таким образом, на протяжении многих веков менялись взгляды на проблему возникновения жизни, но ни одна из перечисленных теорий не дает полной картины этого явления. Один из главных вопросов, дискутируемых сегодня, является вопрос о сущности жизни, является ли она просто чрезвычайно упорядоченным состоянием атомов и молекул, из которых состоит «живое вещество», или существуют пока не открытые элементарные частицы

жизни, переводящие обычные физические вещества в живое состояние. Веских доказательств в пользу ни первой, ни второй точки зрения нет.

С позиций современного естествознания реально рассматривать жизнь как особую форму движения материи, закономерно возникающую на определенном этапе ее развития. Поэтому сегодня наиболее перспективным видится направление исследований в рамках **биохимической эволюции. Эта теория рассматривает возникновение жизни из неживой материи на нашей планете в ходе процесса самоорганизации, полагая, что возникновение жизни содержало элемент случайности, но в своей основе было закономерным.** Предполагается, что появление жизни произошло в ходе эволюционного процесса. Когда химическая эволюция после одной из точек бифуркации привела к появлению живого организма и началу биологической эволюции.

Одним из главных препятствий на пути становления этой теории было господствующее тогда мнение о том, что органическое вещество в природных условиях возникает только биогенно (живое от живого – принцип Реди). Естественное возникновение даже простейших организмов из неорганических веществ считалось совершенно невозможным. В 1924 г. вышла книга **А.И. Опарина (1894-1980 гг.)** «Происхождение жизни», в которой была представлена новая точка зрения на проблемы возникновения живого, утверждающая, что монополия биотического синтеза органических веществ характерна лишь для современной эпохи существования нашей планеты. В начале же своего существования, когда Земля была безжизненной, на ней осуществлялись абиотические синтезы углеродных соединений и их постепенное усложнение, формирование из них индивидуальных фазовообособленных систем, превращение их в протобионты, а затем и в первичные живые существа. Появление жизни Опарин стал рассматривать как единый естественный процесс, слагавшийся из протекавшей в условиях ранней Земли первоначальной химической эволюции, перешедшей затем на качественно новый уровень – биохимической эволюции, и неразрывно связанный с геологической эволюцией Земли.

10.2.1.2. Молекулярно-генетический подход к изучению эволюции

Как полагают естествоиспытатели, истоки жизни уходят в первый миллиард лет существования Земли как планеты, который не оставил следов в ее геологической истории. На Земле тогда имели место условия, которые впоследствии, когда появилась биосфера, более не повторившиеся. Атмосфера была иной, чем сейчас. Легкие газы – водород, гелий, азот, кислород – покидали атмосферу, так как гравитационное поле нашей недостаточно еще плотной планеты не могло их удержать. Однако более тяжелые газы удерживались. Первичная атмосфера содержала метан, углекислый газ, аммиак, пары воды и не содержала свободного кислорода. Опарин предположил, что

под действием солнечной радиации – ионизирующего и ультрафиолетового излучения, электрических разрядов, тепловой энергии, которые господствовали в первичной атмосфере Земли до того, как образовался озоновый слой, в результате случайных химических реакций появились органические соединения среди них аминокислоты и нуклеотиды.

Долгое время предположение Опарина оставалось гипотезой, и лишь в 1953 г. возможность абиогенного синтеза была продемонстрирована опытами американского ученого Миллера. Миллер синтезировал ряд аминокислот при пропускании электрического заряда через смесь газов, предположительно составлявших первичную атмосферу (CO_2, NH_3, CH_4, H_2O). Позднее в подобных экспериментах были синтезированы более сложные органические соединения – нуклеиновые кислоты.

Необходимая для образования полимеров концентрация веществ, по мнению Опарина, могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например, глине или гидроокиси железа образующихся на прогреваемом Солнцем мелководье. Кроме того, воды, пропитывающие земной грунт, непрерывно перемещали растворенные в ней вещества из мест их образования в места накопления, где и происходили химические реакции. Там формировались белковые молекулы. Благодаря их амфотерности происходило образование коллоидных гидрофильных комплексов. Молекулы воды, образуя вокруг белковых молекул оболочку, обособляли их от всей массы воды. Слияние таких комплексов друг с другом уже приводило к отделению коллоидных систем от водной среды. Этот процесс назвали **коацервацией. Коацерваты – пространственно обособившиеся целостные системы, способные обмениваться с окружающей средой, избирательно накапливать различные соединения**. Разнообразие состава «бульона» в разных местах вело к различиям в химическом составе коацерватов и поставляло сырье для «биохимического естественного отбора». Естественный отбор, действующий на самых ранних стадиях зарождения органических веществ, способствовал выживанию наиболее устойчивых коацерватных систем, способных к дальнейшему усложнению. Дальнейшая самоорганизация сложных органических молекул, происходившая за счет концентрирования на границе между коацерватами и внешней средой молекул липидов, привела к образованию перегородок мембранного типа, способных отделить объемы с упорядоченными реакциями от неорганизованной окружающей среды, не мешая их возможности обмена реагентами. Во внутренних полостях коацерватов, куда извне могли уже только выборочно проникать молекулы, началась эволюция от химических реакций к биохимическим. Огромную роль для организации биологических процессов сыграли ферменты. Такая продолжительная последовательность событий привела к открытой химической микроструктуре, уже способной к первичному метаболизму (обмену веществ), хотя и не имеющей системы передачи генетической информации на основе функционирования нуклеиновых кислот.

Таким образом, **в ходе химической эволюции и естественного отбора возникли важнейшие свойства жизни, отличающие ее от предыдущего этапа развития.** Возникшие многомолекулярные системы, фазообособленные от окружающей среды границей раздела, сохраняют с ней взаимодействие по типу открытых систем. Только такие системы, способные черпать из внешней среды вещество и энергию, могут противостоять нарастанию энтропии и даже способствовать ее уменьшению в процессе своего роста и развития, что является характерным признаком всех живых существ.

Теория Опарина является признанной в научном мире и в течение многих лет была лидирующей, она имеет много сторонников. Ее несомненным достоинством является точное соответствие теории химической эволюции, согласно которой в процессе добиологической эволюции материи зарождение жизни – это закономерный результат, а также возможность экспериментальной проверки не только на уровне абиогенного синтеза, но и на уровне формирования коацерватов.

Слабой стороной теории Опарина является допущение возможности самовоспроизведения коацерватных структур в отсутствии молекулярных систем с функциями генетического кода. Существование таких систем объяснялось наличием у них свойств открытых микросистем, выживающих за счет вовлечения в них ферментов, находящихся в готовом виде в окружающей среде. Таким образом, при всех своих достоинствах теория Опарина пока не может решить проблему перехода от химической эволюции к биологической. Ученики и последователи Опарина и сегодня продолжают исследования для развития и утверждения этой теории.

10.2.1.3. Гипотезы голобиоза и генобиоза – современные концепции происхождения жизни

В решении вопроса о происхождении жизни сегодня самым сложным считается вопрос о квалификации структурных и функциональных особенностей доклеточного предка. Современной биологии хорошо известно, что для саморепродукции нуклеиновых кислот – основы генетического кода – необходимы белки – ферменты, а для синтеза белков – нуклеиновые кислоты. В связи с этим встает вопрос, что же было первичным – белки или нуклеиновые кислоты? Что старше генетическая репродукция или метаболизм? Если они возникли не одновременно, то на каком этапе эволюции произошло их объединение в единую систему? Современные гипотезы, рассматривающие вопрос о первичности белков или нуклеиновых кислот, составляют основу двух гипотез: **гипотезы голобиоза и гипотезы генобиоза.**

Точка зрения Опарина и его сторонников по существу сформировала **гипотезу голобиоза. В основу этой гипотезы заложена идея о том, что структурную основу доклеточного предка – биоида (биомонады, микросферы) составляют жизнеподобные открытые (коацерватные) микросистемы, типа клеточной, способные к элементарному обмену веществ при**

участии ферментного механизма. Сторонников гипотезы голобиоза объединяют две главных позиции: признание первичности белковой субстанции, способной к автокатализу, близкому к ферментативному, и отсутствие систем с функциями генетического кода. Появление нуклеиновых кислот в этой гипотезе рассматривается как итог эволюционных процессов. Слабым звеном этой теории, как мы уже отмечали, является неспособность ее объяснить самовоспроизводство белковых систем, т.е. объяснить как произошел скачок от неживого к живому.

Сторонники **гипотезы генобиоза,** ярким представителем которой был английский биолог Холдейн, считают, что **первичной была не структура, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, подобная гену, способная к саморепродукции.** К 1980 г., благодаря работам по молекулярной биологии, генобиотическая гипотеза оказалась доминирующей, хотя в ее истолковании не было единства.

Предистория этой гипотезы уходит к 1860 г., когда Пастер открыл оптическую активность кристаллов и водных растворов соли виноградной кислоты, имеющей биологическое происхождение, проявляющуюся как способность отклонять поляризованный луч света. Оптическая активность была связана с асимметрическим строением молекул виноградной кислоты. Так как растворы веществ небиологического происхождения не проявляли подобных свойств, признак асимметрии (хиральность) был квалифицирован как отличительный признак живой материи. Молекулярная биология сегодня считает, что дисимметрия – молекулярная хиральность – присуща только живой материи и является ее неотъемлемым свойством.

В связи с этим возник вопрос, как же произошло превращение молекулярно-симметричных веществ неживой природы в молекулярно-асимметричные вещества живой природы? Не связан ли этот переход с рождением живой материи? И если выяснить, как неживая симметрия переходит в живую молекулярную дисимметрию, нельзя ли решить вопрос о переходе от неживой материи к живой?

Пастер считал, что этот переход осуществлялся постепенно и связан с действием космических сил, поскольку известная нам жизнь с присущим ей свойством асимметрии является функцией дисимметрии Вселенной. Такими силами могли быть электрические разряды, геомагнитные колебания, β – излучение и др. Теория же «Большого взрыва» предполагает спонтанное появление хиральных молекул, считая, что оно подготовлено химической эволюцией. Оба сценария объединяет общая идея: **хиральность – изначальный фундаментальный признак живой материи.** По теории Оргела способность «возрождать» хирально чистые молекулярные блоки зародились столь же рано, как и способность к генетической саморепродукции, то есть одновременно с генетическим кодом возник и стереохимический код. Его функцией стало кодирование построения хирально чистых мономеров, наличие которых необходимо для комплементарного взаимодействия молекул субстрата и фермента в биохимических реакциях. Каковы же по своей химиче-

ской природе те хирально чистые молекулярные «блоки», составившие субстрат для зарождения живого?

Общее признание в рамках гипотезы «генобиоза» получила идея, согласно которой таким блоком могла быть одна из макромолекул ДНК или РНК. В настоящее время доказано, что передача генетической информации идет в направлении ДНК – РНК – белок. Но как же могла ранее функционировать протогенетическая полинуклеотидная система в отсутствии ферментов, если современная ДНК сама по себе беспомощна, она может функционировать только при наличии ферментов-белков? Ответы были получены лишь к 1980 г. и первичной была признана молекула РНК! Исследования показали, что молекула РНК уникальна по своим свойствам. Уникальна, прежде всего, в том, что она вездесуща – нет организмов, в которых отсутствовала бы РНК, но есть много организмов, например вирусы, геном которых составляет РНК, а не ДНК. Кроме того, оказалось, что возможен перенос генетической информации от РНК к ДНК, катализируемый ревертазой (РНК – зависимой ДНК–полимеразой). Именно это послужило поводом к предположению о том, что ревертаза и матричный синтез ДНК на РНК – компоненты единого для доклеточного предка. И все же РНК была признана первичной лишь после работ, выполненных в 1980 г., которыми была установление способность РНК к саморепродукции в отсутствие белковых ферментов и открытие у РНК автокаталитических функций (способность к саморепликации РНК-ового генома). В результате этих работ сформировалось четкое представление о том, что древняя РНК совмещала в себе каталитическую и информационно-генетическую функции, она могла таким образом подвергаться как генетическим преобразованиям, так и естественному отбору, то есть она эволюционировала.

Почему же РНК потеряла и передала эти функции ДНК? На этот вопрос уже даны ответы. В связи с тем, что связь С – Н в дезоксирибозе ДНК более прочная, чем С – ОН в рибозе РНК и лучше содействуют реакциям фосфорилирования и полимеризации аминокислотных остатков Шла физико-химическая эволюция РНК-овой молекулярной системы в ДНК-овую. Так как РНК в виде рибозима может себя реплицировать, то субстратная цепочка передачи генетической информации эволюционировала в направлении РНК $\rightarrow$ белок $\rightarrow$ ДНК, которая сохраняется по сей день.

Так в настоящее время решается центральный вопрос проблемы происхождения жизни на Земле – вопрос об эволюции доклеточного предка живой материи.

10.3. Онтогенетический уровень

Онтогенетический, более сложный, **уровень организации жизни на Земле связан с жизнедеятельностью отдельных биологических особей, имеющих различное морфологическое строение и различный уровень сложности.** На этом уровне рассматривается развитие особи с момента обра-

зования зиготы, то есть с момента оплодотворения, до естественного завершения ее жизненного цикла (до смерти). Развитие особи, последовательность морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом, составляет содержание процесса онтогенеза. Это процесс развертывания, то есть реализации наследственной информации, закодированной в управляющих структурах зародышевой клетки, а также испытания, проверки согласованности и работы управляющих систем во времени и пространстве, приспособления особи к среде др. Без возникновения онтогенеза эволюция жизни была бы не мыслима. Онтогенез является структурным звеном более общего процесса филогенеза – развития мира организмов (их видов, родов и т.д.). Цепь или поток генетически связанных между собой онтогенезов – циклов индивидуального развития особей составляет основу филогенеза.

Причины развития организма в онтогенезе, процессы происходящие в особи, согласованное функционирование ее органов и систем, механизм их работы, взаимоотношения органов и т.д., изучаются многими отраслями биологии и, прежде всего, такими дисциплинами как эмбриология, биохимия, генетика. Пока не создана общая теория онтогенеза, поскольку не ясны все причины и факторы, определяющие строгую организованность этого процесса. Полагают, что онтогенез определяется деятельностью некоторой саморегулирующейся иерархической системы, согласованно реализующей наследственные свойства и работу управляющих систем в пределах особи. До сих пор, однако, не могут найти удовлетворительного ответа на вопрос, почему в онтогенезе строго определенные процессы происходят в должное время и в должном месте, какими закономерностями регулируются внутриклеточные процессы, функции клеток и механизмы включения генов в процессе клеточной дифференциации. Имеющиеся результаты позволяют понять только некоторые отдельные процессы, обеспечивающие индивидуальное развитие организма.

10.3.1.Концепция прокариотной и эукариотной клеточной организации

Простейшей структурной единицей на онтогенетическом уровне организации является **клетка** (в последнее время к миру живого стали относить и вирусы, которые не имеют клеточной структуры). Именно она обладает всем комплексом свойств живого, в том числе и генетической информацией. Создание клеточной теории, основы которой были заложены немецкими учеными **Т. Шванном и М.Я. Шлейденом,** стало одним из крупнейших достижений биологии XIX в. Основное положение клеточной теории состоит в утверждении, что все растительные и животные организмы состоят из клеток, сходных по своему строению. Это положение стало еще одним подтверждением единства происхождения и развития всех видов живого.

Результаты исследования в области цитологии (наука о клетке), показали, что **все клетки имеют общие свойства не только в строении, но и в функциях.** Так, клетки осуществляют обмен веществ, способны к саморегуляции своего состояния, к размножению и могут передавать наследственную информацию. Вместе с тем выяснилось, что клетки весьма разнообразны. Они могут существовать как бактерии или простейшие одноклеточные организмы (амебы), а также в составе многоклеточных организмов. У клеток разный срок существования. Некоторые клетки пищевода отмирают у человека через несколько дней после появления, а срок жизни нервных клеток может совпадать с продолжительностью жизни человека. Жизненный цикл клетки завершается или делением и продолжением жизни, но уже в обновленном виде, или гибелью. Размеры клеток колеблются от одной тысячной сантиметра до 10 см, что правда встречается очень редко. Клетки образуют ткани (нервная, мышечная), а несколько типов тканей – органы (сердце, легкие). **Группы органов, связанные с решением каких-либо общих задач, называют системами организма.** В человеческом организме, например, насчитывается приблизительно 10^{14} клеток, и все они гармонично связаны в единое целое. **Форма клеток очень разнообразна.** Клетки животных, например, могут быть округлыми (клетки печени), шиповидными (клетки костей), плоскими (поверхности кожи) или сильно вытянутыми, например, нервные клетки, длинные отростки которых проникают из одной части тела в другую. Эти морфологические различия отражают различия функциональные.

Клетка имеет сложную структуру. Она обособляется от внешней среды оболочкой, которая, будучи неплотной и рыхлой, обеспечивает взаимодействие клетки с внешним миром, обмен с ним веществом, энергией, информацией. Обмен веществ, обеспечиваемый клетками, важнейшее свойство всего живого. Это свойство в биологии называют **метаболизмом клеток.** Метаболизм, в свою очередь, служит основой для другого важнейшего свойства клетки – сохранение стабильности, устойчивости условий внутренней среды клетки. Это свойство клеток, присущее всему живому, называется **гомеостазом. Гомеостаз, то есть постоянство состава клеток, поддерживается обменом веществ, или метаболизмом. Обмен вещества – это сложный, многоступенчатый процесс, включающий доставку в клетку исходных продуктов, получение белков, выделение из клетки в окружающую среду выработанных полезных продуктов, энергии и «вредных отходов производства».**

Исчерпывающий ответ на вопрос о том, кто же обеспечивает управление всем этим сложным многоступенчатым процессом, до сих пор не найден. Общепризнанно, что все нити управления внутриклеточным обменом находятся в особых структурах ядра клетки, в очень длинных цепях молекул нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), исходной структурной единицей которых является ген. Это своего рода кибернитическое устройство, содержащее инструкцию, информацию, коды, определяющие характер всей деятельности клетки как по обмену веществ, так и по самовоспроизведению. Именно гены

обеспечивают важнейшие метаболические и наследственные функции клетки, как и всего организма в целом.

Открытие в XX в. структуры и функционирования генетического аппарата клетки в развитии биологии сыграло такую же роль, как и открытие атомного ядра в физике. Если открытие ядра позволило человеку овладеть практически неисчерпаемыми запасами энергии, то открытие генов дало возможность людям вмешиваться в свойства живой клетки, управлять механизмами наследственности, практически решать задачи клонирования живых организмов.

10.3.2. Строение клеток

Клетки делятся на прокариотные и эукориотные. Прокариотные и эукариотные клетки различны по многим параметрам (структуре мембранных систем, степени внутренней дифференциации, характеру организации и репликации генома, типу трофии и др.). Одно из самых ярких отличительных черт прокариотных клеток (к ним относятся бактерии, сине-зеленые водоросли) является отсутствие ядра. Генетическая информация этих клеток закодирована в свернутой цепочке ДНК или РНК, не окруженной мембраной. В отличие от прокариотных клеток, эукариотные имеют ядро, без которого клетка погибает. В ядре хранится генетическая информация, закодированная в генах, которая локализована в особых структурах, называемых **хромосомами**, в виде ДНК. Молекула ДНК очень плотно упакована (молекула ДНК Escherichia coli в 1000 раз длиннее клетки). Несмотря на всю простоту организации, эукариоты способны выполнять все свойственные прокариотам функции, включая обмен веществ.

Ядро клетки – плотная сфера находится во взвешенном состоянии в студенистом веществе **цитоплазме** (внеядерная часть протоплазмы). Эукариотная, как и прокариотная клетка окружена плазматической мембраной. **Мембрана** является зоной контакта между внутренним содержанием клетки и окружающей средой. Из ядра в протоплазму (содержимое клеток – белки, полисахара, липиды и др.) поступает непрерывный поток инструкций, касающихся создания специфических белков. Реализация инструкций, то есть синтез белка, происходит в округлых тельцах, называемых **рибосомами.** Белки, предназначенные к экспорту из клеток, вырабатываются в рибосомах, расположенных на шероховатой эндоплазматической сети. Она обеспечивает быстрый отток синтезированных белков наружу через плазматическую мембрану. Белки, рассчитанные на внутреннее употребление, создаются в рибосомах, свободно плавающих в цитоплазме.

Преобразование белков и их транспорт осуществляется с помощью другой мембранной структуры – **комплекса Гольджи.** По всей цитоплазме расселены похожие на колбаски образования – **митохондрии.** Они заполнены ферментными системами, предназначенными для расщепления жирных кислот (и других молекул) до CO_2 и H_2O с участием O_2. Поскольку именно

митохондрии производят всю внутриклеточную энергию, их называют «электростанции» клетки. Другими носителями ферментов являются лизосомы (сферические пузырьки). Содержащиеся в них ферменты ответственны за расщепление различных проникающих в клетку веществ, в том числе и вредных.

10.3.3. Гипотезы происхождения эукариотной клетки

Что же было прообразом существующих сейчас клеток? Вопрос о структуре и функциях первичной клетки – один из первых вопросов, исследуемых на онтогенетическом уровне. Существует несколько гипотез, которые рассматривают различные пути формирования эукариотной клетки, но все они предполагают, что безъядерная прокариотная клетка исторически является предшественницей вполне развитой имеющей ядро эукариотной клетки, впервые появившейся около 3 млрд. лет назад.

Так **аутогенная** (autos – сам, genesis – происхождение) гипотеза построена на идее постепенного усложнения и дифференциации первоначальной гомогенной или слабо дифференцированной прокариотной клетки. Эта гипотеза соответствует дарвиновской концепции прогрессивного морфофункционального усложнения. Гипотеза **симбиогенеза** построена на идее симбиоза или ассоциации когда-то самостоятельно живущих прокариотных организмов, внедрившихся в клетку хозяина и закрепившихся в ней. Гипотеза была сформулирована в связи с тем, что у прокариотной клетки и у органелл эукариотной клетки – у пластид и митохондрий, были обнаружены подобные морфо-цитологические и молекулярно-генетические черты. Однако между ними были найдены и различия. Суть третьей гипотезы заключается в том, что прокариоты не имеют оформленного ядра и компартментов из-за мутаций в процессе размножения. Гипотеза пока не имеет большого числа сторонников. Ни одна из этих гипотез не способна раскрыть все аспекты проблемы становления эукариотной клетки.

В последние годы появилась новая точка зрения на происхождение различного типа клеток. Полагают, что первичной клетке (архиклетке) должны быть присущи черты современного одноклеточного организма, то есть она нисколько не должна была быть проще или примитивнее, чем современная бактерия – эта сложнейшая в функционально-биологическом отношении система, устойчивая во времени и в пространстве.

Использование современных методов физико-химического анализа, позволившее проследить нуклеотидную последовательность РНК и ДНК многих организмов, в 70-х годах XX столетия привело к выявлению нового типа организации на клеточно-организменном уровне в виде **архибактерий.** Будучи прокариотами по типу организации генетического аппарата, они отличаются от истинных прокариот, например, по химическому составу клеточной стенки, структуре мембранной системы, и в то же время они обладают рядом признаков, сближающих их с эукариотами. Будучи бактериями и

имея прокариотную организацию своей клетки, они имеют смешанный (между эукариотами и прокариотами) тип генетического и белоксинтезирующего аппарата, а так же особый **молекулярно-биохимический фенотип.** Сравнительный анализ бактерий (эубактерий), архибактерий и эукариот утвердил гипотезу о том, что клеточный предок имел структурно-функциональную организацию, несущую в себе черты эукариотной клетки. Поэтому образ архиклетки или первичного организма может описываться как некая прото-эукариотная система, дальнейшая эволюция которой шла как по линии утраты (в случае прокариотной клетки), так и приобретения (эукариотная клетка) отдельных структур и функций.

От архиклетки одновременно в двух направлениях, а не последовательно, началось развитие того разнообразия живого мира, которое нам известно сегодня. **Путь филогенеза не последовательно-иерархический, а одновременно-комбинативный путь развития.** Организмы не столько вытесняли друг друга, сколько взаимодействовали, составляя целостные экологические сообщества – структурную организацию живой материи.

Изменение биологического состояния, приведшее к пробуждению мысли, не просто соответствует критической точке, пройденной индивидом или даже видом. Будучи более обширным это изменение затрагивает саму жизнь в ее органической целостности, а, следовательно, знаменует собой трансформацию, затрагивающую состояние всей планеты.

10.4. Популяционно-биоценотический уровень

Популяции – совокупность индивидов одного вида, представляют собой надорганизменный уровень организации живых существ, сохраняющийся на протяжении жизни многих поколений. Он тесно связан с онтогенетическим и молекулярным уровнями, но качественно отличается от них тем, что выступает как целостная общность организмов. Совокупность популяций различных организмов, например, растений, животных, микроорганизмов, объединенных единым ареалом проживания, определенными отношениями между собой и приспособленностью друг к другу, составляют биогеоциноз.

Согласно современным представлениям **популяции**, а не особь или вид, **служат элементарными единицами эволюции, так как в популяции особи непрерывно взаимодействуют друг с другом, благодаря чему оказываются способными к трансформации, изменению своего ареала и, самое главное, к развитию.** Именно в популяции происходит обмен генетическим материалом, процессы естественного отбора, случайного и свободного скрещивания. Эволюционные изменения в популяции (изменения генотипа) обеспечивают процесс **мутации,** возникающий естественным путем или вызванный искусственным воздействием. При этом важны лишь случайные неопределенные (по Дарвину) мутации, которые становятся необходимыми в том случае, когда оказываются полезными для организма, помогая

ему выжить в борьбе за существование. Закрепляясь и повторяясь в ряде поколений такие случайные изменения вызывают перестройку в структуре живых организмов и их популяций и таким образом приводят к возникновению новых видов.

Средством регулирования наследственной изменчивости, основным фактором, направляющим эволюционные изменения, оказывается *естественный отбор*. Он формирует у живых организмов оптимальные способности к выживанию и самовоспроизведению. Результаты естественного отбора проявляются в ходе смены многих поколений. Объектом отбора являются отдельные виды живого. Особь, прошедшая отбор, тем самым вносит свой вклад в генофонд популяции. Отбору подвергаются все признаки, свойства живого. Он действует на всех стадиях развития особи и имеет четкую направленность – повышение способности к выживанию, к оставлению потомства.

Вторым важным фактором эволюции служат **популяционные волны** («волны жизни»), то есть резкие колебания численности особей из-за различных природных изменений (засуха, похолодание, урожай и т.п.), которые могут резко менять число редко встречающихся мутаций, создавая те или иные предпосылки для эволюционных изменений. Они определяют количественные флуктуации или отклонения от среднего значения численности организмов в популяции, а также области (ареал) ее расположения. Наиболее необходимым для эволюции и возникновения новых видов оказываются популяции средних размеров, в которых постоянно происходит изменение численности особей.

Третьим основным фактором эволюции признается **обособленность группы организмов. Обособление и изоляция** определенной группы организмов необходимы для того, чтобы она не могла скрещиваться с другими видами и тем самым передавать и получать новую генетическую информацию. Изоляция в природе осуществляется за счет географических границ (болото, горы и др.), экологических условий (разные ниши обитания), различные периоды спаривания и др. Она выполняет роль мощного ускорителя эволюции.

Перечисленные факторы эволюции являются необходимыми ее предпосылками, но ее движущая сила заключается в естественном отборе, который является результатом взаимодействия популяций и окружающей их среды. Таким образом, популяции составляют элементарные объекты для отбора, а среда ограничивает возможности такого отбора. Возможность размножения является чрезвычайно высокой (характеризуется геометрической прогрессией), а пищевые, территориальные, географические, климатические и экологические возможности среды весьма ограничены. Борьба этих противоположностей составляет внутреннее противоречивое содержание процесса эволюции. Следствием этого противоречия является «борьба за существование» живых организмов. Нередко основную движущую силу эволюции – естественный отбор – характеризуют как процесс выживания наиболее при-

способленных организмов. Эволюцию же рассматривают как направленный процесс исторического изменения живых организмов.

Эволюционные факторы действуют как на популяционном и видовом уровне (микроэволюция), так и на надвидовом уровне (макроэволюция). **Микроэволюция характеризуется совокупностью эволюционных изменений, происходящих в генофондах популяций за сравнительно небольшой период времени и приводящих к образованию новых видов. Макроэволюция связана с эволюционными преобразованиями за длительный исторический период времени, которые приводят к возникновению надвидовых форм организации живого.** Современная картина живого является результатом все еще миллионы лет продолжающейся микро- и макроэволюции. Эта идеология эволюционной теории, созданная Ч. Дарвином, и обоснованная современным естествознанием, легла в основу **синтетической теории эволюции,** которая сформировалась к середине XX века. Эта теория имеет не только сторонников, но и противников, которые выдвигают два главных аргумента против теории эволюции:

- ☑ невозможность с позиций этой теории объяснить достоверные факты отсутствия переходных ступеней от одного биологического вида к другому;
- ☑ безрезультативность попыток создать новые виды растений и животных; практике удается лишь преобразовать уже имеющиеся виды.

Доказательство своей правоты эволюционная теория находит в рамках новой биологической науки генетики.

10.4.1. Генетика и эволюционное учение

Генетика – это наука о наследственности организмов, способах передачи признаков от родителей к детям, о механизмах индивидуальной изменчивости организмов и способах управления ею.

Законы наследственности были открыты австрийским священнослужителем **Грегором Менделем (1822-1884 гг.).** Изучение изменения казалось бы незначительных признаков таких, как окраска цветов гороха, от формы семян со строгим количественным учетом гибридных растений в ряду последовательных поколений дало ему возможность выявить ряд статистических закономерностей, получивших в последствии название законы Менделя, которые он изложил в книге «Опыты над растительными гибридами», опубликованной в 1866 г. Однако книга не получила широкой известности, и лишь после того, как три биолога независимо друг от друга Гуго де Фриз в Голландии, Карл Корренс в Германии, Эрих Чермак в Австрии вновь открыли подобные закономерности распределения признаков в потомстве, открытие Менделя было признано. 1900 год считается годом официального рождения генетики.

Заслугой Менделя является открытие трех фундаментальных закономерностей: дискретного (прерывистого) характера наследственности, относительного постоянства наследственной единицы – гена, а также его аллель-

ное состояние (доминантность и рецессивность). Законы Менделя получили полное объяснение и подтверждение хромосомной теорией, авторами которой были немецкий биолог **А. Вейсман (1834-1914 гг.)** и американский биолог **Томас Морган (1866-1945 гг.).** Моргану в 1928 г было присвоено звание члена-корреспондента Российской АН, а в 1932 г. – почетного члена АН СССР.

В качестве объекта исследования Морган выбрал плодовую мушку-дрозофилу. Удобство ее как объекта связано с высокой плодовитостью (300 яиц за один цикл размножения) и коротким циклом развития 10 дней при t – 25°С. Она за год дает 36 поколений. Следя за развитием потомства дрозофилы, Морган выявил, что факторы наследственности представляют собой участки хромосом. В 1911 году Морган сформулировал хромосомную теорию наследственности, которая признает, что хромосомы – это самовоспроизводящиеся структурные элементы ядра клетки, содержащие ДНК, в них и заключена наследственная информация организма в виде линейно расположенного гена. Ген, представляющий собой внутриклеточную молекулярную структуру – участок цепочки ДНК, является центральным понятием в генетике. Более поздние работы показали, что генетическую информацию несут не только хромосомы ядра, но и компоненты цитоплазмы. Именно ген определяет возможность развития одного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы. **Совокупность всех генов одного организма называют *генотипом,* а совокупность всех признаков организма называют *фенотипом.*** Фенотип представляет собой результат взаимодействия генотипа и окружающей среды.

С точки зрения химии хромосомы состоят из белка и ДНК. Белки – это сложная группа веществ, состоящих из 20 мономерных звеньев (аминокислот), которые соединены в различных комбинациях. Структурный анализ молекулы ДНК, проведенный в начале 50-х годов американским биохимиком Д. Уотсоном (р. 1928) и английским биофизиком Ф. Криком (р. 1916), показали, что ДНК представляет собой двойную спираль, связанную посредством двух комплементарных пар (тимин-аденин и цитозин-гуанин) нуклеотидных оснований. Число этих пар, например, у человека грандиозно. Одни исследователи насчитывают их 3 млрд., другие – больше 3,5 млрд. ДНК является хранительницей генетической информации, которая заложена в последовательности оснований вдоль цепи ДНК. РНК же способна считывать хранимую в ДНК информацию, переносить ее в среду, содержащую необходимые для синтеза белка исходные материалы, и строить из них нужные белковые молекулы.

Крупнейшее открытие современной генетики связано с установлением способности генов к перестройке, изменению. Эта способность называется **мутированием.** Благодаря большому числу возможных сочетаний двух пар нуклеотидных оснований может возникнуть бесконечное множество наследственных изменений, обеспечивающих эволюцию и разнообразие органического мира. Таким образом, наследственность обеспечивает преемственность

живого на Земле, а изменчивость – многообразие форм жизни. Они связаны неразрывно.

Мутации для организма бывают полезными, вредными или нейтральными. Мутации возникают случайно, хотя и не беспричинно. Они могут вызываться некоторыми общими условиями, в которых находится организм, например, питанием, температурным режимом, а также экстремальными факторами – радиоактивным излучением, химическими веществами (разнообразные токсичные соединения) и т.п. Благодаря постоянному мутационному процессу возникают различные варианты генов, составляющие резерв наследственной изменчивости. Положительные мутации, способствующие появлению более приспособленных к окружающей среде организмов, приводят к положительной естественной эволюции видов растений и животных. Однако, в настоящее время, в связи с загрязнением окружающей среды, повышенным фоном радиации, резко возрастает число вредных мутаций. Это приводит к появлению наследственной предрасположенности к таким серьезным заболеваниям как к раку, туберкулезу, дефектам нервной системы и т.д. Одним из наиболее опасных видов мутагенов являются вирусы. Это мельчайшие из живых существ, обладающие удивительной способностью приспосабливаться к окружающей среде тем, что они сами не способны синтезировать белок, но проникая в живую клетку, встраиваются в ее биосинтез и используют органические вещества и энергию клетки в своих целях. У человека вирусы вызывают многие серьезные заболевания, в том числе, гепатит, грипп, СПИД (синдром приобретенного иммунитета) и др.

Благодаря разумному вмешательству человека в конструкцию ДНК, то есть с помощью генной инженерии, удалось получить с улучшенными качествами десятки видов животных и растений; получить новые лекарственные препараты – интерферон, инсулин, гормон роста и др. Достижения современной генной инженерии способствуют преодолению наследственных болезней человека, которые до недавнего времени были практически не излечимы. Активно используются методы генетического контроля над рождаемостью, воздействия на мозг новорожденных, создаются «банки» генетически ценных материалов и т.д., то есть создаются реальные возможности для активного вмешательства в биологические процессы на генетическом уровне. Следовательно, с одной стороны, открывается невиданные ранее возможности для реализации позитивных направлений евгеники. С другой стороны, научное сообщество обеспокоено: если генетика может обеспечить клонирование живых организмов (метод генной инженерии позволил человеку искусственным путем вырастить живой организм – ягненка по имени Долли), включая человека, то не приведет ли это к отрицательным последствиям, то есть к манипулированию личностью на генетическом уровне, исторически сложившегося генотипа? Нужно ли доводить уровень использования генной инженерии до такой степени – создания себе подобных искусственным путем – это вопрос века, вопрос **биоэтики.** Жизнь – высшая степень проявления упорядоченности в природе, высшая категория этических

ценностей – и это требует учитывать этические нормы как в науке, так и на практике. Биоэтика является важным элементом «кодекса поведения», регулирующего соотношение свободы научного творчества ученого и определенных этических ограничений в области генетических исследований человека.

Развитие генетики связано с великими именами наших соотечественников **Николая Ивановича Вавилова (1987-1943 гг.), Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского (1925-1980 гг.)** и его школы, **Николая Петровича Дубинина (1906-1975 гг.), Андрея Николаевича Белозерского (1905-1972 гг.)** и его школы.

Н.И. Вавилов – первый президент Академии сельскохозяйственных наук (ВАСХНИЛ), основоположник современного учения о биологических основах селекции – на основе изучения мутаций растений установил законы их наследственности и изменчивости. Он обосновал идею о том, что важнейшим условием успешного создания новых сортов является использование для селекции разнообразного исходного материала. В поисках неизвестных видов растений он исколесил весь мир, собрал уникальную коллекцию, включающую тысячи образцов семян. Эта коллекция и по сей день служит основой селекционных работ. В 1942 г. Н.И. Вавилов был репрессирован и погиб в застенках тюрьмы.

Н.В. Тимофеев-Ресовскй – ученый с мировым именем, считается основоположником радиационной генетики и молекулярной биологии. Он долгое время работал в Германии, общался с Морганом. В период отечественной войны активно участвовал в антифашистском движении, помогая побегу наших пленных, спасая их жизни. Гитлеровцы побоялись арестовать Н.В. Тимофеева-Ресовского, настолько был высок его авторитет как ученого. В 1945 году он вернулся на родину и был репрессирован. Однако ему была предоставлена возможность работать в режимных условиях. И он работал, создав свою знаменитую школу последователей – генетиков.

Н.П. Дубинин вошел в историю генетики как первооткрыватель сложного строения генов, их роли в эволюции живых существ, как крупнейший специалист в области радиационной генетики. С большим трудом в Москве в МГУ в сороковых годах работала школа А. Н. Белозерского, которая занималась изучением структурных особенностей нуклеиновых кислот и связывала их со специфическими генетическими особенностями клетки.

В нашей стране генетика прошла очень трудный путь становления. В 20-х годах XX столетия это направление имело мировой уровень развития, но уже в начале тридцатых годов началось преследование генетиков, пытались уничтожить на корню зарождающуюся науку, считая ее лженаукой, которая способна принести огромный вред человечеству. В 1948 году на очередной сессии ВАСХНИЛ направление генетики официально было признано опасным и запрещенным к разработке. Вплоть до 50-х гг., когда наблюдалось засилие «лысенковщины» и проводилась кампания против «вейсманизма и морганизма», развитие национальной генетической школы было прак-

тически остановлено. Эту борьбу против генетики и генетиков возглавил агроном Т.Д. Лысенко (1898-1976), получивший звание академика, ставший вместо Н.И. Вавилова президентом ВАСХНИЛ. Сам Т.Д. Лысенко работал в области агробиологии. Свои научные позиции строил на учении Ивана Владимировича Мичурина (1855-1935), который разработал методы селекции плодово-ягодных растений, главным образом метод отдаленной гибридизации (подбор родительских пар, преодоление нескрещиваемости и др.), положил начало продвижению на север многих южных культур. Однако Лысенко в своем учении выдвинул ряд ложных гипотез (например, превращение озимой пшеницы в яровую с помощью изменения условий внешней среды), которые не подтвердились экспериментально. Этот тяжелейший период в жизни российской науки прекрасно описан в романах В. Дудинцева «Белые одежды» и Д. Гранина «Зубр». В 60-х годах Лысенко бесславно покинул пост президента. И только тогда, с конца 60-х годов, израненная наука начинает набирать силу.

Развивающаяся генетика постепенно начинает использовать для анализа различных уровней организации и проявления свойств наследственности знания химии, физики и математики. На стыке наук возникают новые области генетики: биохимическая генетика, физиологическая генетика, радиационная генетика, математическая генетика. Комплексному генетическому анализу подвергались биологические объекты всех организованных структур – вирусы, микроорганизмы, растения, животные и человек. Исследования показал, что развитие живых организмов всех уровней программируется действием генов. Именно генетическая программа, формирующаяся в результате объединения генов родителей, передается новому организму.

Итак, следует констатировать, что биологические науки изучают жизнь на молекулярном, клеточном, органно-тканевом или организменном уровнях. Однако, организм не является высшей формой организации живого, так как любой вид животного или растения утверждает себя во внешней среде (приспосабливается к ней) не как сумма отдельных особей, а как единое функциональное целое – популяция. Иными словами, если для других наук индивидуум является наикрупнейшей единицей, то для экологии – науки о взаимоотношениях и взаимодействии между различными живыми объектами и окружающей средой – он мельчайшая единица. По мнению академика С.С. Шварца, для живых организмов существует лишь один путь освоения арены жизни – интеграция особей в надорганизменные макросистемы.

На рис. 10.1. приведена всеобщая иерархия биосистем и положение базовых наук, изучающих различные уровни их организации (по В.А. Радневичу, 1998).

Во второй половине XX в., благодаря открытию структуры ДНК, появилась возможность изучения свойств и проявления жизни на молекулярном уровне, что стало задачей новой науки – молекулярной биологии. В области молекулярной биологии были получены очень интересные и важные результаты: была расшифрована аминокислотная последовательность ряда

белков, осуществлен синтез важнейших ферментов, заложены основы генной инженерии и др.

Сегодня достижения генетики и молекулярной биологии позволяют эволюционные процессы животного и растительного мира (макроэволюция) изучить на молекулярно-генетическом уровне (микроэволюция) – изучить самое замечательное свойств живых клеток – воспроизводить себе подобных с почти идеальной точностью уже на протяжении сотен и тысяч поколений.

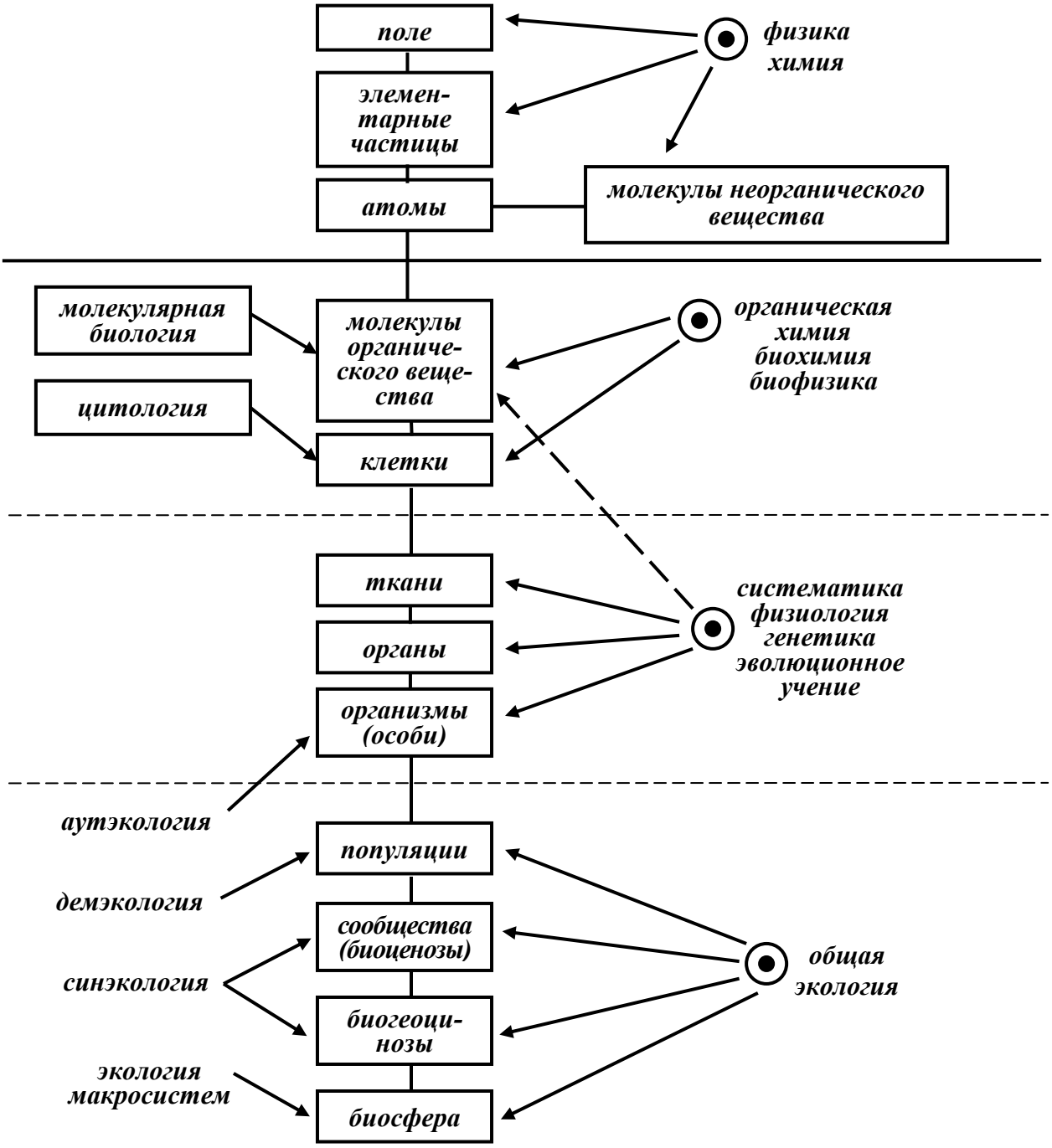


Рис. 10.1.
Иерархия биосистем и положение базовых наук

Контрольные вопросы

1. Что изучает наука биология?
2. Какие выделяют основные этапы в развитии биологии?
3. В чем заключается специфика живого на Земле? Приведите основные признаки живого.
4. Опишите предмет исследования традиционной биологии.
5. Каковы основные положения теории Ч. Дарвина? Подтверждается ли эта теория в наше время?
6. В чем суть теории катастроф?
7. Перечислите и обозначьте взаимосвязи структурных уровней организации материи.
8. Какие вопросы затрагивает молекулярно-генетический уровень?
9. Какие теории возникновения жизни Вы знаете?
10. О чем говорит теория Опарина?
11. Раскройте содержание гипотезы голобиоза и генобиоза.
12. Что изучает онтогенетический уровень?
13. Что такое клетка, какова ее функция и организация.
14. Каковы точки зрения на происхождение эукариотной клетки:
15. Почему популяцию стали считать элементарным звеном эволюции?
16. Перечислите эволюционные факторы популяций.
17. Что изучает наука генетика?
18. Что такое хромосома? Как передается наследственность?
19. Почему мутации бывают вредными и полезными?

Темы для рефератов

1. Теория биохимической эволюции о развитии жизни на Земле.
2. Современные концепции происхождения жизни: гипотезы голобиоза и генобиоза, их сущность и различие.
3. Что есть жизнь.
4. Значение теории Дарвина в становлении эволюционной биологии.
5. Генная инженерия, ее возможности и перспективы.

Глава 11. Основы учения о биосфере Биосфера как планетарная организация жизни

Понятие «Биосфера» вошло в науку в 1875 году, когда австрийский геолог Эдуард Зюсс, говоря о различных оболочках земного шара, впервые употребил этот термин в своей книге о происхождении Альп. Однако, представление о биосфере он не развил и определение новому термину не дал. Это сделал спустя 50 лет русский учёный-геохимик академик **Владимир Иванович Вернадский (1863-1945 гг.)** в книге «Биосфера», где излагались основы учения о биосфере. В отличие от предшественников он не ограничивал понятие биосферы только «живым веществом». В биосферу он включал и все продукты жизнедеятельности, выработанные за время существования жизни. По определению Вернадского **биосфера – это общепланетарная оболочка – та область Земли, где существует или существовала жизнь, которая подвергалась или подвергается ее воздействию. Верхний предел биосферы ограничен сильнейшим солнечным и космическим излучением, поражающим все живое; нижний предел – высокими температурами недр Земли.** Структурными единицами биосферы являются **биогеоценозы**, основным же компонентом – **живое вещество.** Вернадский первым сказал, что жизнь – это космическое явление, и начал исследовать ее влияние на развитие планеты.

Следовательно, живой организм является неотъемлемой частью земной коры и изменяющим ее агентом, а живое вещество – это совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах (геологическая функция живого вещества). Организмы берут из окружающей среды химические элементы, строящие их тела, и возвращают их после смерти и в процессе жизни в ту же самую среду. Тем самым и жизнь, и косное вещество находятся в непрерывном, тесном взаимодействии, в круговороте химических элементов. При этом живое вещество служит основным системообразующим фактором и связывает биосферу в единое целое.

11.1. Формирование и эволюция биосферы

Согласно точке зрения В.И. Вернадского, который был сторонником вечности жизни и объединял материю и жизнь в единое неразрывное целое, жизнь возникла вместе с планетой. Он опирался на принцип Реди: «все живое от живого» и доказательство тому видел в работах Пастера и Кюри, посвященных особенностям молекулярного строения органического вещества, а именно, свидетельствовавших что живое вещество обладает стабильным свойством оптической диссимметрии. За счет этого живое вещество является фильтром, способным отделять правовращающие молекулы от левовращающих. Благодаря концентрации молекул одинаковой симметрии живое веще-

ство, в отличие от неживого, способно поляризовать световые лучи. Основываясь на этом В.И. Вернадский считал, что на Земле нет условий, которые могли бы обеспечить возникновение жизни не биогенным путем из косного вещества, то есть нет условий для абиогенеза. По его мнению, первобытная биосфера уже была представлена богатым функциональным разнообразием биоценозов, которые были главной действующей силой геохимических преобразований. Сегодня, со временем, несмотря на морфологические изменения составляющих особей биоценозов, их химические функции не изменились. Живые организмы своей деятельностью (дыхание, питание, метаболизм и т.д.) порождают одно из грандиозных планетных явлений миграцию химических элементов в биосфере. Эти циклы происходили раньше, происходят и сейчас. Все функции живого вещества (энергетическая, концентрационная, деструктивная, средообразующая, транспортная) в биосфере и в настоящее время могут быть исполнены как простейшими организмами, например, одноклеточными, так же и самыми высокоорганизованными.

Со временем, под влиянием успехов в абиогенном синтезе органических веществ, В.И. Вернадский склонялся к признанию абиогенеза, но не одного какого-либо вида, а сразу комплекса организмов разных геохимических функций и в условиях предшествующих геологическому времени. Он считал несомненным существование биосферы в течение 2 млрд. лет, но была ли она раньше – он сомневался. Сегодня возраст биосферы оценивается приблизительно в 4 млрд. лет. За последние полвека накоплено много данных, расширяющих наши познания о появлении жизни на Земле. С одной стороны, показана возможность получения абиогенным путем (синтезом) природных веществ, обладающих, диссиметрией, что стирает грань между живым веществом и его абиогенными аналогами, доказано отсутствие жизни на Марсе и Венере. Результаты этих исследований приводят к заключению о том, что земная жизнь не привнесена на Землю с ближайших планет. С другой стороны, результаты изучения космической материи, состоящей из право- и левовращающих молекул, обнаружение на поверхности льда в Антарктиде большого количества метеоритов, в которых присутствуют различные аминокислоты, нуклеотиды, не способные образовываться во льдах Антарктида, дают основание предполагать, что абиогенные органические вещества существуют и в далеких космических просторах. Таким образом, если не живое вещество, то его «матрица» в виде абиогенного органического вещества существует в космосе и может переноситься на звездные расстояния. Поэтому идею В.И. Вернадского о «вечности» жизни в современном представлении можно сформулировать так: **жизнь – это этап эволюции материи, возможность, присущая всем пространствам и временам.**

Сегодня развитие биосферы представляют как чередование этапов эволюции, прерываемых скачкообразными переходами в качественно новые состояния.

Первичная (восстановительная) биосфера ограничивалась водной средой мирового океана. На первом этапе ее развития, благодаря каталити-

ческим и радиохимическим реакциям синтеза сложных органических соединений, сформировались анаэробные микроорганизмы – прокариоты, живущие при отсутствии кислорода, физиологические процессы которых основывались не на кислородном окислении, а на брожении. Источником энергии для них была повышенная радиоактивность земного вещества. Это были гетеротрофные организмы, пищей для которых служили ранее накопленные органические соединения, растворенные в водах мирового океана. Длительность существования этой биосферы в геологических масштабах была невелика, так как первичные гетеротрофные организмы, обладая свойствами живого вещества, быстро размножались и быстро исчерпали свою питательную базу. Поэтому, достигнув максимальной биомассы, они должны были вымереть или перейти к автотрофному фотосинтетическому способу питания. Этот новый способ питания благоприятствовал быстрому расселению организмов у поверхности первичных водоемов. Но первичная поверхность Земли, лишенная свободного кислорода, подвергалась ультрафиолетовому излучению Солнца. Поэтому, возможно, первичные фотохимические организмы использовали радиацию ультрафиолетовой области спектра. Только после возникновения озонового экрана, в связи с появлением свободного кислорода как побочного продукта фотосинтеза, автотрофный фотосинтез начал использовать излучение видимой части солнечного спектра. Фотоавтотрофные организмы вытеснили первичных гетеротрофов, создав свободный кислород, который оказался для них смертельным ядом. Фотосинтез стал главным результатом второго (слабоокислительного) этапа эволюции биосферы.

Зародившаяся жизнь долгое время развивалась в такой атмосфере, медленно насыщая ее кислородом за счет процессов фотосинтеза. Когда было достигнуто содержание кислорода 0,001 % от современного уровня (22 %), в составе биосферы (пока только в океане) появились первые эукариоты. Их жизнедеятельность была основана уже на кислородном дыхании. Начинается **окислительный этап эволюции биосферы.** Полагают, что это случилось 1,2 млрд. лет назад. Критерием же перехода атмосферы от восстановительной к окислительной считается достижение в ней концентрации свободного кислорода на уровне 0,01 % от современного значения. Это так называемая «точка Пастера», когда микроорганизмы получают возможность полностью перейти от процессов брожения к процессам дыхания. По современным данным атмосфера Земли перешагнула этот рубеж примерно 2,55 млрд. лет назад. Около 400 миллионов лет назад, когда концентрация свободного кислорода достигла 10 % от современной, возник озоновый экран, предохраняющий живое вещество от жесткого излучения, и жизнь вышла на сушу. Как только это случилось, резко возросла интенсивность реакций фотосинтеза, а следовательно, и поступление кислорода в атмосферу. Поэтому всего за двести миллионов лет, за период, практически мгновенный в геологическом масштабе, как отмечал В.И. Вернадский, насыщенность атмосферы Земли кислородом достигла современного уровня. Тогда и произошел настоящий биологический взрыв: в океане появились не только новые

многоклеточные эукариоты, но и практически все типы животных; на суше появилась первая растительность – папоротники и хвощи; далее возникли леса хвойных и цветковых растений; развитие наземной растительности и образование почв создало предпосылки для выхода на поверхность континента животных.

В процессе формирования биосферы, примерно 1 млрд. лет назад, произошло разделение живых существ на два царства: растений и животных (современная биология весь органический мир делит на четыре царства: растений, животных, грибов и дробянок, в последнее включают прокариоты – бактерии и сине-зеленые водоросли). По мнению большинства биологов, различие между ними определяется по совокупности трех основных признаков:

- по структуре клеток и их способности к росту,
- по способу питания,
- по способности к движению.

Всё же в природе не существует четкой границы между царствами. Есть переходные типы, которые обладают свойствами и той, и другой группы. Например, кораллы, морская губка, которые по многим признакам являются животными, всю жизнь остаются неподвижными, как растения; известны насекомоядные растения, которые по способу питания относятся к животным; существуют переходные типы организмов, которые питаются как растения, а двигаются как животные. В настоящее время на Земле существует 500 тыс. видов растений и 1,5 млн. видов животных.

Вершиной направленного развития биосферы стало появление в ней человека. Считают, что вид Homo sapiens появился в результате эволюции органического мира на рубеже 1,8 млрд. лет назад. Таких стремительных темпов усложнения высших животных, вследствие которых появился человек согласно этой теории, биосфера больше не знает.

Наряду с общим развитием человеческого рода, происходит рост численности населения. По некоторым приближенным оценкам, за последние 1700 тыс. лет численность людей на нашей планете составляла от 60 до 100 млрд. Таким образом, современное население Земли – всего 6 % от числа живших на Земле людей. С появлением человека период геолого-биологической эволюции биосферы сменился периодом социальной эволюции. Именно в этот период появления и развития человека, произошли самые крупные изменения в биосфере Земли, – переход биосферы в ноосферу – новую оболочку Земли, область сознательной деятельности человечества.

В истории биосферы хоть и наблюдались периоды временной остановки прогрессивного развития, но никогда не наблюдалось поворота развития вспять. В результате эволюции биосферы образовывались все более сложные и упорядоченные формы живого вещества: от простейших клеток прокариотов к более сложным эукариотным, к объединению эукариотных клеток с образованием многоклеточных организмов и их дефференциации в организмах, появлялись организмы с твердым скелетом и формировались высшие животные, возникала у них нервная система и мозг, формировался разум, и

наконец, произошло образование социальной общности людей – носителей разума.

11.2. Функционирование биосферы: трофические связи и круговорот веществ в биогеоценозах

Под биосферой понимают совокупность всех живых организмов (биотический компонент) вместе со средой их обитания (абиотический компонент). Среда обитания, в которой встречается жизнь, включает часть атмосферы до высоты 25-30 км (до озонового слоя), практически всю гидросферу и верхнюю часть литосферы, примерно до глубины 3 км. В гидросфере (океаны и моря) зона, богатая живыми организмами, занимает слой воды до 200 м, но некоторые организмы в глубоководных океанских впадинах обнаружены и на глубине 11 км. «Пленка жизни» на Земле дочтаточно тонкая и достигает всего лишь около 40 км. Единство и взаимодействие **абиотической части биосферы – воздуха, воды и горных пород и органического вещества – биоты** в различных природных условиях принимает вид относительно независимых комплексов – **биогеоценозов** (или экосистем). Живая часть биогеоценозов – **биоценоз** – состоит из популяций организмов разных видов.

В настоящее время считают, что биосфера создавалась не на базе дивергентной (расхождение) эволюции входящих в нее организмов, а путем появления новых и усложнения уже имевшихся трофических (пищевых) связей между организмами всегда существовавшими не отдельно, а в составе сообщества. Главными факторами становления и функционирования биосферы были и остаются энергетический обмен и многосторонние трофические связи, установившиеся 3,4-3,5 млрд. лет тому назад и определившие характер и масштабы круговорота элементов в оболочках Земли.

Функционирование экосистем осуществляется за счет трех источников:

- сообщества;
- потока энергии;
- круговорота веществ.

11.2.1. Целостность биосферы как глобальной экосистемы

Биогеоценоз (экосистема) это целостная система. Ее живой компонент **сообщество – это совокупность взаимодействующих популяций, занимающих определенную территорию.** Структура сообщества создается постепенно в течение определенного времени. Например, заселение организмами обнаженной горной породы на недавно образовавшемся вулканическом острове. Деревья и кустарники не могут расти на голой скальной породе, так как здесь нет необходимой для них почвы. Однако водоросли и лишайники, попадая на такие территории, заселяют их, образуя пионерные сообщества. Постепенное накопление отмерших и разлагающихся организмов

и эрозия горной породы в результате выветривания приводят к формированию слоя почвы, достаточного для того, чтобы здесь смогли поселиться более крупные растения, такие как мхи и папоротники. За этими растениями последуют далее более крупные и требовательные к питательным веществам формы – семенные растения, включая травы, кустарники и деревья. Такая смена одних видов другими за некоторый период времени называется **экологической сукцессией.** Экологическая сукцессия характерна не только в жизни растительных популяций, по такому же принципу формируются популяции микроорганизмов и животных. В результате длительной и глубокой адаптации составных компонентов сообщества создается взаимосвязанная, находящаяся в равновесии со средой, стойкая во времени, самовозобновляющаяся система, которую называют **климаксным сообществом.**

Климаксное сообщество неизменно содержит как простые, так и сложные компоненты, так как составляющие его высокоорганизованные организмы для своего существования нуждаются в более простых организмах. Биогеоценоз не может существовать только из бактерий или деревьев, или нельзя себе представить экосистему, населенную только позвоночными или млекопитающими. Таким образом, низшие организмы в экосистеме – это не случайный пережиток прошлых эпох, а необходимая составная часть биогеоценоза, целостной системы органического мира, основа его существования и развития, без которой не возможен обмен веществом и энергией между его компонентами.

Популяции в биогеоценозе действуют друг на друга не только по принципу прямой, но и обратной связи (в том числе посредством изменения ими абиотических условий). Например, расселение растительной популяции, как мы показали выше, зависит от состояния почв, но и создавшиеся уже климаксные сообщества способны локально изменять климат и формировать микроклимат. Выпадение одного или нескольких компонентов биогеоценоза может привести к разрушению его целостности, что часто ведет к необратимому нарушению равновесия и гибели биогеоценоза как системы. Так, если исчезает растительность, служившая питанием для животных, то и животным грозит вымирание от голода. Поэтому, естественно, что устойчивость биогеоценоза в целом пропорциональна многообразию его компонентов: чем многообразнее биогеоценоз, тем он, как правило, устойчивее во времени и пространстве. Например, биогеиоценозы, представленные тропическими лесами, гораздо более устойчивы биогеоценозов в зоне умеренного или арктического поясов, поскольку тропические биогеоценозы состоят из большего множества видов растений и животных. Или, если в сообществе имеется несколько видов растений, которые развиваются в одинаковом температурном интервале, то скорость фотосинтеза экосистемы в течение длительного времени будет оставаться почти неизменной даже при гибели некоторых из них.

Способность биологических систем (организм, популяция, экосистема) противостоять изменениям окружающей среды и сохранять равновесие называют **гомеостазом**. Наиболее устойчивы крупные экосистемы, а самая стабильная из них – биосфера. Саморегулирующий гомеостаз в них имеет кибернетическую природу (положительные и отрицательные обратные связи). Подобно тому, как гормоны гормональной системы связывают в единое целое части живого организма, так потоки физических и химических сигналов, образующие информационную сеть, связывают компоненты экосистем. Г. Одум назвал их «невидимыми проводами природы». В число управляющих механизмов на уровне экосистемы входят, например, такие субсистемы, как микробное население, регулирующее накопление и освобождение биогенных элементов. Субсистема «хищник – жертва» (волки – зайцы) также регулируют плотность популяций и хищника и жертвы. Действуют и многие другие механизмы. Таким образом, жизнь биогеоценоза регулируется силами, действующими внутри самой системы, то есть можно говорить о саморегуляции биогеоценоза. В то же время биогеоценоз представляет собой не замкнутую систему, имеющую каналы вещества и энергии, связывающие соседние биогеоценозы. Обмен веществ и энергией между биогеоценозами может осуществляться в разных формах: газообразной, жидкой и твердой, а также в форме миграции животных.

Гомеостатические механизмы функционируют в определенных пределах, при превышении которых неограничиваемые положительные обратные связи могут привести к гибели экосистемы. Так, повышение урожайности в сельском хозяйстве часто обеспечивают количеством вносимых удобрений. Если их вносить слишком много, то система гомеостаза выходит за предел действия отрицательной обратной связи, а в агроценозе начинаются необратимые разрушительные изменения.

Кроме того, при возрастании стресса система может оказаться неспособной возвратиться на прежний уровень, хотя и остается управляемой, поскольку для экосистем возможно не одно, а несколько состояний равновесия. Например, огромное количество CO_2, поступающего в атмосферу в результате деятельности человека, поглощается буферной карбонатной системой океана и автотрофами. Но по мере увеличения притока CO_2, буферная емкость биосферы может оказаться недостаточной, и в атмосфере установится новое равновесие между CO_2 и O_2. В этом случае даже очень небольшие изменения могут иметь далеко идущие последствия: должна будет происходить эволюционная подгонка, чтобы вновь появился надежный гомеостатический контроль.

Таким образом, абиотическими компонетами биогеоценозов являются атмосфера, солнечная энергия, вода, почва. Первичной биотической основой для сложения биогеоценозов служат автотрофы – зеленые растения и микроорганизмы, хемосинтетики, производящие органическое вещество, авто-

трофные растения и микроорганизмы представляют жизненную среду для гетеротрофов – животных, грибов, большинства бактерий и вирусов. Поэтому границы биогеоценозов чаще всего совпадают с границами растительных сообществ (фитоценозов). Но животные впоследствии начинают играть важную роль в жизни растений: они осуществляют опыление, распространение плодов, участвуют в круговороте веществ и т.д. Так складывается геобиоценотический комплекс, который может существовать веками. Наша биосфера является самым большим геобиоценозом, который существует уже 4 млрд. лет.

11.2.2. Энергия в экосистемах

Энергия – источник жизни, основа и средство управления всеми природными процессами. Жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии, хотя биосфера улавливает лишь небольшую ее часть. Ультрафиолетовая часть солнечного спектра, которая в энергетическом отношении составляет около 30 % всей солнечной энергии, доходящей до Земли, практически полностью задерживается атмосферой. Половина поступающей энергии превращается в тепло и затем излучается в космическое пространство, 20 % расходуется на испарение воды и образование облаков и только около 0,02 % используется биосферой.

Солнечная энергия – это единственный пищевой ресурс на Земле: автотрофы и, прежде всего, фотосинтетики (зеленые растения и сине-зеленые водоросли) с помощью хлорофилла фиксируют энергию солнечного света в продуктах фотосинтеза, выполняя роль космического очага энергии на Земле. Усваивая солнечную энергию, они преобразуют ее в энергию химической связи, запасая в форме углеводов. Ежегодно растения образуют до 100 млрд. т органического вещества и фиксируют до 10^{-10}кДж энергии солнечной радиации. При этом растения усваивают из атмосферы до 170 млрд. т углекислого газа и разлагают до 130 млрд. т воды, выделяя 115 млрд. т свободного кислорода. От этого процесса зависит все существование биосферы, поскольку фотосинтезирующие растения создают органическое вещество, которым питаются травоядные животные, ими же питаются плотоядные и т.д.

Животные, поедая растения, а хищники травоядных животных, освобождают для себя эту энергию, сжигая сахара и другие питательные вещества при помощи кислорода. Переработка пищи в организмах сопровождается выделением энергии, при этом часть ее запасается в форме химической энергии и используется для совершения работы. В отличие от простейших существ, у которых сжигание веществ может происходить в любой части организма, высшие животные обладают специальной системой, распределяющей по организму кислород и энергоносители. В легких кровь поглощает кислород и выделяет углекислый газ, в кишечнике она получает питательные вещества. Процессы переваривания пищи обеспечивают разложение сложных компонентов пищи на более простые, которые усваиваются кишечником и поступают в кровь, при этом высвобождается энергия. Конечные продукты обмена веществ (избыток солей, воды, чужеродные и токсичные соединения) поступают через почки в мочу и выводятся из организма. Энергия таким об-

разом передается от организма к организму, создающих пищевую или *трофическую* цепь: от автотрофов, продуцентов (создателей) к гетеротрофам, консументам (пожирателям).

Распределение и превращение энергии из одной формы в другую в экосистемах происходит согласно законам термодинамики. Пища, поглощаемая консументом, усваивается не полностью – от 12 до 20 % у некоторых растительноядных, до 75 % и более у плотоядных. Энергетические затраты связаны прежде всего с поддержанием метаболических процессов, которые называют тратой на дыхание, и оцениваются общим количеством углекислого газа, выделенного организмом. Значительно меньшая часть идет на образование тканей и некоторого запаса питательных веществ, то есть на рост. Остальная часть пищи выделяется в виде экскрементов. Кроме того, значительная часть энергии рассеивается в виде тепла при химических реакциях в организме, и особенно при активной мышечной работе. В конечном итоге вся энергия, использованная на метаболизм, превращается в тепловую и рассеивается в окружающей среде. Таким образом, большая часть энергии при переходе с одного трофического уровня на другой, более высокий, теряется. Приблизительные потери составляют около 90 %: на каждый следующий уровень передается не более 10% энергии от предыдущего уровня. Частичная потеря энергии в трофических цепях и при метаболизме требует постоянной подпитки биосферы солнечной энергией.

Таким образом, все разнообразие проявлений жизни сопровождается превращениями энергии, хотя энергия при этом не создается и не уничтожается (первый закон термодинамики). Сущность жизни состоит в непрерывной последовательности таких изменений как рост, самовоспроизведение и синтез сложных химических соединений. Без переноса энергии, сопровождающего все эти изменения, не было бы ни жизни, ни экологических систем. Наша цивилизация – лишь одно из замечательных явлений природы, зависящих от постоянного притока концентрированной солнечной энергии. Если бы, потеряв способность добывать, усваивать и хранить достаточное количество высококачественной энергии, человеческое общество стало закрытой системой, оно в соответствии со вторым законом термодинамики вскоре утратило бы упорядоченность.

Согласно второму закону термодинамики, любой вид энергии, в конечном счете, переходит в форму, наименее пригодную для использования и наиболее рассеивающуюся. Для Солнечной системы это было бы состояние, при котором энергия равномерно распределилась в форме тепловой энергии. Характерна ли эта тенденция повышения энтропии, то есть «старения», для всей Вселенной – пока остается спорным вопросом. Земля же далека от состояния энергетического равновесия: она имеет большой запас потенциальной энергии, и температура ее разных областей различна. Эти различия поддерживаются постоянным притоком энергии Солнца и непрерывными процессами превращения энергии, осуществляемыми живыми организмами за счет взаимодействий по трофическим цепям и процессов метаболизма. То есть в экосистемах биосферы, поскольку они являются диссипативными структурами, постоянно происходят процессы, приводящие к уменьшению энтропии, то есть «откачивающие неупорядоченность», которые можно

обобщить понятием дыхание высокоупорядоченной биомассы. В экосистеме отношение общего дыхания сообщества к его суммарной биомассе можно рассматривать как отношение затрат энергии на поддержание жизнедеятельности к энергии, заключенной в структуре, или как меру термодинамической упорядоченности (соотношение Шредингера).

Выяснение механизмов превращения энергии в биологических системах является одним из самых больших достижений XX века. Сегодня уже раскрыт механизм многоступенчатого, катализируемого ферментами, процесса фотосинтеза глюкозы из углекислого газа и воды, открыты пути превращения веществ в процессах брожения и гликолиза (окисление углеводов без кислорода), выяснено, как происходит внутриклеточное дыхание – перенос электронов в митохондриях от коферментов к кислороду. В центре всех этих превращений в клетке находится аденозинтрифосфат (АТФ), который синтезируется из аденозиндифосфата (АДФ) и фосфорной кисолоты за счет световой энергии или энергии, выделяемой при гликолизе, брожении или дыхании. При гликолизе АТФ выделяется энергия, которая необходима для совершения всей работы живого организма – от создания градиентов концентрации ионов и сокращения мышц до синтеза белка.

Итак, **природные экосистемы – это открытые системы, то есть они способны к обмену веществом и энергией. Для управления экосистемами не требуется регуляции извне – это саморегулирующаяся система.**

11.2.3. Круговорот веществ и энергии в биосфере

Из всех процессов, существующих на Земле лишь, один-единственный не тратит, а наоборот связывает солнечную энергию и даже накапливает ее – это фотосинтез, в результате которого создается органическое вещество. В связывании и запасании солнечной энергии и заключается основная планетарная функция живого вещества на Земле

В экосистемах перенос вещества и энергии осуществляется посредством трофических цепей, за счет чего все химические элементы, из которых построены организмы, многократно используются в биосфере. Биотический круговорот органических и минеральных веществ при участии всех населяющих ее организмов составляет основу биосферы. Сущность его в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения. Этот круговорот для жизни биосферы – главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживает жизнь на нашей планете, обеспечивая биогеохимический круговорот веществ, представляющий собой обмен макро-, микроэлементов и простых неорганических веществ (вода, углекислый газ и др.) с веществом атмосферы, гидросферы и литосферы. Элементы, участвующие в круговороте, называют биофильными. Этими циклами и круговоротом в целом обеспечивается важнейшие функции живого вещества в биосфере. В.И Вернадский выделяет пять таких функций:

- газовая – основные газы атмосферы Земли азот и кислород биогенного происхождения, как и все подземные газы, – это продукты разложения отмершей органики;
- концентрационная – организмы накапливают в своих телах многие химические элементы, среди которых на первом месте стоит углерод, среди металлов – первый кальций, концентраторами кремния являются диатомовые водоросли, йода – водоросли (ламинария), фосфора – скелеты позвоночных животных;
- окислительно-восстановительная – организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (ванадия, марганца, железа) и неметаллов (серы);
- биохимическая – размножение, рост и перемещение в пространстве («расползание») живого вещества;
- биогеохимическая деятельность человека охватывает все разрастающееся количество веществ земной коры, в том числе таких концентратов углерода, как уголь, нефть, газ и др., для хозяйственных и бытовых нужд.

По одному из современных определений **биосфера – это сложная динамическая большая система, состоящая из многих компонентов живой и неживой природы, целостность которой поддерживается в результате постоянно действующего круговорота веществ.**

Круговоротом веществ на Земле принято называть повторяющиеся процессы превращения и перемещения веществ в природе, имеющие более или менее выраженный циклический характер.

Итак, существование биосферы в целом и отдельных ее частей обеспечивается ее круговоротом веществ и превращением энергии. Круговорот веществ в биосфере осуществляется на основании жизнедеятельности живых организмов. Любой организм извлекает из окружающей его среды необходимые для своей жизнедеятельности вещества и возвращает неиспользованные. Причем некоторые организмы потребляют нужные им вещества непосредственно из окружающей среды, другие используют продукты жизнедеятельности первых, третьи – вторых и так до тех пор, пока вещество вновь не возвращается в природную среду в первоначальном виде.

Обмен химическими элементами и их природными соединениями в виде перехода от неживой природы к живым организмам и одновременно обратно определяется биогеохимическим круговоротом. Его называют иногда биологическим или биотическим. Упрощенная схема биогеохимического круговорота приведена на рис. 11.1.

Биогеохимический круговорот связан с жизнедеятельностью организмов, а именно их питанием, размножением, перемещением, гибелью и разложением останков. Все живые организмы классифицируются по способу питания и тому трофическому уровню, на котором они находятся в общей цепи питания на две группы:

- автотрофные (автотрофы);
- гетеротрофные (гетеротрофы).

Автотрофы (самопитающиеся), называемые **продуцентами** – это организмы, которые используют солнечную энергию для производства сложных

органических соединений, богатых энергией, в результате фотосинтеза из простых неорганических соединений (воды и диоксида углерода). К продуцентам относятся зеленые растения, сине-зеленые водоросли и фотосинтезирующие бактерии.

Гетеротрофы (питающиеся другими), называемые **консументами** – это организмы, которые напрямую и косвенно получают пищу (питательные вещества и необходимую энергию, питаясь продуцентами. Консументы в зависимости от вида пищи разделяются на классы:

- консументы 1-го порядка – **фитофаги** (растительноядные), питающиеся только живыми растениями;
- консументы 2-го порядка – **хищники** (плотоядные), которые питаются исключительно растительноядными животными;
- консументы 3-го порядка (**также хищники**);
- эфрифаги (**всеядные**), которые питаются как растительной, так и животной пищей.

Редуценты (гетеротрофы) – организмы, которые питаются остатками мертвых растений и животных. Они разделяются на классы:

- **детритофаги** – животные, потребляющие в пищу мертвые организмы, например, шакалы, грифы, дождевые черви и др.;
- **деструкторы** – грибы и одноклеточные бактерии, которые разлагают мертвые организмы, в первую очередь древесину и листья на простые органические соединения, которые становятся частью питательной среды, а сами деструкторы являются пищей червей и насекомых.

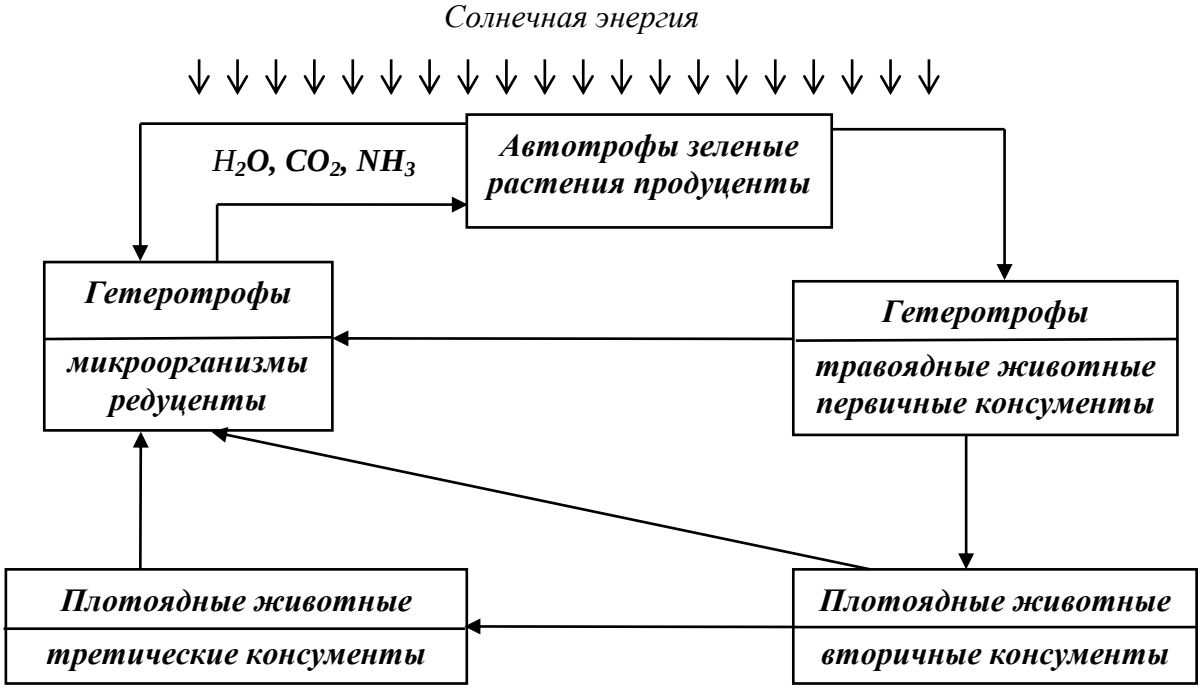


Рис. 11.1. Биогеохимический круговорот

Важнейшим звеном биогеохимического круговорота является **фотосинтез**, который протекает по схеме: **углекислый газ + вода + солнечная энергия (при участии хлорофилла зеленых растений) = глюкоза + кис-**

лород. Таким образом производятся не только углеводы (глюкоза), но и аминокислоты, белки и другие жизненно важные соединения. Усваивая солнечную энергию, зеленые растения создают потенциальную химическую энергию, которая при потреблении пищи организмами превращается в другие формы.

Все организмы являются пищей для других организмов. Трава перерабатывает солнечную энергию, гусеница ест траву, птица – гусеницу, хищная птица – растительноядную, погибшие организмы – пища для продуцентов. Эта последовательность, в которой одни организмы съедают либо разлагают другие, является **пищевой цепью** (рис. 11.2.). Пищевая цепь (трофическая цепь) – путь однонаправленного потока энергии, поглощенной в процессе фотосинтеза, через живые организмы биосферы в окружающую среду в виде низкоэффективной тепловой энергии при одновременном движении питательного вещества в этом потоке. При каждом очередном переходе энергии с одного трофического уровня на другой большая часть (90 %) энергии теряется переходя в тепло. При переходе органического вещества с одного трофического уровня на другой осуществляется их круговорот. При этом, переходя с уровня на уровень, органические вещества частично исключаются из круговорота. В результате на Земле происходит накопление органических веществ в виде залежей полезных ископаемых (уголь, газ, нефть и др.).

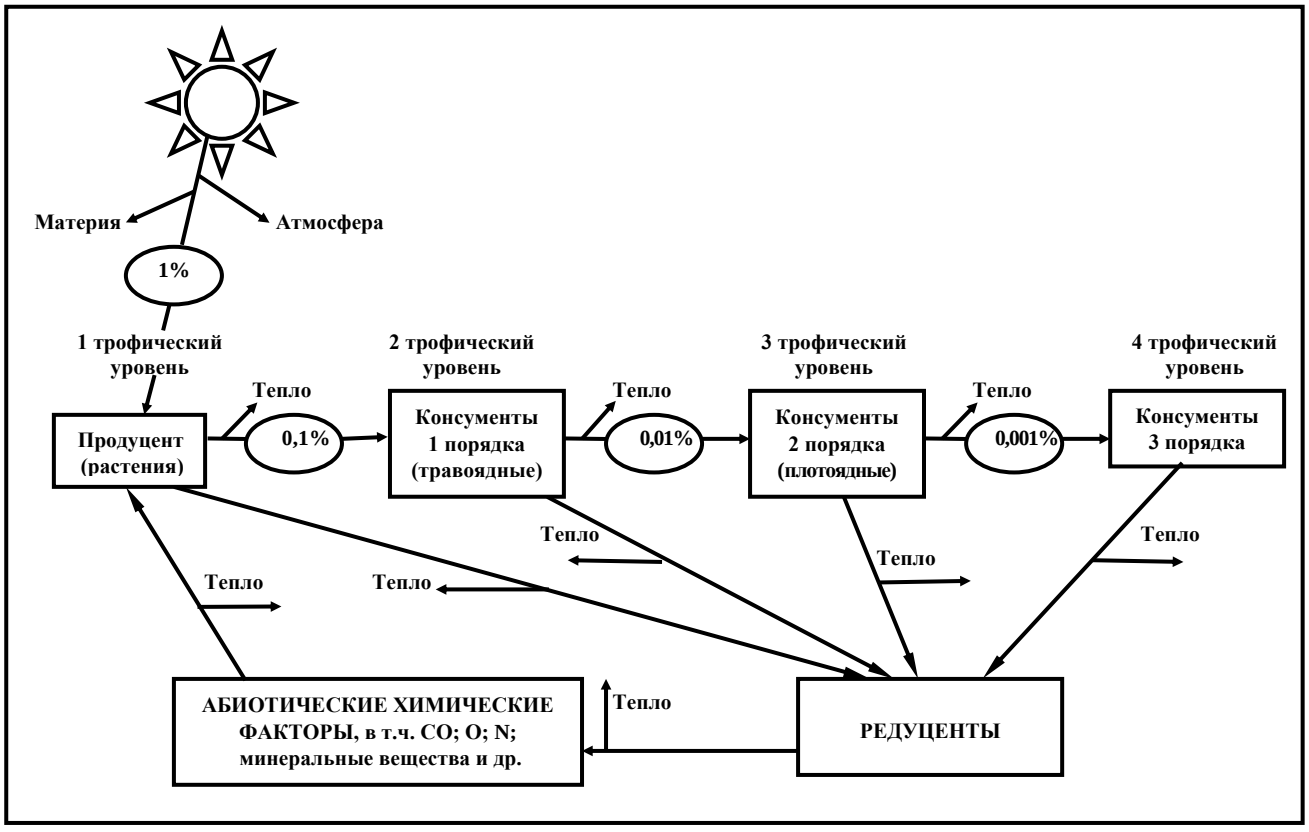


Рис. 11.2. Пищевая (трофическая) цепь и круговорот веществ и энергии в ней

Итак, в биосфере постоянно функционируют непрерывные процессы, которые в конечном итоге выражаются в круговороте вещества и энергии на Земле. Глобальные круговороты различны по сложности, но природа обеспечила их беспрерывность и безотходность, а то, что выпадает из круговорота, уходит в геологический запас природы. Благодаря круговороту веществ и однонаправленного движения энергии, обеспечивается движение вещества и энергии через живой организм, а значит, его жизнедеятельность. Наличие круговоротов веществ в биосфере приводит к саморегулированию биосферы в целом и ее частей, что придает им устойчивость, которая выражается в относительно постоянном составе химических элементов в живых организмах.

Различают два вида круговоротов веществ:

- большой или геологический;
- малый или биогеохимический (биологический, биотический).

Большой геологический круговорот веществ на планете Земля осуществляется в результате действия абиотических факторов (климатические, атмосферные, почвенные, гидрологические и другие). Большой круговорот веществ представлен на рис. 11.3 В процессе геологического круговорота веществ осуществляется перенос минеральных соединений с одного места на другое в масштабах всей планеты, а также происходит перенос воды и изменение ее агрегатного состояния. Горные породы разрушаются и в конечном итоге в виде песка и минеральных солей и другого сносятся в Мировой океан. Происходит напластавание пород и их перемещение. Опускаются и подымаются целые материки, огромные участки морского дна и т.д. Большой круговорот длится веками и даже миллионами лет.

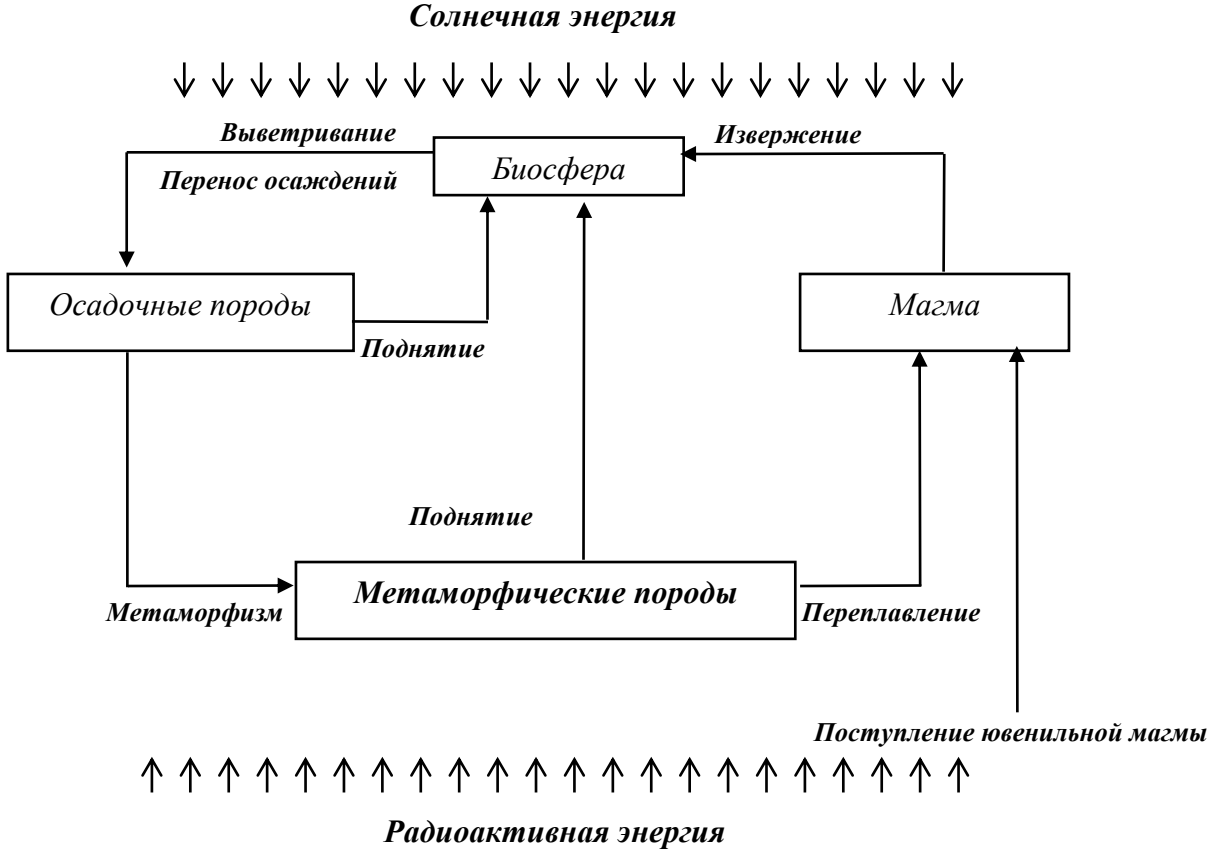


Рис. 11.3. Большой круговорот веществ в пределах верхних оболочек Земли

Малый биотический круговорот веществ происходит при участии биотических факторов (живые организмы – растения, животные, микроорганизмы). Общее количество солнечной энергии, ежегодно поступающей на Землю, составляет примерно $2 \cdot 10^{24}$ Дж, аккумулируется – $1{,}9 \cdot 10^{21}$ Дж. Разлагается фотохимическим путем около 130 млрд. т воды и выделяется в среду 115 млрд. т кислорода. В круговороте участвует азот, кремний, кальций, сера, фосфор, углерод и многие другие вещества. Всего в биологическом круговороте участвует более 60 элементов, при этом в круговорот вовлекаются практически одни и те же массы веществ и химических элементов.

Круговорот углерода. Углерод – основная составляющая углеводов, белков, нуклеиновых кислот и других жизненно важных органических соединений.

Принципиальная схема круговорота углерода в природе приведена на рис. 11.4.

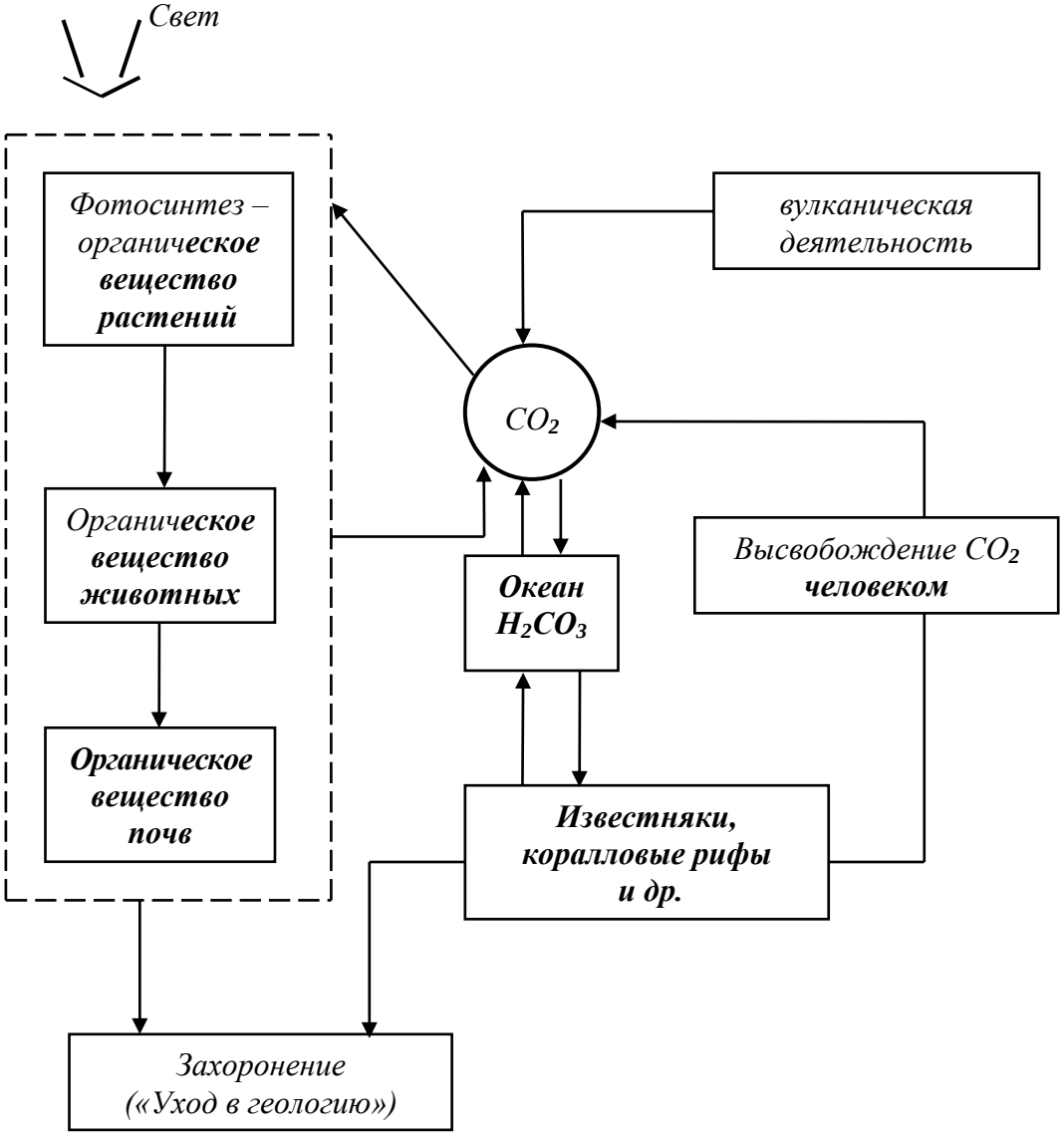


Рис. 11.4. Схема круговорота углерода

Углекислый газ из атмосферы в процессе фотосинтеза превращается в органическое вещество растений. Растения поедаются животными. Органическое вещество в результате дыхания организмов, разложения трупов и других процессов выделяется в атмосферу или запасается в виде гумуса, торфа. Последние являются основой превращения их в каменные угли, нефть и газы. В водных системах огромное количество угольной кислоты (H_2CO_3) законсервировано в виде известняков и других пород. Часть углерода ускользает из круговорота и «уходит в геологию» в виде торфа, угля, нефти и карбонатных отложений водных систем.

Источниками поступления углекислого газа в атмосферу является вулканическая деятельность, разложение органических веществ, Мировой океан и деятельность человека, связанная с сжиганием угля, нефти, газа.

Основные отрицательные последствия нарушения круговорота углерода человеком проявляется через сокращение площадей лесов, разрушение почвы, сжигание топлива. Часть углерода накапливается в атмосфере в форме углекислого газа и метана, обуславливая парниковый эффект.

Круговорот азота. Азот – основной компонент атмосферы Земли.

Принципиальная схема круговорота азота приведена на рис. 11.5.

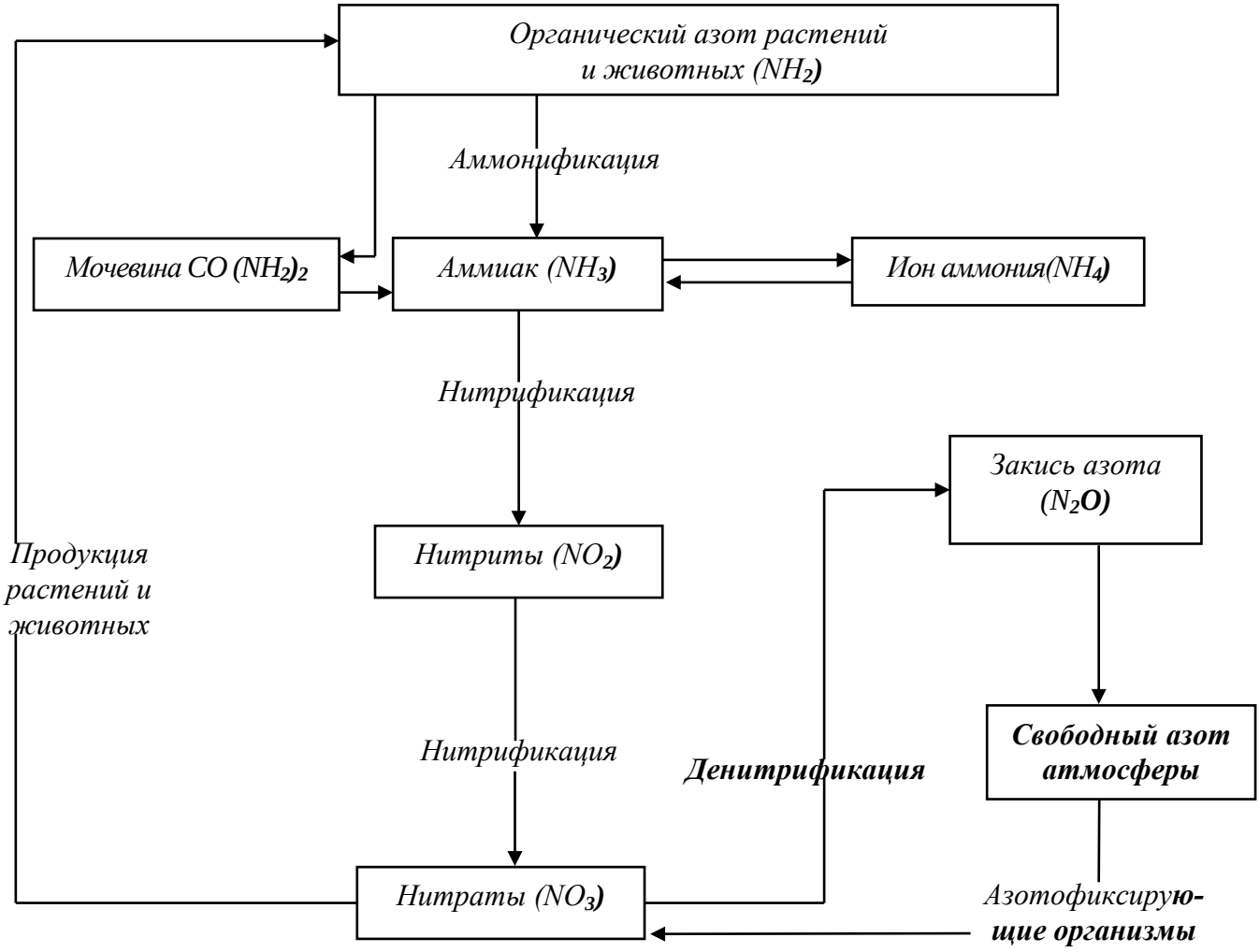


Рис. 11.5. Принципиальная схема круговорота азота

Азот атмосферы попадает в почву, а затем в растительные организмы только в результате превращения его в нитраты, благодаря деятельности организмов – азотфиксаторов (бактерии, сине-зеленые водоросли, грибы). Азот в растения поступает также в результате разложения органических веществ особой группой организмов – аммонофикаторов. В малых количествах нитраты образуются при грозовых разрядах в атмосфере, а затем с осадками они попадают в почву.

Возвращение азота в атмосферу происходит в процессе деятельности бактерий-денитрификаторов, разлагающих нитраты на азот и кислород. Незначительная часть азота попадает в осадочные породы («уходит в геологию»).

Основные отрицательные последствия нарушения круговорота азота проявляются через загрязнения атмосферы оксидами азота, аммиаком, накопления нитратов в продуктах.

Круговорот серы. Сера в виде органических и неорганических соединений постоянно присутствует во всех живых организмах.

Принципиальная схема круговорота серы приведена на рис. 11.6.

Основные отрицательные последствия нарушения круговорота серы проявляются через сжигание органических веществ, переработку серосодержащих руд (железных, медных и др.). При этом сера поступает в атмосферу в виде диоксида (сернистого ангидрида). Сера и ее соединения один из главных загрязнителей окружающей среды.

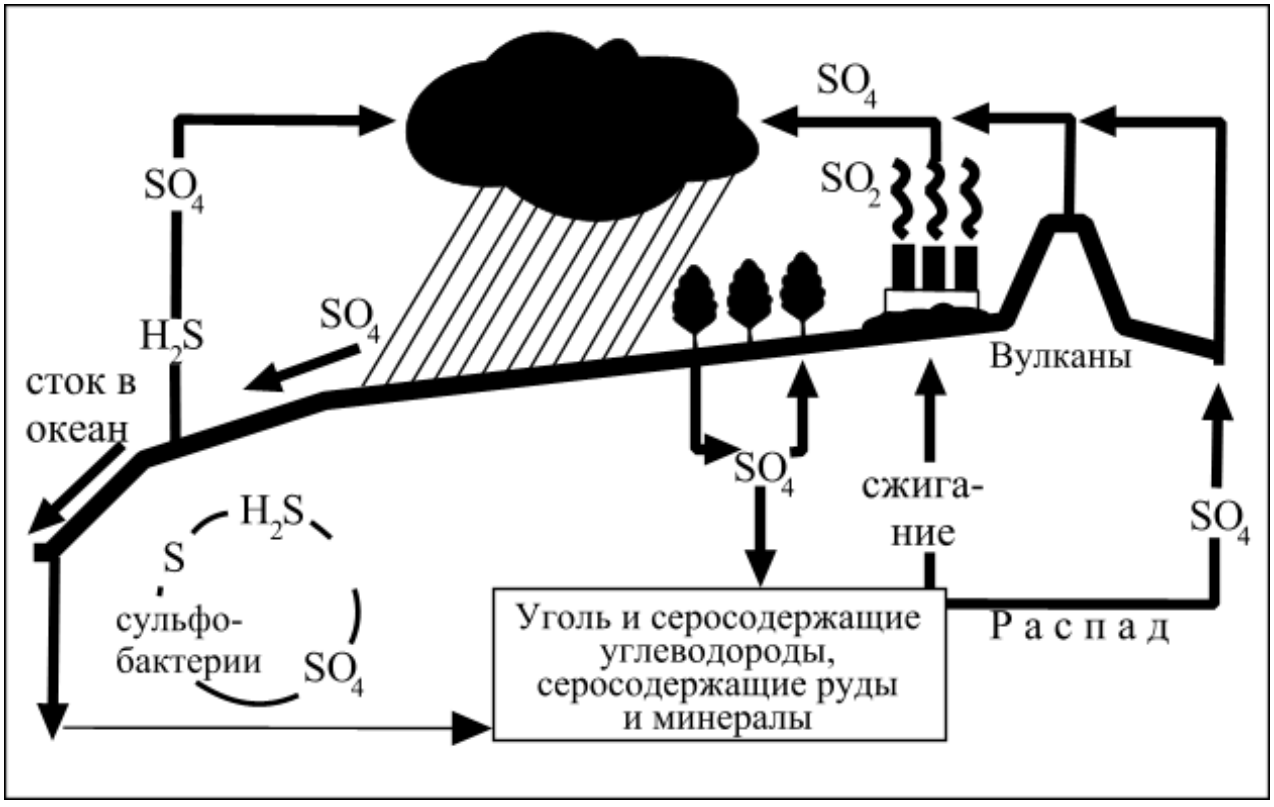


Рис. 11.6. Схема круговорота серы

Круговорот фосфора. Фосфор и его соединения играют важную роль в жизни организмов. Он является питательным элементом, входит в состав молекул ДНК, жиров, костей.

Принципиальная схема круговорота фосфора приведена на рис. 11.7.

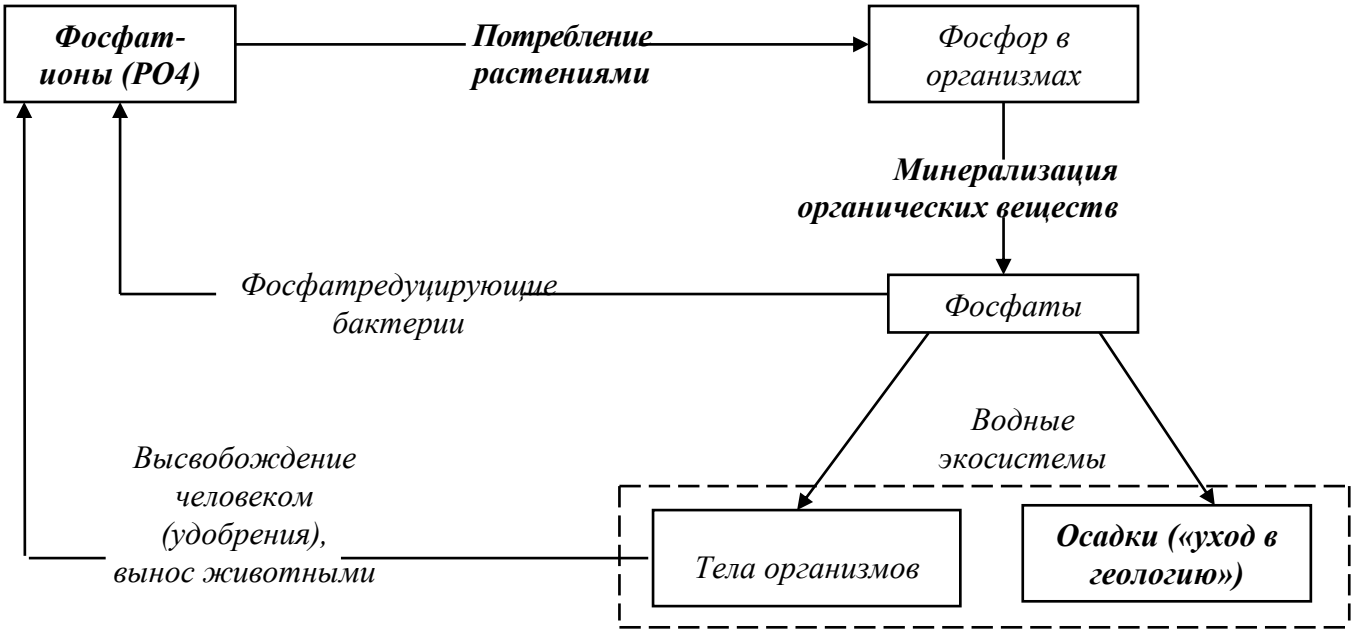


Рис. 11.7. Схема круговорота фосфора

Круговорот фосфора происходит по осадочному типу (без газовой фазы). В ходе круговорота фосфор медленно освобождается от фосфатных месторождений суши и океана, растворяется почвенной влагой и поглощается растениями, а затем попадает к животным. После неоднократного потребления фосфора организмами он в конечном счете попадает в донные осадки («уход в геологию»).

Основные отрицательные последствия нарушения круговорота фосфора проявляются через попадание его в минеральную среду с минеральными удобрениями и моющими синтетическими средствами. Фосфор является одним из факторов загрязнения вод органическими веществами и зарастания водоемов.

Круговорот воды. На круговорот воды затрачивается около 1/3 всей поступающей на Землю солнечной энергии. Испарение с поверхности водных объектов и суши создает атмосферную влагу. Влага конденсируется и выпадает в виде осадков. Осадки поглощаются почвой или стекают в водные объекты.

Принципиальная схема круговорота воды приведена на рис. 11.8.

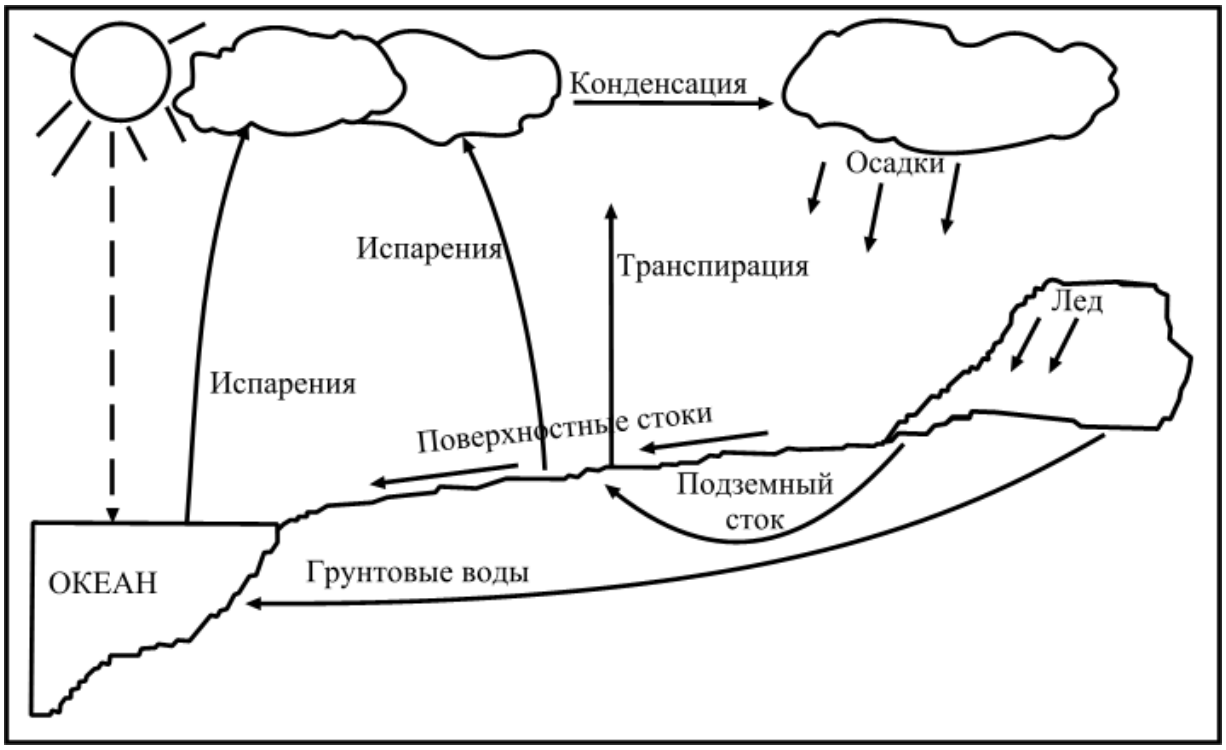


Рис. 11.8. Схема круговорота воды

В круговороте воды всегда присутствует четыре процесса:

- **Перехват.** Растения перехватывают часть выпадающей в осадках воды до того, как она достигает почвы.
- **Транспирация**. Испарение воды растениями. От обычного испарения с неживого вещества она отличается возможностями регулирования самими растениями в зависимости от температуры среды, наличия влаги в почве и атмосфере.
- **Инфильтрация.** Просачивание воды в почве. Часть воды задерживается в почве, причем тем больше, чем значительнее содержание в ней гумуса и глины.
- **Сток.** Стекание избытка воды в моря и океаны.

Таким образом, круговорот любого химического элемента является частью общего глобального круговорота веществ на Земле. Основным элементом (звеном) в биохимических круговоротах являются живые организмы, которые обуславливают интенсивность круговоротов и вовлечение в них практически всех элементов земной коры.

Знание круговоротов веществ на Земле имеет большой практический интерес, так как он существенно влияет на жизнь человека и в то же время все значительнее проявляется воздействие человека на природные процессы. Последствия отрицательных воздействий человека на биосферу стали сравнимы с геологическими процессами. Так в результате деятельности человека, в биосфере возникли новые пути миграции вещества, прежде ей не свой-

ственных. Появились новые химические соединения, не свойственные природе, – **ксенобиотики** (ксено – чуждые, биота – живые).

11.3. Взаимодействие человека и биосферы

Кромсаем лед, меняем рек течение.
Твердим о том, что дел невпроворот,
Но мы еще придем просить прощения
У этих рек, барханов и болот,
У самого гигантского восхода,
У самого мельчайшего малька…
Пока об этом думать неохота,
Сейчас нам не до этого…пока.
Аэродромы, пирсы и перроны,
Леса без птиц и земли без воды…
Все меньше окружающей природы,
Все больше окружающей среды.

Р. Рождественский

Появление человека как вида качественным образом изменило не только биосферу, но и результаты ее планетарного влияния. Постепенно стал происходить переход от простого биологического приспособления живых организмов к разумному поведению и целенаправленному изменению окружающей природной среды разумными существами.

В структуру окружающей среды, которая включает не только поверхность Земли, ее недра, часть Солнечной системы, в которой проявляется деятельность человека, попадает и созданный им материальный мир. Поэтому в структуре окружающей среды выделяют две важнейшие составляющие: **естественную и искусственную среды обитания.**

Естественная среда обитания включает неживую и живую части природы – геосферу и биосферу. Она существует и развивается без вмешательства человека, естественным путем. В ходе эволюции человек постепенно все больше осваивает естественную среду обитания. Первоначально это было лишь простое потребление естественных богатств (диких плодов, растений, животных). Это воздействие человека на природу ничем не отличалось от влияния на окружающую среду других приматов. Со временем в ходе эволюции человек стал использовать и естественные источники средств жизни (полезные ископаемые, энергетические источники), преобразуя их в ходе своей практической деятельности. Для удовлетворения своих потребностей человек использовал сотни видов диких живых организмов. С одной стороны, он одомашнивал их и вывел огромное количество животных и культурных видов растений, тем самым значительно увеличив разнообразие органических форм в биосфере. С другой стороны, многие виды растений и

животных были подвергнуты им беспощадному сознательному или несознательному уничтожению. В результате освоения и преобразования природных источников человек смог не только выжить как биологический вид, но и приобрести то, что принципиально отличает его от других существ – способность производить орудия труда, создавать и накапливать материальную и духовную культуру, целенаправленно преобразовывать окружающую среду.

Однако в таком взаимодействии живая природа не остается нейтральной. Если геосфера сама по себе в целом пассивно реагирует на вмешательство человека, то живое вещество активно приспосабливается к новым условиям существования и присутствию в природе человека. Так, многократно возросла устойчивость и невосприимчивость многих насекомых и грызунов к ядам, применяемым людьми. Появляются мутационные измененные виды и популяции, приспособленные к техногенной и загрязненной среде обитания. Многие виды животных меняют формы своего существования, адаптируются к жизни по соседству с человеком.

Человек в ходе эволюции не остановился лишь на взятии у природы материала в непосредственном или преобразованном виде. Он перестал бы быть разумным существом, если бы не смог создать нечто свое, искусственное, чего не было до сих пор в природе. В результате им была создана искусственная среда обитания – все то, что специально сделано человеком: разнообразие предметов материальной и духовной культуры, преобразованные ландшафты, а также выведенные в процессе селекции и одомашнивания растения и животные. С развитием общества роль и значение для человека искусственной среды обитания непрерывно возрастают. Невозможно сегодня представить человеческое общество без крупных городов, дорог, предприятий, домов, автомобилей, бытовой техники и т.д. Все это создано человеком и является творением его рук, результатом деятельности его разума.

Человек как особая форма жизни и существо, обладающее разумом, вносит принципиально новые элементы во взаимоотношения с природой. Он выступает как автономная целостность внутри биосферы. Живое вещество, преобразуя косное и взаимодействуя с ним, создает биосферу. Аналогично человек, преобразуя биосферу, создает техносферу. Но если при формировании биосферы все биоценозы лишь поддерживают системную целостность путем обмена веществом и энергией, то человек, помимо этих функций, в первую очередь производит овеществление природы, создавая новые искусственные предметы. Далеко не все творения человека находятся в гармонии с окружающей действительностью. Если живые организмы, созданные человеком, в большинстве своем вписываются в общую схему природы, то этого нельзя сказать о других предметах, созданных им: зданиях, сооружениях, ландшафтах и т.д. Кроме того, сделанное человеком, как правило, не способствует созданию новых запасов энергии. Бесконечное же потребление полезных ископаемых и живого вещества ставит на грань катастрофы само существование не только разумной жизни, но и жизни как таковой (изобретение ядерного оружия).

Управляя природой и властвуя над ней, человек до сих пор опирался в основном на положительную обратную связь. Это и привело к развитию техники и росту эксплуатации ресурсов. Но этот процесс, в конце концов, приведет к снижению качества человеческой жизни и разрушению окружающей среды, если не будут найдены пути адекватного управления с помощью отрицательной обратной связи. Существование человека возможно только при сохранении регулирующих механизмов, которые позволят биосфере приспособиться к некоторым антропогенным загрязнениям.

11.4. В.И. Вернадский о ноосфере как новой стадии эволюции биосферы

Он мыслил небом,
Думал облаками,
Он глиной плотствовал,
Растением рос.
Костями костенел,
Зверел страстями,
Он видел Солнцем, грезил сны Луной.
Гудел планетами, дышал ветрами,
И было все – вверху, как и внизу,-
Исполнено высоких соответствий.

М. Волошин

Огромное влияние человека на природу и масштабные последствия его деятельности послужили основой для создания учения о **ноосфере**. Термин **«ноосфера»** (noos – разум) впервые в 1927 г. ввел в научный оборот французский ученый **Э. Леруа (1870-1954 гг.).** Так же как и Тейяр де Шарден он рассматривал ноосферу как некое идеальное образование, внебиологическую оболочку мысли, окружающую Землю. Сегодня понятие «ноосфера» означает высшую стадию развития биосферы. Это – сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития.

Учение о переходе биосферы в ее новое качество – ноосферу – было создано великим русским геохимиком В.И. Вернадским. В работах Вернадского понятие «ноосфера» употребляется в разных смыслах: как состояние планеты, когда человек становится крупнейшей преобразующей геологической силой; как область активного проявления научной мысли; как главный фактор перестройки и изменения биосферы. Непреходящая ценность учения Вернадского о ноосфере заключается в том, что он выявил геологическую роль жизни, живого вещества в планетарных процессах, в создании и развитии биосферы.

На протяжении 1-2 млрд. лет в биосфере шел направленный процесс развития, в результате которого появился человек и сформировался мозг, материальная основа разума. По Вернадскому воздействие разумного общества как единого целого на природу по своему характеру резко отличается от воздействия других форм живого вещества. Он писал: «Раньше организмы влияли на историю тех атомов, которые были нужны им для роста, размножения, питания, дыхания. Человек расширил этот круг, влияя на элементы, нужные для техники и создания цивилизованных форм жизни», что и изменило «вечный бег геохимических циклов».

Становление ноосферы по мнению Вернадского не случайное, а закономерное явление на нашей планете. Биосфера существовала и до Человека, может существовать и без него. Но человек вне биосферы существовать не может. И что бы подчинить своему развитию среду обитания, он должен управлять биосферными процессами, иначе он обречен как обычный биологический вид.

Полноценное проявление разума в биосфере присуще только человеку, так как лишь в его социальном обществе сформировалась, а затем с ускорением во времени развивалась коллективная память, названная Вернадским научной мыслью. Научная мысль – это созданный человеком разумным (Homo sapiens) на определенной стадии его развития независимый от отдельной особи коллективный аппарат сбора, накопления, обобщения и хранения знания. И только человек в состоянии использовать этот аппарат для решения своих практических проблем. Научная мысль в сочетании с трудовой деятельностью человека стала великой геологической силой, способной преобразовывать биосферу. Человек – это та сила, которая способна оказывать влияние на ход биогеохимических и других процессов в охваченной ее воздействием среде Земли и околоземном пространстве. Вся эта среда весьма существенно изменяется человеком, благодаря его труду. Он способен перестраивать ее согласно своим представлениям и потребностям, изменить фактически ту биосферу, которая складывалась в течение всей геологической истории Земли. Вернадский считал, что «геологически мы переживаем сейчас выделение в биосфере царства разума, меняющего коренным образом и ее облик, и ее строение», формируя ноосферу. Во взаимодействии природы и общества все должно измениться: и биогеохимические циклы, и способность природы обеспечивать потребности человечества, а может быть и природа самого человека и общества. Все это должно делаться целенаправленно с участием разума.

Поскольку вмешательство человека в природные процессы в силу возрастающей мощи цивилизации все увеличивается, человек несет прямую ответственность за эволюцию планеты (стержень учения Вернадского о ноосфере). Понимание этого тезиса необходимо для его собственного выживания. Человечеству, как разумной части живого вещества, необходимо и придется взять на себя ответственность за целенаправленное развитие будущего планеты. В связи с этим человеку следует соизмерять свои потребности с

возможностями биосферы. Воздействие на нее должно быть дозировано разумом в ходе эволюции биосферы и общества. При этом постепенно биосфера будет преобразовываться в ноосферу, где ее развитие приобретет направляемый характер. В этом заключается непростой характер эволюции природы, биосферы, сложности появления ноосферы и определения роли и места в ней человека. В этом процессе, по существу, придется обратиться к новой нравственности в своей жизни, так как духовный мир должен превратиться в фактор, определяющий развитие и выживание человечества. Это будет новый этап эволюции человечества, поскольку в основу приспособления ложится разум, душа человека.

Оптимизм Вернадского сегодня, спустя десятилетия, разделяют далеко не все, поскольку именно сегодня в полную силу встали экологические проблемы об атомном оружии, парниковом эффекте, кислотных дождях, демографическом взрыве и другие, о которых раньше ничего не знали. К тому же в мировом сообществе с огромным трудом пробивает дорогу сознание того, что общая судьба человечества зависит не от политических, государственных и национальных амбиций, а от угрозы самоуничтожения в планетарной экологической катастрофе. Поэтому уже ясно, что переход в эпоху ноосферы не будет плавным и безболезненным, как предполагал Вернадский.

В наше время, после выхода человека в космос, энергетическая мощь технологических процессов в руках человека действительно сравнялась с масштабом и мощью природных ресурсов. Это накладывает на человечество огромную ответственность в сохранении жизни планеты. Наш выбор стратегии взаимодействия человека с биосферой, формирующийся как «модель устойчивого развития» – это и есть ноосфера Вернадского. Признаки этого движения видны: это и энергосберегающие технологии; и перестройка экономики; и стремительное развитие коллективного интеллекта, основанного на новых средствах коммуникаций и возможностях компьютеризации; и постепенный поворот в сознании ученых, политиков и простых людей в сторону экологического мировоззрения, перевод экологических ценностей в экономические категории и многое другое. Хватит ли у людей времени ликвидировать надвигающуюся катастрофу?

11.5. Взаимосвязь космоса и живой природы

Влияние космоса на происходящие на земле процессы люди подмечали еще в древности, например, влияние Луны на морские приливы и отливы или солнечные затмения. Однако многие века связь космоса с Землей осмысливалась чаще на уровне научных догадок и гипотез, что было обусловлено ограниченными знаниями человека, отсутствием эффективных вспомогательных технических средств. В XX столетии знания о влиянии космоса на Землю значительно пополнились благодаря работам российских ученых, и в первую очередь представителей русского космизма А.Л. Чижевского, К.Э. Циолковского, Л.Н. Гумилева, В.И. Вернадского. Научно-технический про-

гресс способствовал развитию приборной базы, а потом и космической техники. Разработка естественнонаучных аспектов теории Космоса вылилась в крупные достижения астрономии, астрофизики, астрохимии, астробиологии и привели к возникновению теоретической и практической космонавтики, связанных с именами К.Э. Циолковского и С.П. Королева. Проникновение космических идей в различные сферы человеческой жизни свидетельствует о том, что космизация – это объективный процесс как часть и аспект совокупного научно-технического прогресса.

Великим русским космистом был В.И. Вернадский. Говоря о факторах, влияющих на развитие биосферы и трансформации ее в ноосферу, он среди прочих (геологических, биологических, антропогенных, техногенных) указывал и на космическое. Биосферу В.И. Вернадский понимал как планетарную область распространения жизни, взятой в прошлом, настоящем и будущем, а научную мысль относил к планетарному явлению. Он подчеркивал, что без космических светил, в частности без Солнца, жизнь на Земле не могла бы существовать, поскольку именно солнечную энергию живые организмы трансформируют в земную энергию (тепловую, электрическую, химическую, механическую), которая и определяет существование биосферы.

Понять, оценить и выявить масштабы влияния космоса, и прежде всего Солнца, на земную жизнь и ее проявления во многом удалось А.Л. Чижевскому (1897-1964), которого считают родоначальником гелиобиологии. Ученые давно обратили внимание на проявления активности Солнца (пятна, факелы на его поверхности, протрубераниы). Эта активность, в свою очередь, оказалась связанной с электромагнитными и другими колебаниями мирового пространства. А.Л. Чижевский, проведя многочисленные научные исследования по астрономии, биологии, истории, пришел к заключению об очень значительном влиянии Солнца и его активности на биологические и социальные процессы на Земле. Смысл его концепции состоял в доказательстве существования космических ритмов и зависимости биологической и общественной жизни на Земле от пульса космоса.

Чижевским была высказана мысль о том, что магнитные возмущения на Солнце могут серьезно сказываться на здоровье землян. Лишь через много лет выводы Чижевского о влиянии Солнца на земные процессы были подтверждены практически. Многочисленные наблюдения показали неоспоримую зависимость массовых всплесков нервно-психических и сердечно-сосудистых заболеваний у людей при периодических циклах активности Солнца. Прогнозы так называемых «неблагоприятных дней» для здоровья стали обычными в наши дни. Чижевский показал зависимость органического мира от периодических колебаний солнечной активности: колебания урожайности различных культур, произрастания семян, роста древесины, размножения различных животных, появления эпидемий и т.д.

Особое место занимает утверждение Чижевского о том, что Солнце существенно влияет не только на биологические, но и социальные процессы на Земле. Он обратил внимание на синхронность образования солнечных пя-

тен и на одновременную активизацию боевых действий на фронтах Первой мировой войны. Накопленный и обобщенный статистический материал позволил ему сделать данное исследование научным и убедительным. Социальные конфликты (войны, бунты, революции) по убеждению Чижевского, во многом предопределяются поведением и активностью Солнца. По его подсчетам, с приближением к годам максимума солнечной активности количество исторических событий с участием масс увеличивается и достигает своей наибольшей величины в эти годы. Наоборот, в минимумы активности Солнца наблюдается минимум массовых движений. Как доказано сейчас увеличение солнечной активности происходит циклически с периодом 11,1 года.

Выводы Чижевского свидетельствуют о гармонии во взаимодействиях различных частей биосферы, регулируемых периодическими колебаниями энергетической активности Солнца. Инерционность нашей биосферы, способность сохранить жизнь на Земле даже при изменениях, происходящих на Солнце, – это приобретение ее эволюционного развития. Исследования Чижевского дали мощный импульс к исследованию солнечно-биологических связей, что позволило определить их значимую роль на всех этапах жизни человека. Многие идеи Чижевского нашли применение в области космических и биологических наук.

Среди русских космистов К.Э. Циолковский наиболее глубоко изучал и освещал философские проблемы освоения космоса. Он считал, что безграничное космическое пространство населено разумными существами различного уровня развития. Есть цивилизации, которые, опередив других, достигли высшей степени развития. Они в силу своего совершенства и опыта имеют моральное право регулировать жизнь на других планетах, оберегая их от катаклизмов. Он полагал, что Земле во Вселенной принадлежит особая роль. Она относится к более поздним планетам, «подающим надежды». Лишь небольшому числу таких планет будет дано право на самостоятельное развитие. По его представлению в ходе эволюции со временем будет образован союз всех разумных высших существ Космоса.

Нравственная космическая задача Земли – внести свой вклад в совершенствование Космоса. Выполнить свое предназначение земляне смогут лишь в том случае, если выйдут в Космос. Суть его космической философии заключалась в «переселении с Земли и в заселении Космоса». Необходимость решения этой космической задачи – проникновения в глубины Космоса – и привела его к работам над изобретением ракеты. К.Э. Циолковский предполагал, природа человека и его общественная организация со временем будут глубоко совершенствоваться так, что человек сам сможет искусственно осваивать и перерабатывать солнечную энергию. Это даст возможность ему быть свободным от среды обитания и эксплуатировать все околоземное пространство. Со временем по его представлению земное население расселится по всему околосолнечному пространству.

Идеи К.Э. Циолковского о единстве разнообразных миров Космоса, его постоянном совершенствовании, выходе человека в Космос заключает в себе важный мировоззренческий и гуманистически смысл.

Сегодня мы уже продвинулись по пути, который нам предсказал К.Э. Циолковский. Человек не только запустил спутники в Космос, но и сам вышел в космическое пространство. Он использует космические условия для решения своих практических проблем: космические спутники собирают и передают разнообразную информацию, в космосе выращивают редкие кристаллы, проводят высококачественную сварку и многие другие работы. Однако нельзя забывать, что наше пребывание в Космосе требует соблюдения правил и законов Космоса и прежде всего нельзя забывать о том, что в результате космических полетов может произойти непреднамеренный занос земных микроорганизмов в космическое пространство и на другие планеты. Как они себя поведут в неземных условиях, неизвестно никому.

11.6. Синтетическая теория эволюции (СТЭ)

В 20-40-х гг. XX в. достижения генетики и молекулярной биологии все больше начинают связывать с эволюционными процессами. На этой основе наметилось объединение дарвинизма и молекулярной биологии. Становление новой теории началось с работ русского генетика С.С. Четверикова (1880-1995). В 1926 г. он опубликовал свои работы, в которых изложил основы *популяционной генетики.* Согласно его воззрениям отбору подвергаются не отдельные признаки и отдельные особи, как утверждалось в теории Дарвина, а генотип всей популяции. Через фенотипические признаки отдельных особей осуществляется отбор генотипов популяции, ведущий к распространению полезных изменений. Работы Четверикова послужили основой для создания теории органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически, получившей название синтетической или общей теории эволюции (СТЭ).

В СТЭ элементарной единицей эволюции является популяция. Именно в ее рамках происходит наследственное изменение генофонда. Кроме того, механизм эволюции стал рассматриваться как состоящий из двух частей: случайные мутации на генетическом уровне и наследование наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде мутаций, так как их носители выживают и оставляют потомство.

Структурно СТЭ состоит из теорий микро- и макроэволюций. Теория микроэволюции изучает необратимые преобразования генетико-экологической структуры популяции, которые могут привести к формированию нового вида. Реально новый вид может существовать только в популяции. Теория макроэволюции изучает происхождение надвидовых таксонов (семейств, отрядов, классов и т.д.), основные направления и закономерности развития жизни на Земле в целом, включая возникновение жизни и происхождение человека как биологического вида. Микроэволюция рассматривается как

предпосылка макроэволюции. Причем считается, что микро- и макроэволюция имеют общие факторы и единый механизм, что и обуславливает эволюционную динамику.

Изменения, которые изучаются в рамках микроэволюции, доступны непосредственному наблюдению, тогда как макроэволюция происходит на протяжении длительного исторического периода времени и поэтому ее процесс может быть только реконструирован задним числом. Но макро- и микроэволюция происходят в конечном итоге под воздействием изменений в окружающей среде.

СТЭ считает, что:

- ☑ Главным движущим фактором эволюции является естественный отбор как следствие конкурентных отношений борьбы за существование, особенно острой внутри вида или популяции. Факторами видообразования являются также мутационный процесс (мутации разных типов), дрейф генов (генетико-автоматические процессы) и различные формы изоляции.
- ☑ Эволюция протекает дивергентно, постепенно, через отбор мелких случайных мутаций. Новые формы могут образовываться через крупные наследственные изменения. Их жизненность также определяется отбором.
- ☑ Эволюционные изменения случайны и ненаправленны. Исходным материалом для эволюции являются мутации разного типа. Сложившаяся исходная организация популяции и последовательные изменения условий среды ограничивают и канализируют наследственные изменения в направлении неограниченного прогресса.
- ☑ Макроэволюция, ведущая к образованию надвидовых групп, осуществляется через процессы микроэволюции и не имеет каких-либо особых механизмов возникновения новых форм жизни.

Таким образом, эволюция есть направленный процесс исторического изменения живых организмов. Эволюционные факторы действуют не только на популяционном и видовом уровнях как **микроэволюция,** но также и на надвидовом уровне как **макроэволюция,** образуя новые виды и классы живого. Современная сложная структура живого является результатом и отражением продолжавшейся миллионы лет микро- и макроэволюции.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «биосфера».
2. Как происходило формирование биосферы согласно воззрениям В.И. Вернадского?
3. В чем суть восстановительного и окислительного периодов в жизни биосферы?
4. Какие четыре царства живых существ Вы знаете? Насколько четкие границы между ними?
5. Дайте определение биогеоценозу. Каковы основные законы существования биогеоценозов?

6. Какие сообщества называются климаксными?
7. Как Вы понимаете гомеостаз экосистем?
8. Назовите абиотические и биотические компоненты экосистем.
9. Как происходит круговорот энергии в экосистемах?
10. Выполняются ли законы термодинамики в экосистемах?
11. Почему экосистемам необходим круговорот веществ*
12. Какие основные круговороты веществ Вы знаете?
13. Какова роль и функции живого вещества в круговороте по теории Вернадского?
14. Как Вы понимаете термин «искусственная среда обитания».
15. Как человек меняет среду обитания.
16. Дайте определение понятию «ноосфера». Что является геологической силой в формировании ноосферы?
17. Является ли появление ноосферы закономерным развитием биосферы?
18. Что изучает гелиобиология, кто является ее основателем?
19. В чем Чижевский видел взаимосвязь Человека и Космоса?
20. Какой путь развития науки предсказывал Циолковский?
21. Какова суть и содержание синтетической теории эволюции?

Темы для рефератов

1. В.И. Вернадский о биосфере и живом веществе.
2. Ноосфера – будущее человечества.
3. Биосфера, ноосфера и экология. Проблемы и пути их решения.
4. Роль Циолковского и Чижевского в установлении связи Человек – Космос.

Глава 12. Человек – феномен природы

«…что есть человек?
Откуда он пришел?
Куда пойдет?»

Генрих Гейне

С тех пор как человек осознал себя, он пытается познать свое происхождение, свою природу и свою роль на Земле. Задача эта не из легких для человека, хотя человек, как сказал П. Тейяр де Шарден, и является «осью и вершиной эволюции» мира. Но «расшифровать человека, значит, в сущности, попытаться узнать, как образовался мир и как он должен продолжать образовываться». В различные исторические этапы, начиная с античных времен, в зависимости от уровня накопленных знаний, выдвигались различные точки зрения по всем этим проблемам. Но до настоящего времени нет твердых научных концепций о роли человека в жизни Вселенной.

Изучением феномена человека занимается огромный комплекс наук, созданный самим человеком. В человекознание вносит вклад не только биология, медицина, психология, но и история, социология, философия. Происхождение человека, его отличие от животных изучает наука антропология. Изучением генетической основы человеческой деятельности, совмещения и соотношения физиологического и психического в человеке занимается социобиология. Естественные науки изучают функции и строение мозга, души, сознания и т.п. Человек, с одной стороны, исследуется как конкретный объект, с другой стороны, создается целостное представление о нем. Современная наука рассматривает человека как сложную целостную систему, несущую в себе как биологическое, так и социальное начало, поскольку человек с одной стороны является биологическим существом, с другой – уже принадлежит социальному миру.

12.1. Происхождение человека (антропология)

Представления о происхождении человека формировались уже на самых первых этапах духовного развития человечества, чаще всего в виде антропологических мифов. Во многих первобытных племенах считали, что их предки произошли от животных и даже от растений. В древнеегипетской философии сформировалось представление о том, что человека создает Бог из глины на гончарном круге. В античную эпоху высказывались идеи о естественном происхождении человека. Существует версия о происхождении человека от внеземных существ, посещавших Землю.

Законченная система происхождения человека сложилась в рамках христианства, сформировавшем учение о целостном человеке, его отношении с Богом. Согласно Священному писанию человек был создан Богом. Христианская антропология опирается на Библию, которая разграничивает в человеке естественную (биологическую) и сверхъестественную (теологическую) сферы. Согласно христианскому учению человек состоит из тела, души и духа. Телесная жизнь его не отличается от жизни других живых существ. Душа присутствует в любом живом организме. Дух же является высшим проявлением человека, свойственным только ему. Проявление духа должно быть руководящим началом в жизни каждого человека.

Естественнонаучные концепции возникновения человека берут свои начала еще от Аристотеля, который рассматривал человека как самого высокоорганизованного животного. С выходом в свет в 1871 г. книги Дарвина «Происхождение видов и половой отбор» в науке утверждается и до сих пор существует концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян.

Человек по многим признакам имеет сходство с позвоночными животными, особенно с млекопитающими. Так в основе белковой органической материи и животных, и человека лежит одинаковый набор аминокислот, передача наследственных признаков осуществляется по одному механизму – через ДНК, собранных в гены. Человеку, как и млекопитающим, свойственна постоянная температура и легочный тип дыхания. Человек и животные имеют подобное строение и функции отдельных органов; и чем выше по эволюционной шкале стоит животное, тем больше его сходство с человеком. Человеческий зародыш в своем развитии повторяет некоторые эмбриональные формы предков, через которые проходила и эволюция животного. У человека сохранились рудиментарные органы, не нужные ему теперь, но присутствующие у животных и играющие важную роль в их жизни.

Несмотря на наличие схожих признаков, человек коренным образом отличается от животных. Человек приобрел специфические, присущие только ему особенности: прямостояние и прямохождение, свободные верхние конечности и подвижную кисть руки, мощно развитую мускулатуру нижних конечностей и сводчатую стопу с сильно развитым первым пальцем. Прямохождение привело к изменению и анатомо-физиологических особенностей внутренних органов, которое стало свойственно только человеку: диафрагма поменяла положение из вертикального в горизонтальное, мышцы брюшного пресса стали выполнять большую роль в акте дыхания, усложнилась система доставки крови к сердцу от нижних конечностей и к головному мозгу от сердца. Человек в отличие от животных имеет большой объемный мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, бинокулярное зрение, ограниченную плодовитость и ряд других отличий.

Одним их фундаментальных отличий человека от животных является его **разум**. Эксперименты с животными показали, что они могут понимать слова, обезьяны даже могут сообщать о своих желаниях используя компью-

тер, но они не способны к понятийному мышлению, то есть к формированию отвлеченных представлений о предметах, в которых обобщены свойства конкретных вещей. «Мышление» животных конкретно. Человек же способен к *абстрактному и логическому мышлению*. Животные способны испытывать различные чувства: радости, тоски, злости и др., у них есть память, воображение, они способны создавать сложные и красивые произведения, например, паук способен соткать великолепную паутину, но только человек, благодаря способности понятийно мыслить, *сознает и понимает*, что он делает.

Вторым фундаментальным отличием человека от животных является то, что он владеет **речью**. Животные способны общаться друг с другом с помощью сигналов. Но общаться с помощью слова способен только человек. Эту способность крупнейший русский физиолог **И.П. Павлов (1849-1936 гг.),** создатель учения о высшей нервной деятельности, назвал 2-ой сигнальной системой, в отличие от 1-ой, которой обладают животные.

Следующим фундаментальным отличием человека от животных является его **способность к труду.** Человек способен не только использовать орудия труда, как это делают некоторые виды животных, например обезьяны, но **изготавливать их и совершенствовать.** Именно поэтому считают, что труд создал человека.

Понятийное мышление, речь и труд – стали отправными путями, которые способствовали формированию человека и обособлению его от природы. Существуют еще два признака, сыгравшие огромную роль в формировании культуры человека это – **использование огня и захоронение трупов.**

Эволюция обезьяны в человека прошла длительный период. Под влиянием похолодания в ледниковый период джунгли отступили к экватору. Одна из ветвей обезьян, ведущих древесный образ жизни (дриопитеков), была вынуждена спуститься с деревьев и, приспосабливаясь к новым суровым условиям, вести тяжелую борьбу за существование. Естественный отбор шел в направлении сохранения признаков, содействовавших развитию стадности, так легче было выжить в суровых условиях, и совершенствованию руки, которое оказалось возможным благодаря тому, что дриопитек перешел к прямохождению. Именно благодаря стадному образу жизни и использованию освободившихся от передвижения рук для изготовления орудий этим гоминидам удалось выжить. Таким образом, решающим шагом на пути от обезьяны к человеку явилось *прямохождение.* Некоторые исследователи полагают, что человеческая история начинается с прямохождения. Профессор антропологии Гарвардского университета Д. Пилбим считает, что «бипедия (двуногое хождение) была первой и наиболее существенной адаптацией в эволюции гоминид». Прямохождение привело к тому, что роль обонятельных раздражителей в сексуальном поведении гоминидов стала меньшей, чем у животных. За счет этого освободился корковый обонятельный анализатор, что повлекло за собой многочисленные следствия, в числе которых не последним было возникновение речевой деятельности и человеческого созна-

ния. Использование орудий, стадный образ жизни также активно способствовали развитию мозга и возникновению речи.

Появление речи у древних людей связывают с эволюционным развитием мозга, в том числе его объемным увеличением. Так у австралопитеков размер мозга составлял 500-600 куб. см, у питекантропов – до 900 куб. см, у современного человека – 1400 куб. см. Признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга равная 750 г. Именно при такой массе мозга овладевает речью ребенок. Речь древних людей была очень примитивна, но уже она выражала качественное отличие высшей нервной деятельности человека от высшей нервной деятельности животных. Слово, обозначающее действие, трудовые операции, предметы, а затем и общие понятия, стало важнейшим средством общения между людьми. Речь способствовала более эффективному взаимодействию членов первобытного стада в трудовых процессах, передаче накопленного опыта от поколения к поколению, то есть обучению. Опыт и знание приобретают силу, поскольку способствуют выживанию в трудных условиях. Речь содействовала развитию процесса мышления, совершенствованию трудовых процессов, эволюции общественных отношений.

Останки древнейшего предка человека и высших обезьян, известного науке как рамапитек, были обнаружены на территории от Индии до Африки. Предполагают, что он жил приблизительно 14 млн. лет назад. Первые австралопитеки – ископаемые человекообразные приматы, передвигающиеся на двух ногах, были найдены в Южной и Восточной Африке. Палеонтологи датирует это время от 3 до 5 млн. лет тому назад. Позднее «обезьянолюди» были обнаружены в раскопках, проведенных не только в Африке, но и в Европе и Азии. Среди них 2-3 млн. лет назад выделился род человек (Homo). Древнейшие люди питекантропы и синантропы, в том числе человек умелый (Homo habilis) и человек прямоходящий (Homo erectus), появились приблизительно 1-2 млн. лет назад и прошли эволюцию к древним людям – неандертальцу (Homo neandertaliensis), появившемуся около 200 тыс. лет назад, и наконец, к кроманьонцу – прямому предку современных людей, возникшему примерно 40-50 тыс. лет назад.

На основании обширных и тщательно проанализированных палеонтологических и антропологических результатов исследования сложилось обоснованное заключение о том, что человек не случайное, не независимое явление на Земле. Появление его стало закономерным результатом развития биосферы Земли, ее высшей, качественно новой ступенью развития. Этот вывод подтверждается данными генетики. Они дают прямые доказательства родства человека с живыми организмами, обитающими на Земле, свидетельствуя о преемственности между низкоорганизованными и высокоорганизованными формами жизни. Было установлено, что в генотипе человека примерно 95% генов унаследовано от наших обезьяноподобных предков; часть генов общая с примитивными насекомоядными млекопитающими, послужившими исходной группой для эволюции всех приматов; есть также гены,

переданные через длинный ряд промежуточных форм от рыбообразных предков. Эти современные данные убедительно подтверждают биогенетический закон, говорящий о повторении в индивидуальном развитии организма всего предшествующего хода эволюции и объясняющий ряд примитивных признаков в эмбриональном развитии высших форм их происхождением от низших. На сегодня можно считать доказанным, что современный человек имеет земное происхождение, он корнями уходит в биосферу, эволюционирующую в системе солнечно-земных связей и Космоса.

Человек рожден биосферой, он один из 3 млн. известных сейчас биологических видов на Земле. Определено его место в биологической системе животного царства как биологического вида: вид – разумный (sapiens), род – человек (Homo), семейство – люди (Hominidae), подотряд – человекообразные (Antropoidea), отряд – приматы или обезьяны (Primates), класс – млекопитающие (Manimalia), подтип – позвоночные (Vertelrata), тип – хордовые (Chordata). С экологических позиций человечество можно рассматривать как общемировую популяцию биологического вида, составную часть экосистемы Земли.

Важнейший феномен, отличающий человека от других высших животных и дающих ему преимущество, закреплен в материальном носителе разума – мозге, который сформировался в процессе длительной эволюции. Предполагают, что процесс цефализации (развития мозга) продолжался около двух миллиардов лет. Элементы разумного поведения обнаруживают высшие животные и некоторые птицы. Но полноценное проявление разума в биосфере, как мы об этом уже говорили выше, присуще только человеку: он владеет речью и обладает сознанием. Эти различия связаны с особенностями строения и структуры мозга человека, которые были выявлены совсем недавно, в последние 30 – 40 лет.

Многие структурные ансамбли нервных клеток мозга (нейронов), которые считаются простейшей структурной единицей мозга, отвечающие за такие функции как зрение, слух, двигательные реакции и многие другие, у человека и приматов подобны. Но существенно отличаются по размеру и связям структурные ансамбли, отвечающие за речь и двигательные реакции рук, особенно кистей. Выделяются у человека и лобные доли, которые, согласно сложившимся представлениям, осуществляют интеграцию различных функций мозга в целенаправленные поведенческие реакции, а также участвуют в ассоциативных и обобщающих мыслительных процессах. У человека рекордная для животного мира относительная площадь лобных долей мозга, она достигает 25 %.

Строение ансамблей нервных клеток, их связи в мозгу программируются генетическим аппаратом. Развитость речевых и двигательно-трудовых структурных ансамблей мозга человека наследуется детьми от родителей. Но наследуется не речь и не трудовые навыки как таковые, а лишь потенциальная возможность их последующего приобретения. Генетические возможности реализуются только при условии воспитания и обучения детей в сообще-

стве людей. Генетический потенциал ограничен во времени жесткими возрастными рамками. Если человек лишен общества или сроки общения в обществе, образования и воспитания упущены, то по развитию он может остаться на уровне приматов. Пробуждение в людях низменных начал в ущерб разуму с поразительной быстротой ведет к потере культурных завоеваний, к возрождению дикости и агрессивности даже в условиях технической развитости.

12.2. Биосоциальность человека

Человек – это высшая ступень развития живых организмов на Земле. По определению И.Т. Фролова (1985) он – «субъект общественно-исторического процесса, развития материальной и духовной культуры на Земле, **биосоциальное существо,** генетически связанное с другими формами жизни, но выделившееся из них благодаря способности производить орудия труда, обладающее членораздельной речью и сознанием, творческой активностью и нравственным самосознанием». Биосоциальная природа человека отражается в том, что его жизнь определяется единой системой условий, в которую входят как биологические, так и социальные элементы. В биологическом плане человек выступает как организм, как особь вида Homo, в социальном – как личность, включенная в систему отношений с другими людьми – личностями.

Биологическая природа человека проявляется в присущем всему живому стремлении сохранить свою жизнь и продолжить ее во времени и пространстве через размножение, обеспечить максимум безопасности и комфорта. Эти естественные устремления человека достигаются через постоянные взаимодействия его со средой обитания: люди потребляют пищу и выделяют продукты физиологического обмена, защищаются от врагов и избегают других опасностей, участвуют в конкуренции за жизненные ресурсы. Человек, имея биологическое происхождение и принадлежность к миру живой природы, подчиняется всем биологическим законам. Так, например, биологически запрограммирована средняя продолжительность жизни человека, около 100 лет; биологическую и генетическую природу имеет одаренность людей, расовая и половая принадлежность в рамках своего вида.

Биологическая эволюция, которая создала хорошо развитый мозг, способствовала формированию общественного характера труда: сообщество людей занималось охотой, потом скотоводством, земледелием и ремеслом, последние два-три века получило бурное развитие промышленное производство. Появление абстрактного мышления, выражающегося на первых этапах развития в попытках отражения окружающей действительности в художественных образах – наскальных рисунках, резьбе по дереву и кости, а также создании примитивных религий, уже способствовало все большему обособлению человека. Постепенно в жизни человека снижалась роль природной среды и возрастала роль искусственной среды, что привело к резкому

уменьшению зависимости его от природных условий. В результате эволюция человека вышла из-под определяющего влияния биологических факторов и приобрела социальный характер. С тех пор человек выделился из животного мира, и биологическая эволюция перестала играть решающую роль в его развитии. Определяющим фактором в развитии стала социальная эволюция, от которой сегодня зависит биологическая природа, физический облик и умственные способности человека.

Большинство ученых считают, что процесс антропогенеза завершается вместе с прекращением видообразования человека, что произошло 30-40 тыс. лет назад. С этого времени заканчивается и действие естественного отбора как ведущего фактора эволюции человека. С появлением человека разумного и генетическая информация утрачивает свое главенствующее значение, она замещается социальной информацией. И отныне все развитие человека обусловлено социальной эволюцией, в основе которой лежит развитие интеллекта и целесообразной деятельности. Действительно, мы наблюдаем, что благодаря социальным преобразованиям и развитию медицины, в развитых странах давление естественного отбора значительно снизилось. В условиях развитости транспорта, активной урбанизации (миграции в город из села) генный дрейф, обычный для животного мира, в мире человека теряет значение как фактор популяционной динамики. И тем не менее, человек, являясь биосоциальным существом, не освободился от действия общебиологических закономерностей, универсальных для всего живого.

В обществе сохраняет свое значение мутационный процесс как источник генотипической изменчивости. В известной мере действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы. Об этом говорят следующие опубликованные данные (1984): 5 % эмбрионов человека погибает на ранних стадиях онтогенеза (спонтанные аборты), 3 % – составляет мертворожденность, 3 % – смертность до наступления репродуктивного возраста, 20 % – взрослых, не вступивших в брак, и 10 % – бесплодные браки и т.п. То есть, приблизительно 50 % первичного генофонда не воспроизводится в следующем поколении и значительная часть этих явлений обусловлена генетически.

Сегодня большинство исследователей склонны считать, что преувеличение значения биологической или социальной сторон бытия человека, которое составляло основную суть многолетних споров философских течений редукционизма и витализма, несостоятельно. Биологическое и социальное в человеке связано неразрывно. Биологическое функционирование организма человека социально детерминировано. Например, человек воспроизводит себя как и по законам биологии, так и по социальным законам, последние из которых в сформировавшемся обществе ограничивают естественный отбор. Важнейшие природой заложенные терморегуляционные процессы организма человека социально настроены на определенный, искусственно поддерживаемый микроклимат: для этого человек строит жилище, его одежда носит сезонный характер. Одну из основных своих биологических функций – пита-

ние – человек социально преобразил, научившись по-новому готовить и употреблять пищу. В связи с этим, говоря о сущности человека, решая вопрос, что такое человек, необходимо принимать во внимание как биологическую составляющую, так и качественную специфику социальной формы движения материи.

Биологическое и социальное в человеке выступают как генетически и функционально связанные уровни его целостной организации. Биологическое есть необходимое, но недостаточное условие становления и функционирования социального. И действительно, человек не может возникнуть без биологического, ибо наличие биологического – непременное условие и обязательная предпосылка становления человека из животного мира. Однако обезьяна не может превратиться в человека только по законам развития органического мира. Здесь нужно нечто большее. Человек – «телесный индивид» – приобретает свою социальную сущность не по биологическим законам, а по законам общественного развития. Таким образом, социальное приобретает относительную независимость от биологического и само становится необходимым условием своего дальнейшего существования, формируя личность, отражающую совокупность общественных отношений.

12.3. Здоровье человека

> Для того, чтобы человек мог соответствовать
> своей роли венца природы и выполнить
> историческую миссию на Земле и в Космосе,
> он должен быть здоровым.
>
> И.И. Брехман

Наша биосфера – динамичная планетарная экосистема, которая в процессе своего эволюционного развития выработала способность к саморегуляции и нейтрализации негативно действующих процессов. Еще в XVIII в. человечество находилось в гармонии с природой, но уже в конце XIX в. научно-технический прогресс, способствующий появлению и внедрению новых технологий, привел к небывалым по силе, и разнообразию воздействиям на биосферу. Воздействие человека оказалось настолько мощным, что сегодня поставило под угрозу само существование биосферы: разрушается озоновый слой Земли, уничтожается планктон морей и океанов, гибнут многие виды животных и растений, в окружающую среду выбрасываются тысячи тонн различных веществ, в том числе токсичных, канцерогенных, не родственных биосфере, которые она не способна трансформировать. За время своего существования человек уже уничтожил 70% естественных экосистем, которые были способны перерабатывать отходы жизнедеятельности людей. Своей неразумной опасной деятельностью человек по существу уничтожает биологическую и экологическую систему Земли, провоцируя ее катастрофу.

Человек не замечает, что, уничтожая природу, он губит самого себя, поскольку сам является частью природы, частью биосферы. Вставшие в полный рост многочисленные современные глобальные экологические проблемы, такие как нарушение биологического разнообразия, опустынивание, исчезновение лесов, преобразование территорий, кислотные дожди, разрушение озонового слоя, требуют немедленного позитивного решения. К сожалению, осознание этого происходит очень медленно. Но уже сегодня многие факторы современной, окружающей среды, такие как загрязняющие вещества канцерогенного и мутагенного действия (диоксины, пестициды, тяжелые металлы), энергетическое (шумовое и электромагнитное) и ионизирующее загрязнение среды, оказывают сильное негативное воздействие на здоровье человека. В такой обстановке не только физическое, но и психическое здоровье человека испытывает мощное отрицательное воздействие. Так Чернобыльская катастрофа привела не только к тому, что в областях, пострадавших от аварии, резко возросло число детей с раком щитовидной железы, но и к тому, что у 30 % 5-6 летних детей наблюдалось отставание в психическом развитии, а у населения появилось новое заболевание – радиофобия, то есть повышенный страх перед радиацией, необъективная раздражительность, эмоциональные срывы. Сегодня совершенно очевидно, что проблема сохранения здоровья оказалась очень важной как для отдельного человека, так и для общества в целом, поскольку выливается в проблему выживания Homo sapiens как вида.

Первобытные медицинские представления человека были очень наивны и изначально строились на понимании болезни как воздействии сверхестественных сил. Так древние вавиловяне считали, что жизнь связана с кровью, а печень, содержащая запас крови является главным органом жизни, органом мышления они считали сердце. В этот период времени врачевание заключалось в изгнании злого духа, которое осуществлялось с помощью молитв и жертвоприношения. Со временем этот тип врачевания формирует знахарей-заклинателей, опиравшихся на мифологические и магические процедуры.

Учение о здоровье прошло многовековый путь развития, своими корнями оно уходит в философию и медицину Древней Греции и Древнего Рима и изложено в трудах Гиппократа и Платона. О влиянии образа жизни на состояние человека уже обсуждает медик и философ Средневековья Абу Али ибн Сина (Авиценна). Народная медицина того времени основана на древнейшей традиции лечебного применения средств растительного, животного и минерального происхождения. Позднее создаются приемы санитарии и гигиены, появляются физиотерапевтические процедуры, массаж, иглотерапия, диетика, разрабатываются новые хирургические приемы и создаются первые хирургические инструменты (скальпель, щипцы и др.). Это направление формирует лекаря-врачевателя – знатока лекарственных трав и простейших методов хирургии. Натурфилософские концепции того времени представляют болезнь как особую форму жизни, имеющую более низкий уровень, чем

нормальная жизнь. Болезнь рассматривается односторонне, как соматическое проявление, болезнь только физического тела человека.

В XX в. возникает и набирает силу новая концепция – целостности организма, на основе которой возникают психосоматические, антропологические и социокультурные модели болезни. Среди них особое место занимает концепция З. Фрейда, пробившая брешь в традиционных натуралистических воззрениях. По Фрейду болезнь – это своеобразное телесное выражение душевных расстройств или следствие неподвластных человеку переживаний и конфликтов и их вытеснение в подсознание.

Современная медицина после долгих исканий **здоровье** определяет как способность организма к самосохранению и совершенной саморегуляции, поддержанию гомеостаза, самосовершенствованию **и соматического, и психического** статуса, а также способность человека оптимально удовлетворять свои материальные и духовные потребности. Потенциал физической, психической, умственной деятельности служит важнейшим залогом полноценной жизни человека, а следовательно, и общества. **Болезнь** же является вещественной альтернативой здоровья. Это качественно новое состояние организма, которое определяется как нарушение оптимального психосоматического состояния и способности удовлетворять свои потребности. При этом понятие болезни тесно связано с понятием *нормы*, как функционального оптимума биологической системы, и *патологии,* как нарушения этой нормы. Причинами болезней сегодня считается не индивидуальное, а совместное действие внешних и внутренних факторов, роль которых меняется в зависимости от уровня развития общества.

В прошлом, когда первобытный человек, как и весь животный мир, жил в окружающей его природной среде и был практически незащищен от природных катаклизмов, главными факторами, влияющими на его здоровье, были *гипердинамия* (максимальная мускульная активность) и *недоедание* (калорийная недостаточность, недостаточность микроэлементов и витаминов). Продолжительность его жизни была очень короткой, 20-22 года. Социальное развитие, научно-технический прогресс и развитие медицины к концу XX века не только увеличили среднюю продолжительность жизни человека до 75-80 лет (для наиболее развитых стран), но и качественно изменили содержание процесса биологической адаптации человека к окружающей среде. В настоящее время решающее влияние на здоровье человека оказывают **гиподинамия** (недостаточная физическая активность), **информационное изобилие и психоэмоциональный стресс.** Малоподвижный образ жизни, избыточное питание наряду с психоэмоциональными стрессами приводит к росту сердечно-сосудистых заболеваний, которые стали бичом нашего века. Серьезную перестройку претерпевает аппарат психоэмоциональной адаптации человека, поскольку с увеличением темпов развития науки, техники, культуры, возрастает и темп жизни. Появляются новые повышенные требования к внутренним ресурсам человека, резервом которых является психическое и моральное здоровье. Однако скорости психофизиологических и сома-

тических реакций организма часто отстают от ритмов социальной и производственной жизни, в результате чего возникает социально-биологическая аритмия как предпосылка возникновения многих заболеваний.

Результатом этого является все более ухудшающееся здоровье населения Земного шара. Важнейшим показателем здоровья и благополучия общества является уровень младенческой смертности. В России этот показатель за последние пять лет увеличился на 15 %. В последние годы более 70% беременных женщин имеют отклонения в состоянии здоровья, до 20% возросла доля новорожденных с физическими и неврологическими нарушениями. Резко снизилось общее состояние здоровья молодежи. Сегодня лишь 20% юношей призывного возраста могут служить в армии. Две третьих девушек к 18 годам также имеют отклонения в состоянии здоровья.

Современная медицина успешно стремится не только помочь больному, но и осуществить профилактику здоровья. Огромная заслуга в этом принадлежит химии, которая благодаря своим новым технологиям создала арсенал синтетических высокоэффективных лекарственных средств. Однако использование синтетических лекарственных препаратов требует строжайшего контроля, тщательных клинических испытаний, поскольку, как оказалось, у некоторых из них, считавшихся безвредными, со временем были выявлены опасные для человека свойства (например, красный стрептоцид). Кроме того, многие синтетические лекарственные вещества наряду с полезным действием вызывают вредные побочные эффекты, например, нарушают течение обменных процессов, деятельность эндокринных желез. В последние годы медицина все больше стала уделять внимания профилактическим мерам и лечению с использованием методов природотерапии (гидро-, гелио-, грязе-, аэротерапия, лечение тишиной, запахами и др.) и лекарственных препаратов и пищевых добавок природного происхождения.

Сегодня проблемами здоровья занимается новая интегративная утверждающаяся наука **валеология** (valeo – здравствую, logos – учение), наука о творении здоровья души и тела. Она пытается разработать активную стратегию формирования здоровья и расширения резервных возможностей организма (увеличения количества и качества здоровья). Валеология многосторонне подходит к вопросу о здоровье, интегрируя медицинские, психологические, экологические, социальные, правовые, педагогические знания с акцентом на **созидание, охрану, укрепление и воспроизводство** здоровья человека. Многоплановая связь между здоровьем и благосостоянием, характеризуемая причинно-следственными отношениями, обуславливает необходимость изучения здоровья человека через его социальную природу. Важнейшее направление таких исследований – количественный и качественный анализ влияния на состояние здоровья различных факторов, характеризующих условия и образ жизни людей. **Стратегия валеологии** заключается в переходе от общественной здравоохранительной к индивидуальной здравосозидательной деятельности. **Предметом валеологии** на современном этапе

ее развития является изучение образа жизни людей, обеспечивающего оптимальное существование, онтогенез и деятельность человека.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют концепции о происхождении человека?
2. Существуют ли у человека признаки, сходные с признаками позвоночных животных?
3. Перечислите фундаментальные отличия человека от животных.
4. Представьте теорию эволюции человека.
5. В чем заключается феномен человека?
6. Почему человека считают биосоциальным существом?
7. В чем проявляется биологическая сущность человека?
8. Когда социальная эволюция стала определяющим фактором развития человека?
9. Как взаимодействует в человеке биологическое и социальное?
10. Дайте определение понятию «здоровье» и болезнь».
11. Какие факторы влияли на состояние здоровья человека в прошлом?
12. Какие факторы влияют на состояние здоровья современного человека?
13. Что изучает наука валеология, какова ее стратегия?

Темы для рефератов

1. Происхождение и сущность человека.
2. Телесный фактор в жизни человека. Проблема сохранения здоровья.
3. Природа человека и его взаимодействие с окружающей средой.
4. Валеология – новая наука о здоровье души и тела.

Глава 13. Психология в системе естествознания

13.1. Понятие. Научная и житейская психология, их отличие

В общей системе наук естествознания, включающей физику, химию и биологию, психология является высшим звеном этой иерархии и по ряду причин занимает особое место. Во-первых, это наука о самом сложном объекте исследования, который в настоящее время известен человеку, о психике. Во-вторых, в психологии воедино сливаются и субъект и объект познания. То есть, психические способности, которые служат ребёнку для освоения мира, становятся сами предметом осмысления и осознания. И наконец, в-третьих, уникальность психологии заключается в её практических следствиях: познавая себя, человек себя изменяет. Психология в настоящее время накопила много фактов, показывающих, как новое знание человека о себе делает его другим: меняет его отношения, цели, состояния, переживания.

Выделяют две области психологического знания, которые в корне отличаются друг от друга – это научная и житейская психология. Если первая возникла сравнительно недавно, то вторая была всегда включена во все виды человеческой практики. Эти две области имеют ряд существенных отличий.

Первое отличие заключается в том, что житейские знания конкретны и приурочены к конкретным ситуациям, тогда как научная психология, как и любая наука, стремится к обобщениям, систематизируя знания в форме положений и гипотез.

Второе отличие житейских психологических знаний заключается в том, что они носят интуитивный характер. Это связано со способом получения таких знаний, они приобретаются путём практических проб и прилаживаний. Например, педагоги, тренера находят эффективные способы воспитания, обучения интуитивным путём. В отличие от этого научные психологические знания вполне осознаны. Обычный их путь состоит в выдвижении гипотез и проверке вытекающих из них следствий.

Третье отличие заключается в способах передачи знаний. В сфере житейской психологии такая возможность весьма ограничена, так как знания передаются из «уст в уста». Тогда как в научной психологии знания фиксируются в научных понятиях, законах, литературе.

Четвёртое отличие двух направлений заключается в методах получения знаний. Если в житейской психологии всё ограничивается только наблюдениями и размышлениями, то в научной психологии к этим методам добавляется ещё и эксперимент.

И, наконец, пятое отличие заключается в том, что научная психология располагает обширным научным материалом, недоступным одному носителю житейской психологии.

Обширность этого материала приводит к тому, что эти знания стали осмысливаться в рамках различных отраслей психологической науки: возрастная психология, педагогическая психология, патопсихология, нейронс, зоопсихология и других. Таким образом, разработка специальных отраслей психологического знания – результат деятельности научной психологии. Такого механизма лишена житейская психология.

13.2. Предмет исследования психологии

Знакомство с любой наукой начинается с определения её предмета исследования и описания круга явлений, которые изучает данная наука. На вопрос: «Что является предметом психологии?» можно ответить буквально, расшифровав само понятие. Слово «психология» при переводе на русский язык с греческого означает «наука о душе» (psyche – душа, logos – наука).

С лингвистической точки зрения «душа» и «психика» – одно и то же. Однако, с развитием науки и культуры значения этих понятий разошлись. В настоящее время под психическими явлениями понимают все факторы субъективного опыта: ощущения, мысли, желания, чувства, неосознаваемые психические процессы и, наконец, все продукты материальной и духовной культуры. Считается, что во всех этих процессах и продуктах проявляется психика человека и поэтому может изучаться через них. Однако к этому заключению психология пришла не сразу, а по истечению времени, в ходе дискуссий представлений о предмете психологии.

Для того, чтобы наиболее чётко представить себе, что же является предметом изучения психологов, рассмотрим основные этапы развития психологии.

13.3. Этапы развития психологии

13.3.1. Этап донаучной психологии

Психология зародилась в недрах философии и первым предметом её исследования была «душа». Все древние философы с понятием душа связывали живое начало любого объекта. В зависимости от того, как решался вопрос о происхождении души, всех философов можно было причислить либо к материалистическому, либо к идеалистическому направлению.

Одни из наиболее древнейших представлений, которые дошли до нас – это взгляды представителя Милетской школы Фалеса. Фалесу приписывают авторство изречения «Познай самого себя», начертанного над входом в храм Аполлона в Дельфах. Фалес полагал душу двигательным началом и наделял душой даже некоторые неодушевлённые предметы (магнит, янтарь).

Считается, что ученики Фалеса Анаксимен и Анаксимандр придерживались материалистических взглядов. Известно следующее высказывание

Анаксимена: «Как наша душа, сущая воздухом, скрепляет нас воедино, так дыхание и воздух объемлют весь космос».

С точки зрения Гераклита душа имеет «огненное» начало, к которому примешивается и «влажное». Душа тем лучше, чем в ней больше огня, а вот у пьяных и развращённых людей душа наоборот влажная. Познание собственной души Гераклит считал одним из достойнейших занятий человека.

Ещё один представитель досократовской школы философии – Анаксагор. Он в отличие от других философов был учёным, целиком посвятившим себя науке. Анаксагор считал, что должно быть какое-то движущее начало, которое управляет миром, иначе, по его мнению, невозможно было бы иметь порядок во Вселенной. Он считал, что Ум одновременно правит миром и познаёт его. Если Ум – движущее начало всей Вселенной, которая состоит из мельчайших частиц, то душа – это принцип движения живых существ.

Наиболее известными философами Италийской школы являются Демокрит, Сократ и Платон.

Сократом (470-399 гг. до н.э.) всегда руководила жажда знаний о человеке, его душе, о человеческом познании и поведении. Он был философом, который проповедовал свои взгляды устно, в форме бесед и не написал за свою жизнь ни строчки. Его взгляды мы узнали из работ его наиболее талантливого ученика **Платона (427-347 гг. до н.э.).**

В работах Платона мы обнаруживаем взгляд на душу, как на самостоятельную субстанцию, то есть она существует наряду с телом, независимо от него. Душа – это божественное начало, незримое, вечное. Тело – начало низменное, тленное. Душа и тело находятся в сложных взаимоотношениях друг с другом. Тело раздирается различными желаниями и страстями, заботится о пропитании, подвержено недугам и соблазнам, мешает чистому познанию.

Из своих представлений о душе Платон и Сократ делают и этические выводы. Так как душа человека – это самое высокое, что есть в нём, то он должен заботиться о здоровье души значительно больше, чем о здоровье тела. При смерти душа расстается с телом, и в зависимости от того, какой образ жизни вёл человек, его душу ждёт различная судьба: либо она будет блуждать вблизи земли, либо отлетит в идеальный мир.

Отличных взглядов придерживался **Демокрит (460-370 гг. до н.э.),** который считал, что душа – это материальное вещество, состоящее из атомов огня, имеющих форму шара и очень подвижных. Все явления духовной жизни Демокрит объясняет механическими причинами, а именно душа получает ощущения за счёт того, что её атомы приводятся в движение атомами воздуха и атомами окружающих её предметов.

Наконец, самым гениальным учеником Платона был **Аристотель (384-322 гг. до н.э.).** Его трактат «О душе» в течении многих веков являлся первым и единственным руководством по психологии. Сам Аристотель по праву считается основателем психологии.

По мнению Аристотеля душа – это словно форма отпечатка на воске, который неотделим от самого воска, он определяет душу, как сущность живого тела. Аристотель делит все функции живого тела на три группы. Рост, питание и размножение, кроме человека свойственные ещё животным и растениям, Аристотель называет «растительной душой». Такие психические

функции, как ощущение, восприятие, память, Аристотель приписывает только человеку и животным, называя их «животной душой». И, наконец, он выделяет разум и волю, присущих только человеку, и называет их «разумной душой». Эти функции он считает не просто функциями живого тела, а проявлением божественного разума и воли в человеке, и считает их бессмертными.

Эти взгляды на природу человеческого сознания продержались в науке значительный период времени и претерпели своё изменение лишь в период последней четверти XIX века, когда оформилась научная психология.

13.3.2. Сознание, как предмет исследования психологии

У истоков научной психологии стоит известный французский философ **Рене Декарт (1596-1650 гг.).** В одном из своих произведений Декарт рассуждает как лучше добраться до истины. Он считает, что для этого нужно всё подвергнуть сомнению. А подвергнуть всё сомнению мы можем прийти к выводу, что нет ни земли, ни неба, но при этом всегда останется наше сомнение. А это верный признак того, что мы мыслим. Из этого следует знаменитая фраза Декарта: «Я мыслю, значит существую». Под мышлением Декарт понимает также желания, чувства и воображение. Из этих утверждений он делает свой главный вывод, что человек имеет в себе своё собственное сознание. Эти идеи Декарта были восприняты новой психологией и вместо понятия души появился новый объект исследования – это человеческое сознание.

Прежде всего психологи того времени попытались подвергнуть анализу состояния и содержание сознания. Первично было определено поле сознания, в котором выделялась «центральная область», ясная и отчётливая и «периферия сознания», где образы неотчётливы и смутны. Обе эти области находятся в постоянном и непрерывном движении. Далее было обнаружено, что процессы сознания делятся на два больших класса: произвольные и непроизвольные. Оба этих типа процессов изучались известным немецким учёным **Вильгельмом Вундтом (1832-1920 гг.)** в его первой лаборатории экспериментальной психологии, открытой при Лейпцигском университете.

Простейшими элементами сознания Вундт объявил отдельные впечатления или ощущения. Каждое из ощущений имеет ряд атрибутов: качество, интенсивность, длительность, протяжённость. Ощущения – это объективные элементы сознания. Кроме того, существуют и субъективные элементы, это: возбуждение – успокоение; удовольствие – неудовольствие, напряжение – разрядка.

Главным и единственным методом исследования психологии сознания был метод интроспекции, идейным отцом которого считался английский философ **Дж. Локк (1632-1704 гг.).** По мнению Дж. Локка существует два источника знаний: первый – это объекты внешнего мира, второй – деятельность собственного ума. Деятельность ума, к которой Локк причислял мышление, сомнение, веру и т.д., познаётся с помощью особого чувства – рефлексии. Рефлексия – это наблюдение, которому ум подвергает свою деятельность. Такой метод внутреннего самонаблюдения или рефлексии стал основным методом психологии сознания в силу двух причин. Во-первых, свойства сознания открыты

самому субъекту, во-вторых, эти процессы закрыты для стороннего наблюдателя.

Для использования метода интроспекции необходимо было стажироваться длительное время. Испытуемые должны были избегать в своих ответах терминов, описывающих внешние объекты. Например, испытуемый не мог сказать: «Мне предъявили большое красное яблоко». А должен был сообщить следующее: «Сначала я получил ощущение красного, и оно затмило всё остальное; потом оно сменилось впечатлением круглого, одновременно с которым возникло лёгкое щекотание в языке, по-видимому, след вкусового ощущения».

Вполне понятно, что вскоре стали обнаруживаться крупные проблемы и трудности. Становилась всё более очевидной бессмысленность такой психологии. Было показано, что интроспекция субъективна и поставляет сведения о сознании с искажённом виде. Поскольку психология сознания лишилась единственного метода исследования, то она просто перестала существовать. И в связи с этим, во втором десятилетии нашего века в психологии происходит революция, а именно смена предмета психологии. Этим предметом становится не сознание, а поведение человека.

13.3.3. Предмет и задачи психологии поведения

Смена объекта исследования с сознания на поведение считают событием соизмеримым с возникновением самой научной психологии. В этот период в научной печати выступает американский психолог Дж. Уотсон, с заявлением, что нужно пересмотреть вопрос о предмете психологии. Уотсон считал, что психология должна стать естественнонаучной дисциплиной и должна ввести научный объективный метод исследования. Предметом науки может быть только то, что доступно внешнему наблюдению: поступки, факты поведения человека, позы, мимика, дыханье, напряжение мышц и т.д. Это направление в психологии получило название бихевиоризма. Поведение человека Уотсон определял как систему реакции. Это значит нужно найти внешнее воздействие, которое вызывает действие человека. Уотсон предлагает следующую знаменитую формулу ($S \rightarrow R$, S – стимул, R – реакция) и ставит перед собой следующие задачи:

- выявить и описать типы реакций;
- исследовать процесс их образования;
- изучить законы их комбинаций, т.е. изучить сложное поведение.

Надо отметить, что бихевиористы экспериментировали в основном на животных, считая их более чистыми объектами, а получаемые результаты слепо переносили на человека. При дальнейшем развитии бихевиоризма стала обнаруживаться чрезвычайная ограниченность схемы $S \rightarrow R$ для объяснения поведения. И представителями позднего бихевиоризма была введена дополнительная переменная V, и схема приобрела вид $S \rightarrow V \rightarrow R$. Под этой переменной понимают внутренние процессы (цели, намерения и т.д.), которые влияют на внешнее поведение человека. Неприкасаемость к проблемам со-

знания является одним из главных пробелов бихевиоризма. Однако, важно отметить и заслуги этого направления.

Во-первых, благодаря ему психология встала на естественнонаучный путь развития. Во-вторых, в процесс психологического исследования был введён объективный метод, основанный на регистрации и анализе внешне наблюдаемых фактов, процессов и событий.

13.3.4. Категория деятельности в психологии

В 20-30-х годах двадцатого столетия, когда в расцвете находились новые зарубежные теории, такие как бихевиоризм, советскими психологами начала разрабатываться психологическая теория деятельности. Авторы этой теории взяли на вооружение философию диалектического материализма, теорию К. Маркса и прежде всего тезис о том, что не сознание определяет бытие и деятельность, а наоборот бытиё и деятельность определяет сознание.

Теория деятельности была разработана выдающимися советскими психологами Сергеем Леонидовичем Рубинштейном и Алексеем Николаевичем Леонтьевым. Основные принципы деятельности, новые по сравнению с предыдущими концепциями, заключались в следующем:

1. Действие включает в качестве необходимого компонента акт сознания в виде постановки и удержания цели.
2. Действие – это одновременно и акт поведения. Следовательно теория деятельности сохраняет достижения и бихевиоризма. Эти два пункта состоят в признании неразрывного единства сознания и поведения.
3. Деятельность – это активный, целенаправленный процесс.
4. Действия человека предметны, т.к. они реализуют производственные и культурные цели.

13.3.5. Современные представления об особенностях человеческой психики и природе человеческого сознания

В истории естествознания существовали различные попытки локализовать психику в природе. Среди них можно выделить теорию панпсихизма, согласно которой душой наделена вся природа, в том числе и неживая. Теория биопсихизма приписывала психику всему живому, включая растения. Напротив, теория антропопсихизма предполагала, что психика существует только у человека, а растения и животные только живые автоматы. Среди всех точек зрения в настоящее время наибольшее развитие и признание получила гипотеза А.Н. Леонтьева. В качестве объективного критерия психики Леонтьев предлагает рассматривать способность живых организмов реагировать на биологически нейтральные воздействия, которые не вредны и не полезны организму, а являются потенциальными сигналами окружающей среды.

Например, звуками животное не питается и не погибает от звука обычной интенсивности. Но звуки в природе – это сигналы живой пищи или приближающейся опасности.

В результате ряда рассуждений Леонтьев приходит к ответу на вопрос о том, в результате чего в ходе биологической эволюции появилась психика. Он считает, что психика обеспечивает более эффективное приспособление организма к окружающей среде. Приспособление организма к окружающей среде может осуществляться двумя путями: либо путём изменения строения и функционирования органов, либо путём изменения поведения без изменения организации. Первый путь является общим у растений и животных, тогда как второй путь имел место только у животных и был связан с развитием психических явлений.

Становление сознания связывают с возникновением новой формы бытия – бытия человеческого. Развитие сознания человека неразрывно связано с началом общественно-трудовой деятельности. Считается, что в развитии трудовой деятельности заключается основной и решающий факт, из которого проистекают все отличия человека от животного, все особенности человеческой психики. Сознание всегда предполагает познавательное отношение к предмету, находящемуся вне сознания. Возникновение сознания как специфически человеческого способа отражения окружающей действительности неразрывно связано с языком. Без языка нет сознания. Психологический подход к проблеме сознания исключает возможность рассматривать сознание как готовое образование. В психологическом плане сознание выступает как процесс осознания человеком окружающего мира и самого себя.

13.3.6. Наше восприятие мира

Наше восприятие мира стабильно. На наш взгляд мир состоит из материальных объектов. Дерево – это дерево, стол – это стол. Однако, мы подгоняем мир под мерки, определяемые нашими органами чувств. Ведь каждый организм обладает теми рецепторами, которые позволяют ему получать ту информацию, которая наиболее полезна для его приспособления к окружающей среде. Кроме того, современная физика открыла нам мир, который не укладывается в механистическую концепцию Ньютона и Декарта. Согласно данным квантовой механики само наблюдение за частицей изменяет её поведение. Поэтому, по мнению некоторых учёных, вполне правомерно поставить вопрос: «Что же мы наблюдаем? Саму материю или собственный опыт?»

Окружающая среда посылает нам тысячи сигналов, из которых мы можем уловить лишь небольшую часть. Такое взаимодействие организма с окружающей средой обеспечивается с помощью нервной системы. Нервная система обеспечивает нам такие ощущения, как слух, зрение, осязание, обоняние, кожную чувствительность и т.д. А также участвует в организации более сложных психических процессов – восприятия, мышления, памяти и внимания.

Для того, чтобы мы осознали какой-либо объект окружающей среды нужно, чтобы исходящая от него энергия стала стимулом, т.е. возбудила какой-либо из наших рецепторов. Тогда в нервных окончаниях одного из

наших органов чувств возникнут электрические импульсы. Начнётся процесс восприятия. Далее сигнал передаётся по нервным центрам в спинной или головной мозг. Головной мозг обрабатывает данный сигнал и вызывает определённую реакцию организма. Например, при ожоге раздражаются болевые рецепторы, далее сигнал по проводящим путям передаётся обратно и мы отдёргиваем руку. Такая последовательность передачи нервной информации носит название рефлекторной дуги. Ещё более сложными оказываются механизмы организации восприятия, мышления и памяти. Предполагается, что за эти процессы, как и за эмоции отвечают определённые зоны в коре головного мозга.

Таким образом, современная научная психология утверждает, что вся наша жизнедеятельность регулируется нервной системой человека, которая выполняет две главные функции. Во-первых, это передача информации, во-вторых, это обработка информации и программирование реакций.

13.3.7. Психология бессознательного

В современной научной психологии все неосознаваемые процессы рассматриваются как процессы совершающиеся без участия сознания, которые являются на самом деле знаниями, но в данный момент не осознаются. Все неосознаваемые процессы Ю.Б. Гипенрейтер делит на три больших класса.

К первому относятся неосознаваемые механизмы сознательных действий. Это движения доведённые до автоматизма, врождённые акты или те движения, которые формируются в первые годы жизни ребёнка, а также процессы, которые сопровождают действия (мимика, жесты и т.д.).

Второй класс явлений – это неосознаваемые побудители сознательных действий. Эта тема прежде всего связана с именем Зигмунда Фрейда, который создал свою теорию бессознательного. Согласно ей, в психике существует три области: сознание, предсознание и бессознательное. Типичные представители предсознательной сферы – это скрытые знания. Это те знания, которыми человек располагает, но они в данный момент не осознаются.

Область бессознательного обладает совершенно другими свойствами. Эта область сильна и оказывает значительное влияние на наши действия и состояния. З. Фрейд выделяет три основные формы проявления бессознательного: сновидения, ошибочные действия (описки, оговорки и т.п.) и невротические симптомы. И наконец, третий класс неосознаваемых процессов – это «надсознательные процессы». Это продукт большой сознательной работы, который затем вторгается в сознательную жизнь человека. Например, вы долго годами, месяцами думаете над каким-либо вопросом, и в один прекрасный день всё вдруг проясняется, и вы приобретаете качественно новый взгляд на исследуемую проблему.

Таким образом, в рамках современной научной психологии, стоящей на позициях диалектического материализма человек рассматривается с одной стороны как существо биологическое, имеющее мощный физиологический механизм регуляции как деятельности внутренних органов, так и соб-

ственного поведения – нервную систему, с другой стороны – как существо социальное, способное накапливать и усваивать весь опыт культурно-исторического развития человечества. Именно этот опыт рассмотрен и назван К.Г. Юнгом коллективным бессознательным. Коллективное бессознательное – это наследие эволюционного развития человека, наследие, возникающее на основе повторяющихся переживаний многих поколений. Сознание рассматривается как способность высокоорганизованной материи (нервной системы человека) отражать и окружающий мир, и действительность. Иначе говоря, в отсутствии работы нервной системы человека нет и восприятия окружающего мира. Однако, было бы несправедливо оставить без внимания огромное количество накопленных к настоящему времени свидетельств и огромное количество изданной по этому поводу литературы, где несколько иначе подходят к вопросам о сознании и происхождении человека, где человек рассматривается как космическое и духовное существо, неразрывно связанное со всем человечеством и Вселенной, обладающее возможностью доступа к общемировому информационному полю.

13.3.8. Человек как космическое существо

Факты легко отрицать, когда с ними не сталкиваешься, но если явления наблюдаются часто, почти повседневно, то игнорировать их невозможно. Это такие факты, которые получили название биополе, энергоинфомационное лечение, экстрасенсорное восприятие, ясновидение, телепатия, предвидение и т.д. Та отрасль психологии, которая занимается исследованием этих явлений носит название парапсихологии. В нашей стране в научных кругах эти явления широко не обсуждаются, тогда как в США эти проблемы уже более 30 лет обсуждаются в научных кругах и упоминаются в американских учебниках по психологии.

Среди множества литературных источников, особое место занимают труды семьи Рерихов. Их несомненная компетентность в сфере паранормальных явлений делает любые их указания чрезвычайно ценными и достойными не только пристального внимания, но и научного исследования.

По мнению А.П. Гримака психолога, психотерапевта, многочисленные труды Рерихов будут востребованы многими образованными людьми, в том числе медицинскими специалистами и учёными.

«Изучение свойств человека, – пишет Е.И. Рерих, – даст направление и расширение сознания. Мысль среди самых неучтённых сил. Целая наука может быть основана, чтобы разъяснить воздействие энергии Мысли. Истинно, изучение Мысли и её аппарата в мозгу и сердце явит интереснейшую науку. Изучая передачу Мысли, человечество обратит внимание на все сопровождающие явления. В Новом Веке Мысль есть пространство… Сила мысли основана на силе сердечной энергии, она зависит от силы сердечного устремления».

Центральным и основным вопросом всей психологии является вопрос о происхождении человеческого сознания. С точки зрения традиционных

взглядов сознание является продуктом деятельности центральной нервной системы. В то же время биоэнергетический подход к человеку предполагает существование сознания человека как независимой субстанции, способной вовлекаться в эволюцию личности, которая предполагает возможность многократного рождения человека во многих телах. Такое явление называется реинкарнацией и предполагается, что оно может осуществляться до тех пор, пока у души в этом будет потребность и необходимость.

Эти идеи являются ключевыми во взглядах семьи Рерихов, в работах биоэнерготерапевтов и, наконец, эти идеи являются основополагающими во взглядах буддистов. Материя есть Дух; физиология – закон Бытия. Дух вмещает всё, физиология – только условное определительное многих действующих законов, – пишет Е.И. Рерих. Существенные трудности в этой сфере связаны с недостаточным теоретическим обоснованием этих явлений. Малое количество достоверных научных фактов не позволяют пока создать научно обоснованную модель полевого взаимодействия биологических объектов. Несколько активнее эти проблемы решаются на философском уровне.

На основе анализа квантово-механических взаимодействий физических полей живых и неживых объектов создаются варианты моделей, основанные на признании единой Вселенной, бесконечной во времени и пространстве многомерной причинно-следственной сети взаимосвязей. Представляется, что эти взаимосвязи образуют некое бесконечное энергоинформационное поле, каждая многомерная точка которого связана со всеми остальными его точками; воздействует на них и испытывает на себе их влияние. Из этого предположения вытекает важное следствие: каждая точка пространства имеет в себе информацию о всех других точках пространства и, в свою очередь, имеет своё собственное представительство в других точках пространства – времени. Эта идея несколько напоминает голографические открытия в физике. Голография позволяет получать объемные изображения предметов, причём каждая часть фотопластинки воспроизводит весь образ, так как сигнал от предмета распределяется по всей её поверхности. На сколько кусочков мы не разделили бы пластинку, на каждом из них будет отображён целый объект. По мнению Прибрама, профессора-нейропсихолога из Стенфордского университета, сама Вселенная голографична, а наш мозг просто создаёт голограмму, которая отображает всю Вселенную. Таким образом в каждом из нас содержится информация обо всём, что происходит и происходило во Вселенной. Однако, мы не можем использовать такую информацию, так как не осознаём её.

«Человек является высшим проявлением Космоса и сублимации всех его энергий или сил, – пишет Е.И. Рерих. Человек – сеятель зёрен духа, чем чище его энергия, тем совершеннее эти зёрна. При росте сознания и совершенствовании человечества вся жизнь не только на нашей планете, но и Солнечной системе, и Космосе развивается с прогрессирующей быстротой». Именно эта информация отражена в постулатах Будды: «Всё во всём», «Всё в малом».

Современные психологи утверждают, что большинство физических заболеваний являются психологическими, т.е. имеют психологические причины своего возникновения. К ним относят психологические травмы, непрощённые обиды, гнев, агрессию к людям и окружающему миру и ряд других. Биоэнерготерапевты к этой информации ещё добавляют, что слабость центральной нервной системы является следствием ослабленного энергоинформационного статуса организма. Было бы вполне возможно выздоровление каждого большого человека, если бы можно было чётко установить ту психофизиологическую причину, которая привела к тому или иному заболеванию. Но, к сожалению, это не так. Поэтому большинство психотерапевтических методик сводятся к получению изменённого состояния сознания. Наибольшую известность из многих представителей трансперсональной психологии получил Станислав Грофф. Сначала с помощью психотропных препаратов, затем специального дыхания и музыки он вводит пациентов в особое состояние, в котором они заново переживают своё внутриутробное развитие и процесс рождения, т.е. сознание как бы выступает за обычные пределы и преодолевает ограничения пространства и времени. По мнению Гроффа эти явления обнаруживают связь человека с космосом. Человек, вспомнив и пережив заново все критические ситуации, может освободиться от них и, следовательно, от вызванных ими заболеваний. Трансперсональные переживания не ограничены только преодолением пространственно-временных барьеров. К ним относят телепатию, ясновидение, опыты встреч с различными космическими сущностями и многое другое.

Таким образом, для человека характерен определённый дуализм: с одной стороны он может быть описан как биологический объект, наделённый центральной нервной системой, а с другой стороны, как безграничное поле сознания, преодолевающее все ограничения пространства и времени.

«Когда сознание рассматривается абстрактно, оно, как свет, имеет как физический, так и духовный аспект, – пишет П. Рассел, автор книг о высших состояниях сознания. Сознание, как биохимия может быть проанализировано с позиций нейронов – электрохимические воздействия через синапсы и молекулярные скопления проникают сквозь мембраны. Но и они могут анализироваться вплоть до атомного уровня, а потом и субатомного. Так где же конец?»

По мнению Рерихов, именно изучение свойств человека даст направление и расширение сознания. Появится новая наука астропсихики и физиологии духа, связанная с основами биологии. Новая наука о силах и свойствах человека неизбежно должна войти в нашу жизнь. Истинная наука не предполагает ограничений.

«Ограниченное отрицание не должно иметь место в кругозоре учёных, – пишет А.И. Рерих. – Лишь убогое мышление могло бы отрезать и загромождать поступательные пути. Решительно всё, что может облегчать эволюцию, должно быть приветствовано и сердечно осознано. Безразлично, в какой одежде или каком иероглифе принесётся осколок знания. Благо знания

во всех краях мира будет иметь почётное место. В нём нет ни старого, ни молодого, ни древнего, ни нового. В нём совершается неограниченная эволюция».

Е.И. Рерих предлагает целостную программу изучения свойств человека и окружающего нас мира. Она предлагает основать новый институт Природоведения, который включает многие области наук. Это изучение астрологии, астрохимии, астрофизиологии, биологии, астрономии и т.д., изучение пространственных токов и космических лучей, химического состава атмосферы, фотографии излучений.

Должны появиться науки, изучающие Космос и его проявления в человеке, воздействие космических сил на человеческий организм. Наукой будущего она называет психохимию, предметом изучения которой будет химизм межпланетных воздействий. И, по мнению Е.И. Рерих, необходимым окажется изучение излучений человека, животных и растений, психической энергии, передачи мыслей на расстояние, сновидений, тонких энергий; сравнительное изучение религий и философии, влияние искусства на жизнь человека.

Большинство этих предположений уже воплотили в современную жизнь. В 1990 г. в нашей стране была учреждена Академия энергоинформационных наук – международное неправительственное научное учреждение, задачами которого являются осуществление фундаментальных и прикладных исследований, а также подготовка кадров в области эниологии.

***Эниология* – область научных и общечеловеческих знаний, формирующихся на грани философского переосмысления естественнонаучных позиций, многотысячелетнего опыта человечества в мире тонких взаимодействий.** Это новая междисциплинарная наука призвана изучать неопознанные феномены, процессы, закономерности энергетического и информационного взаимодействия и вещественного круговорота в природе, в обществе, включая человека, социальную, биологическую и космопланетарную сферы.

Практическая направленность этой науки предусматривает разработку экологически чистых технологий и средств, базирующихся на использовании уникальных, нетрадиционных принципов физического вакуума, космобиоритмологии, астрологии, психофизики, народных традиций целительства и других областей знаний. Применительно к медицинским проблемам эниология будет стремиться к реализации принципов гармонического сочетания природы, техники и человека на единой основе энергоинформационного взаимодействия, содействовать развитию духовных, творческих и физических возможностей людей за счёт эффективного использования их внутренних резервов.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается психология от других наук?
2. Перечислите основные отличия научной психологии от житейской?
3. Назовите основные предметы исследования по мере становления психологии как науки.
4. Чем отличались воззрения Платона и Сократа от представлений о душе Аристотеля и Демокрита?
5. Почему психология сознания не достигла успехов на своём пути?
6. Перечислите заслуги бихевиоризма. Охарактеризуйте деятельностный подход и причины его появления.
7. В результате чего по гипотезе А.Н. Леонтьева возникла психика человека?
8. Охарактеризуйте основные категории бессознательного.
9. Какой орган человека регулирует как деятельность внутренних органов, так и организует поведение человека?

Глава 14. Будущее человечества

Возросший средь руин цветок,
Тебя из трещин древних извлекаю.
Ты предо мною весь – вот корень, стебелёк,
здесь, на моей ладони.
Ты мал, цветок, но если бы я понял,
Что есть твой корень, стебелёк,
и в чём вся суть твоя, цветок,
Тогда я Бога суть и человека суть познал бы.
А. Теннисон

Жизнь переменчива. Она любит преподносить сюрпризы. Самые неприятные из них – периодически возникающие катастрофы, кризисы, перевороты, нарушающие привычный ход событий, влекущие за собой тяжёлые испытания и жертвы, гибель городов, империй, цивилизаций. В чём причины таких потрясений, закономерны ли они, можно ли их предвидеть? Над этими проблемами много веков бьётся человеческая мысль, и мы можем гордиться тем, что именно в России зародились научные школы, которые дают – пусть не в полной мере, может быть во многом ещё спорные ответы на эти извечные вопросы. Это школы русского космизма и русского циклизма, это и новые представления в области экологии и учения о биосфере.

Рассмотрим некоторые новые экологические концепции и сценарии будущего человечества.

14.1. Смена парадигм в современной экологии

Термин «экология» (от греч. «ойкос» – дом, жилище и «логос» – наука) был предложен чуть более 100 лет назад немецким естествоиспытателем Эрнстом Геккелем.

Экология как междисциплинарное системное научное направление, возникнув на почве биологии, включает в себя концепции, технологии математики, физики, химии. Но экология – и гуманитарная наука, поскольку от поведения человека, его культуры во многом зависит судьба биосферы, а вместе с ней и человеческой цивилизации.

За столетний период экология как наука прошла все этапы развития и становления. К концу XX века классическая экология стала переживать, как и другие науки, период смены парадигм.

До конца 80-х годов XX века экологический мир был стабильным или стремящимся к стабильности, предсказуемым в силу своей детерминированности (биотическими взаимодействиями или условиями среды) находящимся в первую очередь под воздействием конкурентных отношений. Экологический мир представлялся дискретным, гармоничным внутри себя и был объективен. Основные понятия экологии: пространство, время, конкуренция, экосистема, сообщество и другие не подвергались сомнению. Классическая экология строилась на понятиях экосистемы как основного объекта исследо-

вания, не слишком вдаваясь в особенности своих объектов исследования, хотя всегда было очевидно, что экосистемы гетерогенны разно(много)масштабны.

Однако в 2000 г. появилось учебное пособие «Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии», написанное член-корреспондентом РАН Г.С. Розенбергом и зав. кафедрой Самарского доцентом Д.П. Мозговым и Нижегородского университетов проф. Д.В. Гемашвили, где высказаны новые идеи экологии.

Итак, что же произошло с экологическим миром?

1. Пришло понимание субъективности образа экологического мира. Действительно, абсолютно все заключения относительно сообщества зависят от масштаба, в котором его изучают. Произошло осознание того, что масштаб может быть связан с наблюдателем. Наблюдатель сам определяет, что он может увидеть – восприятие экологического мира стало осознанно субъективным.

2. Экологический мир перестал быть понятным и объяснимым. Большинство представлений классической экологии – конкуренции, экологической ниши, пищевых сетей и т.д. – являются неадекватными фактам упрощениями.

3. Пространство перестало быть простым.

4. Время перестало быть простым. Например, в полупустыне экосистемы представляют собой мозаику пятен нескольких типов растительности и почв, возникающую вследствие различной степени засоления. Казалось бы, типичный пример пространственной гетерогенности. Но каждое пятно проходит последовательно все стадии засоления – рассоления. Это циклический процесс, только скорости его в разных пятнах не совпадают, т.е. мы имеем временную гетерогенность.

5. Экологический мир стал динамичным. По мнению В.Н. Беклемишева, «живой материал и экосистема не обладает постоянством материала – форма его подобна форме пламени, образованного потоком быстро несущихся раскалённых частиц; частицы сменяются, форма остаётся». Динамика экосистем – популяций и сообществ – часто оказывается хаотической.

Итак, мир «новой экологии» находится в постоянном, всеобщем и неупорядоченном движении. Это не бытие, а, скорее, вечное становление.

В течение последних пятнадцати лет экология переживает период смены парадигм. Причём процесс этот сейчас находится на стадии экстраординарной науки и ещё далёк от завершения.

Согласно Розенбергу (2000 г.), главные тенденции изменения экологического мира следующие: от объективно существующего – к возникающему в процессе наблюдения; от детерминистического, упорядоченного, понимаемого посредством здравого смысла – к хаотическому, принципиально не понимаемому до конца; от «нормального» евклидова пространства и «обычного» ньютонова времени – к сложно устроенному неевклидову пространству – времени, отличающегося рядом далёких от здравого смысла черт; от дискретности – к континууму; от стабильности неподвижной гармонии – к потоку нескончаемых изменений, к хаосу (от бытия – к становлению).

Смена парадигм в экологии является частным случаем процессов, происходящих в науке и культуре. Раньше этот процесс произошёл в физике, в культуре вообще, появилась «новая» музыка (Альфред Шнитке, Густав Малер), «новая» живопись (импрессионизм, абстракционизм, Сальвадор Дали) и «новая» литература (Франц Кафка, Альберт Камю, Велимир Хлебников) – полный отказ от традиции (парадигмы) рационализма, упорядоченности и реализма (объективности). Кажется, что и само восприятие мира людьми существенно изменилось во второй половине XX века. Общие направления этих изменений следующие: уменьшение ценности здравого смысла; восприятие реальности (в первую очередь социальной) как абсурда; осознание не всемогущества сознания («ума»), как в смысле ограничения познания и управления внешним относительно человека или человечества миром, так и в смысле ограниченности его роли в мире внутреннем (рост роли подсознательных процессов различного рода), увеличение неуверенности во всём.

Аналогичные тенденции находим и в философии: интерес к пограничным и необычным состояниям сознания (экзистенциалисты), введение в философию бессознательного (фрейдизм и все мистически ориентированные направления) и, шире, иррационального вообще, возросший интерес к религиозно-философским системам Востока (индуистского, буддистского, даосисткого корней) и серьёзные попытки их синтеза с западной философией (кришнамурти, ошо, Баха-Улла и др.).

Поэтому в современных условиях общекультурной революции, переживаемой нами сейчас, можно выделить согласно Ю.В. Чайковского пять периодов в развитии экологии – пять основных типов познавательных моделей.

- ✓ **нулевая** (религиозная) – Природа трактуется как храм;
- ✓ **холостическая** – видение Природы как своеобразного текста, который надо уметь правильно прочесть (т.е. надо исполнить божественные предписания);
- ✓ **механическая** (ньютоновская модель) – природа как машина (отсюда выросла идея покорения природы);
- ✓ **статистическая** (гиббсова модель) – природа как совокупность балансов;
- ✓ **системная** – природа уподобляется организму и трактуется как нечто целое и целесообразное;
- ✓ **диатропическая** (модель Мейена) – законы разнообразия составляют основу знания о Природе. Эта модель видит природу как сад, как ярмарку. Кроме практической пользы сад является ещё и эстетическим единством, а ярмарка – не только место торговли, но и средство общения, и праздник.

Последняя модель – диатропическая по своей природе плюралистична и предполагает не вытеснение всех предшествующих, а их активное использование. Современный период развития экологии вбирает в себя объединение представлений предыдущих периодов и современную парадигму экологического знания (субъективность, необъяснимость, динамичность, гетерогенность пространства и времени).

14.2. Русский циклизм. Природные и социальные циклы

В России в последние 20 лет сформировалась школа русского циклизма, как логическое продолжение школы русского космизма, основоположником которой был А.Л. Чижевский, который утверждал: «Жизнь… в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Она живёт динамикой этих сил, и каждое биение исторического пульса согласно с биением космического сердца – этой грандиозной совокупности туманностей, звёзд, Солнца и планет. За огромный промежуток времени воздействия космических сил на Землю утвердились определённые циклы явлений, правильно и периодически повторяющиеся как в пространстве, так и во времени. Начиная с круговорота атмосферы, углекислоты, океанов, суточной, годовой и многолетней периодичности в физико-химической жизни Земли и кончая сопутствующими этим процессам изменениями в органическом мире, мы всюду находим циклические процессы, являющиеся результатом воздействия космических сил… В этом бесконечном числе разной величины подъёмов и падений сказывается биение общемирового пульса, великая динамика природы, различные части которой созвучно резонируют одна с другой». Цикличным колебаниям космоса созвучна цикличная динамика общества. Цикличность исторического процесса доказана А.Л. Чижевским на основе обобщения периодичности исторических событий почти за 2,5 тысячелетия.

Динамику цикличных процессов в природе, смену поколений живых существ, цикличный процесс трансформации биосферы в ноосферу исследовал великий русский учёный В.И. Вернадский. Вопросы цикличности в экономике разработаны А.А. Богдановым и Н.Д. Кондратьевым. Широкую палитру циклов в социокультурной динамике на историческом материале исследовал Питирим Сорокин.

Исследованиями в области теории циклов занимается известный в России экономист профессор Ю.В. Яковец. Им опубликованы монографии «Закономерности научно-технического прогресса и их планомерное исследование» (1978 г.) и «Циклы. Кризисы. Прогнозы» (2000 г.). Ю.В. Яковец считает, что идеи цикличной динамики в XXI веке станут одним из факторов перехода к устойчивому развитию, успешного разрешения периодически возникающих кризисных ситуаций.

Согласно современной теории циклично-генетической динамики:

1. Цикличность является всеобщей формой движения в природе и обществе.

2. Траектория цикличного движения характеризуется последовательной сменой фаз, частично совмещаясь, смежные циклы формируют волнообразную динамику процессов.

3. Между последовательно сменяющими друг друга циклами нет перерыва. Каждый следующий цикл рождается в недрах предыдущего, противостоит отмирающим, обречённым его элементам и, постепенно, набирая силу в противоборстве, вытесняет эти элементы. В то же время переход от цикла к циклу не носит характер сплошного отрицания: глубинные слои сохраняются, аккумулируются, переходят по наследству, частично модифицируясь. История человечества едина, сокровищница человеческой мысли и деяний постоянно пополняется каждым следующим поколением. В периоды кризисов и революций эта общая сокровищница очищается, выбрасывается всё преходящее, но иной раз выбрасывается и часть того, что должно остаться. Поэтому кризисы и революции – это не только очищающий смерч, не только болезненные роды нового, но и невосполнимые потери.

4. В каждом цикле есть своё ядро, выражающее сущность данной системы, условие без которого этой системы нет.

5. Циклы никогда не существуют в чистом виде, поэтому их так трудно обнаружить и измерить.

6. Движение неравномерно не только во времени, но и в пространстве. Каждый материк, каждая страна, каждый регион или город имеют свою ритмику цикличной динамики.

7. Цикличное время неравномерно. Оно сжимается, частота событий ускоряется в периоды кризисов и революций и замедляется в фазе эволюционного развития, особенно к его концу.

8. Роль людей, их сознательной деятельности в ритме циклов. Человек вмешивается в циклы и оказывает влияние на цикличные процессы в живой и неживой природе.

Циклов в природе и обществе великое множество и они классифицируются:

- **по полям действия циклических процессов** (схема 14.1);
- **по длительности;**
- **пространственной сфере.**

По длительности циклы делят:

- сверхкраткосрочные, протекающие в микромире (секунды, доли секунд);
- суточные повторяющиеся в рамках суток в природе и в деятельности человека;
- сезонные – колебания природных или социальных процессов по периодам года;
- краткосрочные, охватывающие период в несколько лет;
- среднесрочные, колеблющиеся в пределах 8-12 лет (солнечные, экономические)
- долгосрочные: от 20-30 до 50-70 лет, отражающие смену поколений людей, научно-технических направлений;
- сверхдолгосрочные, которые могут продолжаться несколько столетий;
- тысячелетние, наиболее длительные периоды в развитии общества.

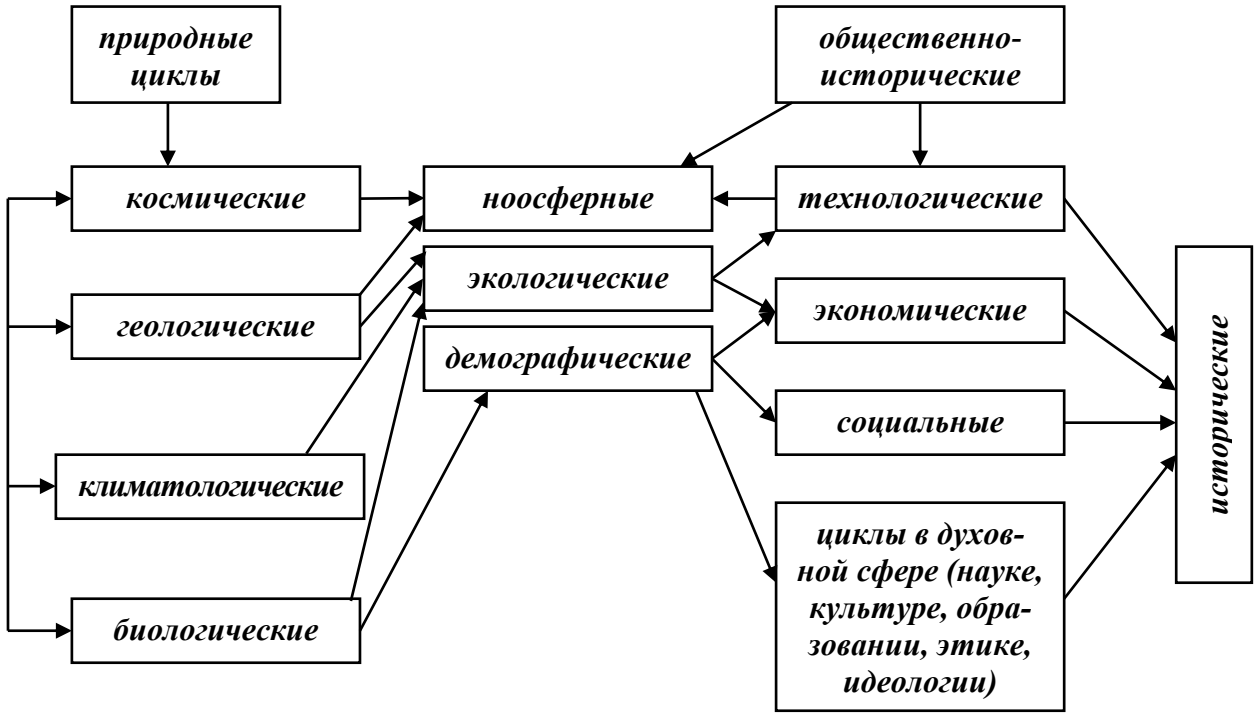


Схема 14.1. Классификация циклов по полю действия.

В пространственном аспекте можно выделить следующие виды циклов:

- единичные – в жизни отдельного человека, особи, природного объекта;
- точечные – происходящие в отдельной семье, производстве;
- локальные – охватывающие какой-либо населённый пункт;
- региональные – выражающие динамику природных или социальных процессов в отдельном регионе;
- в масштабах страны, группы стран;
- в планетарном масштабе;
- в масштабах солнечной системы;
- в известной нам Вселенной.

Вопросы циклизма в обществе изучает социогенетика. **Генетика** (от греческого genesis – происхождение) – наука о законах и механизмах наследственности, изменчивости и отбора; отрасль знаний, сформировавшаяся в XX веке, вершина развития научной мысли за два с половиной тысячелетия эволюции системы наук.

Предметом социогенетики являются закономерности и механизмы наследственности, изменчивости и отбора в обществе как целостной системе и в его подсистемах на разных этапах исторического развития. Основные закономерности и механизмы наследственности в обществе следующие:

- ✓ Человек – существо биосоциальное и социальная наследственность передаётся от поколения к поколению, создаётся социальный генофонд.
- ✓ Воспроизводство семейных отношений, семьи как первичной ячейки общества, как исходного и ведущего звена в пирамиде соционаследственности.
- ✓ Каждое поколение людей наследует технологический способ производства материальных благ и услуг, без чего невозможно воспроизводство жизни и удовлетворение потребностей растущей от поколения численности населения.

- ✓ Наследственность присуща в системе экономических отношений, возникающих в процессе производства, обращения, распределения и потребления материальных благ и услуг. Из поколения в поколение передаются формы собственности на средства производства, произведённые продукты, личное имущество.
- ✓ От поколения к поколению общество наследует социальные отношения между социальными, профессиональными, возрастными группами, классами, нациями, народами.
- ✓ В обществе наследуются политические отношения (между партиями, государствами, правовыми учреждениями).
- ✓ В обществе наследуется духовный мир.

В истории эволюции природы можно выделить несколько витков:

1. От большого взрыва, отсчёт от которого ведёт разбегающаяся Вселенная до формирования солнечной системы с её набором планет, включая Землю. Первый виток длился несколько миллиардов лет.
2. Второй виток связан с геологической историей Земли и завершился возникновением жизни на Земле и формированием биосферы.
3. Третий виток длился несколько сот миллионов лет и имел итогом эволюции природы появление человека, формирование гомосферы.
4. Четвёртый виток охватывает этапы эволюции человека, когда он не смог оказывать существенного влияния на окружающую среду, не разорвал пуповину с матерью-природой, получал от неё все необходимые жизненные соки и другие виды живых существ.
5. Современный, пятый виток начинается с неолитической революции, когда человек разорвал пуповину и начал вести самостоятельное существование, формируя техносферу, возникли проблемы его взаимоотношений с природной средой.

К началу третьего тысячелетия нашей эры человечество и природа стоят у начала нового витка коэволюции, перед развилкой: либо верх возьмёт траектория устойчивого, гармоничного развития общества и природы (позитивный вариант ноосферы), либо в результате катастрофы эта спираль будет отброшена на несколько витков назад.

Эволюция социальных систем проявляется в ускоряющем темпе смены мировых цивилизаций: неолитической, раннеклассовой, античной, средневековой, прединдустриальной, индустриальной и в последней четверти XX века развернулся переход к постиндустриальной цивилизации.

В спирали социальной эволюции можно выделить динамику: **гомосферы** – человека с его потребностями, способностями, знаниями, навыками, интересами, тенденциями развития, народонаселения; **техносферы** – созданного человеком технологического мира, технологических способов производства и укладов, направлений и поколений техники; **сферы экономики** – структуры воспроизводства отношений собственности, обмена, распределения; **социосферы** – социально-политических систем во всём многообразии; **духовной сферы** – науки, культуры, образования, этики, идеологии, вершину спирали эволюции.

14.3. Глобальные экологические проблемы современного мира

Находясь у начала нового витка коэволюции отношений общества и природы, анализируя историю цивилизаций Н.Ф. Реймерс классифицировал экологические кризисы (табл. 14.1).

Таблица 14.1.

Экологические кризисы в развитии биосферы и цивилизаций (по Н.Ф. Реймерсу, 1992)

Название кризиса	Время	Причины кризиса	Пути выхода из кризиса
Предантропогенный (аридизации)	3 млн. лет назад	Наступление засушливого периода (аридизация климата)	Возникновение прямоходящих антропоидов
Обеднения ресурсов собирательства и промысла для человека	30-50 тыс. лет назад	Недостаток доступных первобытному человеку ресурсов	Простейшие биотехнические мероприятия типа выжигания растительности для обновления экосистем
Перепромысла крупных животных (кризис консументов)	10-50 тыс. лет назад	Уничтожение доступных крупных животных человеком-охотником	Переход к примитивному земледелию, скотоводству (неолитическая революция)
Примитивного поливного земледелия	1,5-2 тыс. лет назад	Примитивный полив, сопутствующее ему истощение и засоление почв	Переход к неполивному (богарному) земледелию
Недостатка растительных ресурсов и продовольствия	150-250 лет назад	Истощительное землепользование, отсталые технологии	Промышленная революция, новые технологии в сельском хозяйстве
Глобального загрязнения среды и угрозы истощения ресурсов	30-50 лет назад по настоящее время	Истощительное природопользование, многоотходные технологии	Энергосберегающие технологии, безотходное производство, поиск решений
Глобальный термодинамический (теплового загрязнения)	Начался и прогнозируется	Выделение в среду большого количества тепла, особенно из внутренних источников, парниковый эффект	Ограничение использования энергии, предотвращение парникового эффекта, поиск решений
Глобального исчерпания надежности экологических систем	Первые признаки и прогноз	Нарушение экологического равновесия в масштабах планеты	Приоритет экологических ценностей перед всеми другими, поиск решений

Природа и биосфера в целом неоднократно переживала кризисы и кризисные ситуации, обусловленные природными явлениями и (или) деятельностью человека. Последний доантропогенный кризис произошёл около 3 млн. лет назад. Он был вызван резким иссушением суши, что привело к смене жизненных форм растений, появлению степей и саванн. С момента появления человека стали иметь место кризисы различного масштаба.

Основная особенность современного экологического кризиса – его глобальный характер. Кризис распространяется или грозит распространиться в масштабе всей планеты. Одним из путей выхода из кризиса является изменение технологий производства, норм и объемов использования природных ресурсов, которые достигли в настоящее время грандиозных масштабов.

В настоящее время из недр извлекается около 120 млрд. т. различных ископаемых, что в расчёте на одного человека Земли составляет 25-30 т/год. Добывается и перемещается твёрдых ископаемых больше, чем это происходит за счёт природных сил (действие ветра, воды, живых организмов и др.).

Расходы природных ресурсов в промышленных целях значительно превышают биологические потребности человека. Так, в расчёте на 1 день добывается и перерабатывается около 300 млн. т материалов, сжигается 30 млн. т топлива, расходуется около 2 млрд. $м^3$ воды, почти 65 млрд. $м^3$ кислорода. Потребление ресурсов удваивается через каждые 8-10 лет. Такими же темпами увеличивается количество отходов. Водопотребление приблизилось к предельно допустимым пределам изъятия воды из рек. Практически полностью исчезли такие экосистемы, как степи. Площадь суши, занятая лесами, уменьшилась до 25%. Уничтожены отдельные ландшафты, только под различными застройками находится свыше 200 млн. га суши. Объёмы выбросов в атмосферу углекислого газа, окислов азота и серы сопоставимы с природными в результате извержения вулканов, разрушения пород и т.п. процессов.

Таким образом, с момента своего появления и до настоящего времени деятельность человека всегда противоречила природе, что порождало кризисы различного масштаба. Сложность современной экологической ситуации связана с тем, что человек не может отказаться от использования природных ресурсов, и новые достижения порождают новые экологические проблемы. При быстро увеличивающейся технической вооружённости, росте потребления энергии, урбанизации и общем росте численности населения воздействие на природную среду имеет тенденцию к возрастанию, а значит и обострению существующих и новых экологических проблем.

Глобальные экологические проблемы не имеют границ, они затрагивают интересы всего человечества Земли. Рассмотрим основные глобальные проблемы Земли.

Преобразование территорий. К числу наиболее значительных негативных воздействий на среду, обуславливающих глобальные экологические проблемы относится интенсивный рост городов и численности городского населения.

По данным ООН в городах мира проживали или будут проживать: 1880 – 1,7%; 1950 – 13,1%; 1970 – 17%; 1984 – 50%; 2000 – 82,5% (городское население). Интенсивно растут крупные города. В 1990 г. только в Лондоне проживало около 5 млн. человек, 1980 – таких городов 8, в настоящее время почти 50. В

СССР в 1959 г. – 3 города-миллионера, 1984 – 22. В обозримом будущем в мире появятся города-мегаполисы с численностью 25-30 млн. человек.

По существующим прогнозам к 2020 г. под городскими застройками будет находиться 4% суши, 2070 – 13% суши или около 20% жизненного пространства. А это значит, что всё новые и новые природные системы исчезают, и почвенный покров заменяется асфальтом и бетоном

Итак, человек, начав сводить природные леса, луга и степи к пастбищам и полям, заканчивает глобальным изменением литосферы.

Нарушение биологического разнообразия. Негативное воздействие человека на природу приводит к ещё одной проблеме – исчезновению видов и нарушению биологического разнообразия (при любом вторжении в экосистему). К настоящему времени зарегистрировано несколько тысяч видов пригодных для пищи человеком, другие дикие виды являются лекарствами практически без отрицательных последствий. Биологическое разнообразие – это практически единственный источник обеспечения человека ресурсами, значимость которых всё более увеличивается по мере использования исчерпаемых ресурсов.

К началу 90-х годов (примерно за 300 лет) на Земле полностью исчезло 384 вида растений, 2-3 вида рыб, 113 видов птиц, 83 вида млекопитающих, под угрозой исчезновения – около 19000 высших растений, 320 видов рыб, 925 видов птиц.

Таким образом, с момента появления человека и его деятельности началось обеднение природы. При этом темпы уничтожения отдельных видов являются ни в какой мере несопоставимыми с чисто природными явлениями. Уничтожение видов практически не компенсируется естественным процессом появления новых видов.

Опустынивание. Разрушение экосистем до состояния, когда они теряют способность саморегулирования и самовосстановления принято называть опустыниванием. При этом растительность уничтожается, почва теряет плодородие. В ряде случаев опустынивание определяется природными факторами и является естественным процессом, обусловленным уменьшением влажности территории. Однако человек активно влияет на усиление этого процесса.

Например, широкое распространение сельскохозяйственных культур, требующих большого количества воды на орошение (рис, хлопок), в условиях теплового воздействия из-за солнечной погоды приводят к эрозии почвы, выносу воды и питательных веществ, а затем и внедрению элементов пустыни.

К опустыниванию приводит и чрезмерное уничтожение растительности, например, за счёт интенсивного выпаса скота. Одним из характерных примеров опустынивания является регион Аральского моря. В результате создания мощной оросительной системы для хлопковых и рисовых полей за счёт воды рек Сырдарья и Амударья, произошло резкое сокращение стока и море стало быстро высыхать (потеряно 2/3 объёма и 45% поверхности моря). В результате произошли катастрофические изменения экосистем, люди покинули места постоянного жительства, что в конечном итоге и привело к образованию пустынь.

Результат различных видов опустынивания к настоящему времени выражается в потере около 2 млрд. га плодородных земель за всю историю че-

ловечества. В целом ежегодно в мире около 20 млн. га земель превращаются в пустыни. По данным космических съёмок к 1986 г. процессами опустынивания затронуто около 34% территории Азии, опустыниванием охвачены территории Казахстана, Средней Азии.

Таким образом, опустынивание сопровождает человека с момента его перехода к ведению хозяйства. При этом три основных фактора способствовали этому, а именно разрушение почвы, вынос химических элементов с урожаем, вторичное засоление почв при поливном земледелии. Наложение этих факторов на изменение климата и его засушливость резко интенсифицировали процессы опустынивания.

Исчезновение лесов. Значение лесов в жизни на Земле переоценить невозможно. Важнейшие функции лесов включают в себя: поглощение углекислого газа; защита почвы; выделение кислорода; очищение воздуха от загрязняющих веществ; регулирование водных стоков. Создание новых городов, водохранилищ, строительство дорог, аэродромов, промышленных предприятий и других объектов, связанных с использованием территорий, активное использование древесины в качестве топлива и сырья для многих производств, привели к массовой вырубке лесов. Выполнение лесами функций очистки среды связано с их повреждением и гибелью от загрязнений. Например, для Европы динамика площадей лесов, поражённых промышленными выбросами, иллюстрируется следующими данными: 1860 г. – не более 1 тыс. га, 1956 г. – 150 тыс. га, к началу 90-х годов – около 50 млн. га. От знаменитых тропических лесов Африки сохранилось не более четверти от уровня на начало XX века. Практически уничтожены леса Европы и большинства российских центральных областей. Вырубаются и исчезают массивы сибирской тайги. Возникла угроза полного уничтожения лесов Бразилии, Мексики, Китая и других стран.

Таким образом, человек безумно уничтожает лес и получает вместо великолепных экосистем с огромным разнообразием растений и животных, вместо производителя кислорода и защитника среды примитивные болота, степи или пустыни.

Проблема озона. Одна из важнейших проблем современности. Озон образуется при распаде молекул кислорода под воздействием ультрафиолетового излучения и этот процесс нарушается присутствием загрязнителей. Сокращение озонового слоя чрезвычайно опасно для жизни на Земле. Это связано с тем, что резко увеличивается уровень ультрафиолетового излучения Солнца до пределов, которые не могут выдержать клетки живых организмов.

Причин такого явления несколько: уменьшение притока озона и различные природные явления (увеличение солнечной активности, извержение вулканов), которые не способствуют сохранению слоя; загрязнение атмосферы фреонами – хлорфторуглеводородами, применяемых в холодильных установках, аэрозолях, растворителях и пенообразователях (используются для пожаротушения), которые ускоряют разложение озона, сами же сохраняются в течение 50-200 лет. Большую опасность для озонового слоя создают полёты ракет и самолётов (высотные). Установлено, что один атом хлора способен превратить в кислород 100 000 молекул озона.

В последние годы наблюдается уменьшение содержания озона в верхних слоях атмосферы (в средних и высоких широтах северного полушария уменьшение составило до 3%). Пространство, в котором установлено снижение концентрации озона, называют «озоновой дырой». Потери озона в «дыре» достигают 20-40% от нормального уровня. Есть данные, что уменьшение концентрации озона на 1% ведёт к увеличению заболеваемости раком кожи на 5-7%.

Необходимо отметить следующее. По мнению многих учёных, опасность озоновой катастрофы значительно преувеличена, а роль фреонов, в частности, и деятельности человека вообще в уменьшении озонового слоя незначительна.

Существует мнение, что аналогичные явления имели место и ранее и обуславливались исключительно природными явлениями, в частности, циклами солнечной активности.

Одной из причин разрушения озонового слоя называется уничтожение лесов, как главных поставщиков кислорода в атмосферу. Высказывается мнение, что над Антарктидой существуют восходящие вихри, способствующие рассеиванию озона.

Озон в нижних слоях атмосферы выступает, как антиоксидант и бактериоцид. Он способен уничтожать запахи и разрушать некоторые канцерогены. При больших концентрациях действует, как яд. Согласно имеющихся сведений, концентрация озона в приземном слое с начала индустриальной эпохи возросла в 2 раза. Основная причина роста – фотохимические смоги.

Итак, проблема озона в атмосфере имеет два связанных с человеческой деятельностью фактора: разрушение озонового слоя в верхних слоях атмосферы; увеличение содержания озона в нижних слоях атмосферы (околоземное пространство).

Кислотные осадки. Такие осадки впервые зарегистрированы в 1908 г. в Англии. Кислотные осадки представляют собой дожди (туман, снег) с повышенной кислотностью. Количественной характеристикой кислотности является водородный показатель pH. Показатель pH определяет концентрацию ионов водорода в растворе и численно равен десятичному логарифму этой концентрации, выраженной в моль/дм^3, т.е. $pH = - \lg H^+$, при $pH<7$ – среда кислая.

Основная причина кислотных осадков – наличие в выбросах в атмосферу оксидов серы, азота, аммиака и летучих органических соединений. Кислые осадки типичны для Скандинавских стран, Англии, Бельгии, Германии, Канады и других стран, имеющих длительные периоды отрицательных температур. В России кислые осадки приходятся на Кольский полуостров, Норильск, Красноярск и другие регионы. Например, pH дождя в Красноярске находится в пределах 4,9-3,8.

Отрицательное влияние кислых осадков разнообразно. Повышенная кислотность среды отрицательно влияет на деятельность белков в организме, разрушает листву и хвою деревьев, при попадании в корневую систему кислая вода вызывает болезни и гибель растений, в почве кислые осадки переводят тяжёлые металлы в растворимую форму. От кислотных осадков гибнут

животные, рыбы и другие живые организмы. У человека могут возникать аллергические заболевания.

Итак, отрицательное влияние кислых осадков весьма разнообразно. Они действуют на человека, почву, водные экосистемы, растения, животных, строения, объекты, памятники архитектуры.

Проблемы климата. Климат – это характеристика определённого региона по параметрам режима погоды, включая сезонные и другие временные колебания температуры воздуха и количество осадков. Изменение климата, т.е. погодных условий происходит на планете Земля в значительных масштабах. Например, сейчас в Западной Сибири потеплело зимой, а лето более дождливое и облачное.

Причин изменения климата много. Главными из них являются гигантские водохранилища, выбросы огромного количества тепла в атмосферу и водоёмы, выбросы загрязняющих веществ (соединения углерода, фреона, метана и других веществ), изменяющих химический состав воздуха.

Очень опасным является парниковый эффект. Под парниковым эффектом понимают возможное повышение глобальной температуры земного шара в результате изменения теплового баланса, обусловленное парниковыми газами. Парниковые газы – это газы, способные усиленно поглощать тепловое излучение Земли и тепло хозяйственной деятельности человека и тем самым разогревать нижнюю часть атмосферы.

К парниковым газам относят углекислый газ, водяные пары, метан, озон, различные оксиды и хлорфторуглероды и другие. Известно около 30 парниковых газов. Основным является двуокись углерода. По имеющимся данным, за счёт парниковых газов среднегодовая температура на Земле за последние сто лет повысилась на 0,3-0,6 ºС.

Изменение климата уже привело к различного рода нежелательным последствиям, включая ухудшение состояния здоровья людей. Дальнейшее изменение климата в сторону потепления могут привести к таянию вечных снегов и льдов, к подъёму океана на 1,5 м. Прогнозируется, что дальнейшее потепление будет сопровождаться увеличением степени неустойчивости погоды, смещением границ природных зон, ускорением вымирания животных и растений, гибелью экосистем суши и водных объектов и нарушением циркуляции в атмосфере.

Необходимо отметить и следующее. Существуют факторы, действующие в направлении противоположном парниковому эффекту. Так, увеличивающаяся запылённость атмосферы, повышенная влажность и облачность препятствуют поступлению к земной поверхности тепловой составляющей солнечной радиации. Указанное приводит к выхолаживанию нижних слоёв атмосферы. «Ядерная зима» – это модель охлаждения планеты под влиянием резкого увеличения запылённости атмосферы.

Таким образом, возможное потепление климата – «парниковый эффект» – может привести к катастрофическим последствиям. Основным парниковым газом является двуокись углерода. Основным источником поступления в атмосферу углекислого газа является сжигание органического топлива. Крайне опасным считается выброс порядка 15-20 млрд. т/год.

14.4. Концепции и глобальные модели будущего мира

Существует несколько концепций взаимодействия общества и природы.

Концепции будущего развития в древние и средние времена рассматривали природу как мудрого творца, возвышающегося над обществом. Эту идеологию можно выразить так: природа знает лучше, всякое вмешательство в неё оборачивается конфликтом, экологическими бедами и социальными потрясениями. Сторонники этой точки зрения проповедуют «нулевую» стратегию – невмешательство в природу. Но как ни привлекательны такие взгляды, надо признать, что человек не может не воздействовать на природу, ибо сам развивается вместе с ней.

В эпоху индустриального общества восторжествовала **потребительская концепция.** Был провозглашён приоритет экономических интересов человека. Естественная среда рассматривалась как кладовая, из которой можно и должно черпать богатства для обеспечения человека материальными благами; природа – как мастерская, где человек и творец, и работник, и господин. На каком-то этапе развития общества эти идеи были прогрессивны, но господство людей обернулось деградацией природной среды, что стало тормозом на пути гармоничных отношений человека с природой.

В 70-80-е годы XX века потребительские концепции сменились озабоченностью человечества судьбой биосферы, появились различные общественные движения, отражающие реакцию людей на разрушение среды своего обитания.

Современные экологические концепции появились в 70 гг. в виде докладов Римского клуба. В апреле 1968 г. по инициативе итальянского промышленника Аурелио Печчеи группа биологов, математиков, экономистов, социологов и просто дальновидных людей (30 человек из 10 стран) собралась в Риме, чтобы обсудить настоящие и будущие проблемы человечества. Это собрание получило название Римского клуба, который заказал серию докладов под общим названием «Трудности человечества».

Финансовую поддержку «Римскому клубу» оказал концерн «Фольксваген», технические условия для исследования и обработки данных обеспечивали Массачусетский технологический институт США и Токийский университет. В «Римский клуб» вошли более ста человек – учёные из разных стран и разных специальностей. Они проигрывали различные сценарии развития человечества. Например, имеется сценарий «Римского клуба», предусматривающий отказ от вооружения, ликвидацию «псевдопотребностей» – никотина, алкоголя, наркотиков.

В 1972 г. Донелла и Деннис Медоузы издали книгу «Пределы роста», где был сделан вывод: если промышленное развитие пойдет так и дальше, то уже через 75 лет наступит **коллапс – глобальная экологическая катастрофа.**

Книгу «Пределы роста» широко комментировали ученые всего мира. Медоуз применил метод экстраполяции, который содержит множество

условностей. Так, прогноз на 2000 год базировался на данных, структурных связях и отношениях, которые должны были характеризовать рост производительных сил, начиная с 1990 г. Медоуз использовал средние показатели, не принимая во внимание, что темпы роста населения в разных странах весьма различны, доходы на душу населения тоже зависят от места проживания. Сутью мировой модели Медоуза явилось положение «чем больше людей, тем меньше богатства».

В 1974 г. Медоуз опубликовал новую книгу «Динамика роста, в ограниченном мире», в ней самый мощный взрыв футурологии. Учитывая критику, авторы рассматривали мир уже не как единую систему, как сложное явление связанных между собой подсистем: экономики, техники, биологии, населения и т.д. Ими был сделан вывод, что катастрофы и потрясения могут развиваться неодинаковыми темпами. Состояние опасной или серьезной ситуации в одной из подсистем необязательно может привести к «коллапсу» всего человечества. Авторы утверждают, что катастрофические кризисы проявляются в различное время и в разных регионах, но будут переплетаться между собой, и, опираясь на новые факты, он продолжил развитие концепции «нулевого роста». Критиком теории «нулевого роста» выступил известный американский биолог Коммонер. В книге «Замкнутый круг» Коммонер решительно выступил против теории «Замораживание прогресса».

Стремясь ликвидировать недостатки, допущенные в работе Медоуза, директор Механического института в Ганновере американец Э. Пестель и профессор прикладной математики из Кливленда (США) М. Мессарович опубликовали в 1974 г. новый доклад «Римского клуба» под названием «Человечество на перепутье».

Авторы разделили Землю на десять регионов, считая, что решать экологические проблемы по регионам более эффективно, поскольку в разных частях света они существенно различаются. Основная идея заключалась в том, что регионы должны перейти к «ограниченному росту», ибо стихийное развитие ведет к гибели. Ученые полагали, что причиной современного кризиса являются две пропасти (между человеком и природой, между богатыми и бедными), ликвидация которых должна обеспечить некое единство мира. Однако идею «ограниченного роста» мировой системы нельзя понимать упрощенно. Напротив, развитие каждого региона должно идти своим специфическим путем, но национальные интересы необходимо соизмерять с глобальными. Такая модель мира, содержащая многоуровневые региональные модели, выглядит как гибкий инструмент планирования, как система взаимодействующих и взаимозависящих частей. Отдельные регионы являются блоками глобальной модели, которая может обеспечить лиц, принимающих решение, средствами планирования мирового масштаба.

В 1977 г. появился третий доклад, подготовленный группой ученых под руководством голландского экономиста Яна Тинбергена. Он назывался «Перестройка мирового порядка».

В докладе особое внимание было уделено слаборазвитым странам, лидеры которых в целом отвергали идею ограничения экономического роста.

Авторы доклада считали, что для реализации идеи «органического мирового порядка», предложенного во втором докладе, все страны должны согласовывать локальные цели с глобальными. Тогда усилия в регионах будут работать на благо человечества в целом. Они попытались показать, что сочетание локальных и глобальных интересов возможно.

Четвертый доклад «Римскому клубу» (1977 г.) «Цели глобального общества» подготовлен профессором философом Э. Ласло. Доклад посвящается двум фундаментальным вопросам: в чем заключаются цели человечества и согласны ли люди предпочесть материальному росту повышение качества окружающей среды. Речь шла о том, захочет ли человечество использовать научно-техническую мощь для достижения материального благополучия людей, не причиняя существенного вреда планете. Если да, то придется умерить некоторые желания ради приемлемых условий существования будущих поколений.

Анализ показал, что народы слаборазвитых стран оптимистично смотрят в будущее и готовы считаться с общемировыми проблемами, чем народы развитых стран. Достаточно высоко оцениваются глобальные интересы в Китае. Авторы доклада считают, что начало мировой солидарности положено, но пока не ясно, каким образом прийти к мировому согласию.

Последующие доклады (1978-1980) были посвящены отдельным проблемам: переработке отходов, достижению благосостояния.

Почти 30 лет спустя после первого доклада появился новый доклад (1995 г., русское издание 2000 г.). «Фактор четыре. Затрат – половина. Отдача двойная», подготовленный Эрнестом Ульрихом фон Вайцзеккером – президентом Вуппертальского института климата, окружающей среды и энергии в научном центре земли Северный Рейн – Вестфалия (ФРГ), биологом Эймори Блок Ловинсом – научным руководителем института Рокки Маунтин, штат Колорадо США, физиком-экспериментатором и Л. Хантпер Ловинсом – адвокатом, социологом и политологом, президентом института Рокки Маунтин.

Цель института Рокки Маунтин – разработка методов эффективного использования ресурсов. Институт независим от правительственных, политических партий, идеологических и религиозных движений. Около 50 его сотрудников проводят исследования и распространяют знания, касающиеся энергетики, транспорта, климата, водных ресурсов, сельского хозяйства, безопасности, экологически чистого строительства, экономического развития различных сообществ.

Авторы книги пытаются ответить на вопрос: правильно ли мы живем? И как жить правильно? Речь идет не о войнах, терроризме, наркомании и других подобных глобальных проблемах, а об экономике, технологии, экологии, природных ресурсах. Со времен промышленной революции прогресс означал увеличение производительности труда. «Фактор четыре» предлагает

новый подход к прогрессу, ставя во главу угла увеличение продуктивности ресурсов. Как утверждают авторы, мы можем жить в два раза лучше и в то же время тратить в два раза меньше ресурсов, что необходимо для устойчивого развития человечества в будущем. Решение заключается в том, чтобы использовать электроэнергию, воду, топливо, материалы, плодородные земли и т.п. более эффективно, часто без дополнительных затрат и даже с выгодой. Авторы «фактора четыре» показывают, что большинство решений наших проблем уже имеется и ими надо воспользоваться. Они приводят десятки примеров от гиперавтомобилей до видеоконференций, от новых подходов в сельском хозяйстве до экономичных моделей холодильников. Многие примеры уже реализованы на практике в институте Рокки. Авторы объясняют, как организовать рынки и перестроить налоговую систему таким образом, чтобы благосостояние людей могло расти, а потребление ресурсов не увеличивалось.

Исследование, проведенное по заданию национальной инженерной академии США, показало, что примерно 93 % материалов, которые мы покупаем и «расходуем», вообще никогда не воплощаются в продукцию, отвечающую требованиям рынка. Более того, 80 % товаров выбрасываются за ненадобностью после однократного использования, а значительная часть остальной продукции не служит весь положенный срок. По оценке экономиста-реформатора Пола Хокена, 99 % исходных материалов, используемых в производстве товаров в США или содержащихся в этих товарах, превращаются в отходы через шесть недель после продажи.

Большая часть энергии, воды и транспортных услуг часто также теряется еще до того, как мы их получим, мы платим за них, а они не приносят никакой пользы. Тепло, которое рассеивается через окна с плохой изоляцией; энергия атомной или работающей на угле электростанции, только 3% которой преобразуется в лампах накаливания (70 % энергии исходного топлива теряется до того, как она дойдет до лампы, которая, в свою очередь, превращает в свет лишь 10 % электроэнергии); 80-85 % автомобильного горючего, которые теряются в двигателе и системе привода до того, как она приведет в движение колеса; вода, которая испаряется или вытекает капля по капле, прежде чем дойдет до корней растений; бессмысленное перемещение товаров на громадные расстояния ради результата, который с таким же успехом можно получить на месте, – все это бесполезные затраты. Средний американец на этих бессмысленных затратах ежегодно теряет тысячи долларов. Эти потери, умноженные на 250 млн. человек, составляют в год, по меньшей мере, триллион долларов, растрачиваемые в пустоту. В мировом масштабе сумма потерь может достигать 10 триллионов долларов в год. Такие потери приводят к обнищанию семей, снижают конкуренцию, ставят под угрозу запасы ресурсов, отравляют воду, воздух, почву, людей, порождают безработицу и подавляют экономическую жизнеспособность.

Болезнь расточительства излечима, сегодня показаны практические, выгодные пути, позволяющие, по меньшей мере, в 4 раза эффективнее, чем

мы это делаем сейчас, использовать ресурсы – повысить «производительность ресурсов».

Глобальные модели развития математически имитировали физические и социально-экономические системы мира и прогнозировали будущее, исходя из заложенных в них данных. Наиболее известны четыре модели: модели Форреста, Медоуза с соавторами, Мессаровича-Пестеля и Глобал-2000. Были разработаны также социально-экономические модели, в которых не использовались данные по ресурсам и населению: латиноамериканская модель мира, британская, японская и мировая модель ООН.

Сегодня можно прорисовать несколько вероятных глобальных сценариев будущего ноосферы, природных и социальных систем на планете Земля.

Первый, самый мрачный: приведение в действие накопленного арсенала оружия массового поражения уничтожит всё живое на Земле, она превратится в безжизненную планету. Разрушительный потенциал для этого имеется, есть и социальные предпосылки – растущее расслоение общества на богатых и бедных.

Второй, менее мрачный, но неутешительный сценарий: биосфера в сильно трансформированном, примитивном виде остаётся, но человека, общества не станет, исчезнут социальные системы, мыслящая материя. В ходе дальнейшей эволюции не исключено их новое появление, но в ином варианте из-за радикально изменившейся природной среды. Некоторые учёные выдвигают гипотезу, что подобные сценарии уже повторялись в истории планеты Земля несколько раз.

Третий, лучший из худших сценариев: человечество после столкновения локальных цивилизаций сохранится, но будет подвержено сильным мутациям, что может привести к возникновению нового вида. Социальные системы, отброшенные на несколько витков назад, начнут вновь карабкаться по исторической лестнице; эпицентр цивилизации переместится в менее затронутые опустошительным столкновением регионы.

Четвёртый сценарий состоит в балансировании между созидательным и разрушительным вариантами ноосферы с преодолением постоянно возникающих угроз, с медленной реализацией потенциала постиндустриального общества и соблюдением зыбкого, постоянно нарушаемого равновесия между природными и социальными системами.

Пятый, оптимистический сценарий позволяет надеяться на торжество в XXI веке созидательного варианта ноосферы, гармонизацию отношений между обществом и природой, динамикой социальных и природных систем. Это потребует сознательного выбора оптимального пути и последовательной его реализации.

Для того, чтобы приблизиться к траектории оптимистичного сценария необходимо:

- рационализация структуры потребностей, добровольное самоограничение, исходя из реальных возможностей их удовлетворения;

- выработка и распространение гуманистических идеалов и этических норм взаимодействия общества и природы;
- привлечение молодёжи, просвещение, формирование системы непрерывного образования;
- объединение всех здоровых сил планеты, формирование и реализация с помощью ООН, ЮНЕСКО, других международных организаций глобальных программ и механизмов их реализации, способных преодолеть национальный экстремизм, волну локальных войн и конфликтов, остановить человечество у роковой черты и медленно, но верно повернуть траекторию эволюции социальных систем в сторону созидательного варианта ноосферы.

14.5. Программа на XXI век

В конце XX века мир убедился, что дальнейшее развитие экономики невозможно без охраны окружающей природной среды. В то же время нельзя охранять окружающую среду не развивая экономику. Взаимосвязь экологии и экономики и является основой новой экологической концепции. В развитии этой концепции в июне 1992 года была созвана Международная конференция ООН в Рио-де-Жанейро на уровне глав государств и правительств «Окружающая среда и развитие». В ней участвовали 180 стран.

Устойчивое развитие было тем знаменем, под которым проходила конференция ОСР. Термин впервые появился в 1987 году в докладе Гру Харлем Брундтланд, возглавлявшей Всемирную комиссию ООН по окружающей среде и развитию. Она констатировала необходимость поиска новой модели развития цивилизации, обозначив её как **устойчивое развитие.** Модель предполагает прогресс и движение вперёд, при котором удовлетворение потребностей нынешнего поколения должно происходить без лишения такой возможности будущие поколения. Достижение такой цели может быть обеспечено балансом между решением социально-экономических и экологических задач.

Устойчивое развитие подразумевает:

- право людей на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- охрану окружающей среды как неотъемлемую часть процесса развития;
- удовлетворение потребностей в благоприятной окружающей среде как нынешнего, так и будущих поколений;
- уменьшение разрыва уровня жизни между народами мира, а также между бедными и богатыми в каждой стране;
- совершенствование природоохранного законодательства;
- исключение моделей развития производства и потребления, не способствующих устойчивому развитию.

В итоге на конференции в Рио было принято три согласованных основополагающих документа, имеющие историческое значение:

- Декларация Рио по окружающей среде и развитию;

- Заявление о принципах глобального консенсуса по управлению, сохранению и устойчивому развитию всех видов лесов;
- Повестка дня на XXI век, или Повестка 21.

Параллельно были подготовлены две конвенции: Рамочная Конвенция об изменении климата и Конвенция о биологическом разнообразии.

В 1996 году в США принята «Новая концепция охраны окружающей среды во имя сегодняшнего процветания страны и сохранения ресурсов и возможностей для будущих поколений».

1 апреля 1996 года подписан Указ Президента РФ № 440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», а постановлением правительства РФ от 19.02.96 г. № 155 принят план действий правительства РФ в области охраны окружающей среды и природопользования.

Реализация этих программ и оптимистических сценариев будущего возможна лишь при создании правовых основ и экономических механизмов природопользования, формировании эффективных систем воспитания, образования и пропаганды идей устойчивого развития. Основные целевые ориентиры перехода к устойчивому развитию определены как:

- ✓ показатели качества жизни – здоровье, продолжительность жизни, уровень образования, доходы и т.д.
- ✓ показатели экологического благополучия – состояние окружающей среды, уровень потребления природных ресурсов, уровень нарушенности экосистем и т.д.
- ✓ экономические показатели – удельное потребление энергии и ресурсов, удельное производство отходов и т.д.

Начальный этап перехода России на модель устойчивого развития пришёлся на период, когда страна находится в системном кризисе, и необходимы структурные преобразования экономики и экологизации всех сфер природопользования, снижение использования природного ресурсного потенциала на душу населения.

14.6. Экологическая этика

Когда наступает время для определённой идеи, системы взглядов, то они начинают проявляться самыми различными способами, в широком многообразии форм и видов. Об этом явлении часто говорят так: «проблема висит в воздухе». Нет ничего сильнее идеи, время которой пришло. Нечто подобное происходит в настоящее время с планетарным мышлением и экологической этикой.

Во многих развитых странах произошла экологизация морального сознания, изменились ценностные ориентиры. Природа получила статус самостоятельной ценности в силу её уникальности, единственности и неповторимости.

Предметом экологической этики являются моральные нормы и нравственность поведения в области отношений человек – общество – природа.

Нравственная позиция в отношениях человека к природе должна быть, прежде всего, гуманистической, т.е. имеющей в качестве приоритета как благо человека, так и благо природы. Это «экологический императив», выдвинутый П.М. Моисеевым и предписывающий, придерживаясь теории коэволюции общества и природы, не вступать в противоречие с естественными закономерностями, дабы не вызвать необратимые процессы в биосфере.

Рядом с ним может быть поставлен принцип «партнёрства» во взаимосвязи человека и природы. Этот принцип может быть дополнен принципом: относись к природе с уважением и любовью, к живой природе в особенности.

Исходя из сказанного нравственной может быть деятельность, направленная на искоренение эгоистической идеологии с её потребительством и пренебрежением к будущим поколениям, на перестройку систем просвещения, образования и воспитания, всей культуры.

Только через формирование экологического мировоззрения можно достичь формирование планетарного мышления и реализовать оптимистический сценарий будущего человечества.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте экологические тенденции современного общества.
2. Что такое русский циклизм?
3. Что изучает социогенетика?
4. Назовите основные глобальные экологические проблемы человечества.
5. Что такое Римский клуб и его прогнозы?
6. Назовите сценарии будущего человечества.

Темы для рефератов

1. Русский космизм.
2. Русский циклизм.
3. Будущее человечества.

Список литературы

Литература (основная)

1. Абачиев С.К. Концепции современного естествознания. Ч. 1,2. – Балашиха: ОАО «Оригинал», – 1998.
2. Басаков М.И. и др. Концепции современного естествознания. – Ростов-на-Дону: Феникс, – 1997.
3. Бегунов А.И. Концепции современного естествознания. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 1998.
4. Битюцкая Л.А., Еремин В.С., Чесноков В.С., Дементьева О.Б. Естествознание. – М.: АСТ-ПРЕСС, – 1999.
5. Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. – Ростов-на-Дону: Феникс, – 1996.
6. Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З. Основы современного естествознания. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 1999.
7. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. – М.: Центр, – 1997.
8. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания. – М.: Высшая школа, – 1998.
9. Данилова В.С., Кожевников Н.Н. Основные концепции современного естествознания. – Учебное пособие. – М.: Аспект Пресс, – 2001.
10. ДубнищеваТ.Я. Концепции современного естествознания. – Новосибирск: ООО Изд-во ЮКЭА, – 1997.
11. Карпенков С.Х.. Концепции современного естествознания. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, – 1997.
12. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. Естествознание. – М.: Агар, – 1996.
13. Лавриненко В.Н. и др. Концепции современного естествознания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, – 1999.
14. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. – М.: Гардарики, – 1999.
15. Основы естественно-научных знаний для юристов. /Под ред. Е.Р. Россинской. – М.: Издательская группа НОРМА-ИНФРА, – 1999.
16. Потеев М.И. Концепции современного естествознания. – Спб: Питер, – 1999.
17. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, – 1997.
18. Ситаров В.А., Пустовойтов В.В. Социальная экология. – М.: Академия, – 2000.
19. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания. – М.: Владос, – 1998.
20. Суханов А.Д., Голубева О.Н. Концепции современного естествознания. – М.: Агар, – 2000.
21. Тимофеева С.С. Экологическая биотехнология. – Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 1999.
22. Тимофеева С.С., Шешуков Ю.В. Экология. – Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, – 2001.

23. Хорошавина С.Г. Курс лекций «Концепции современного естествознания». – Ростов-на-Дону: Феникс, – 2000.
24. Цветкова Л.И., Алексеев М.И., Усанов Б.П. и др. Экология. – М.: Изд-во АСВ, СПб: Химиздат, – 1999.
25. Яковец Ю.В. Циклы, кризисы, прогнозы. – М.: Наука, – 1999.

Литература (дополнительная)

1. Алексеев В.П. Становление человечества. – М.: Мир, – 1984.
2. Андреев И.Л. Происхождение человека и общества. – М.: Прогресс, – 1982.
3. Аристотель. – Соч. в 4-х т. – М, – 1976.
4. Ахундов М.Д. Пространство и время в физическом познании. – М.: Наука, – 1982.
5. Бернал Д. Наука в истории общества. – М.: Изд-во иностр. лит., – 1956.
6. Биографии великих химиков. – М.: Мир, – 1981.
7. Браун Т., Лемей Т.Ю. Химия в центре наук. – М.: Мир, – 1983.
8. Васильева Т.С., Орлов В.В. Химическая форма материи. – М.: Мир, – 1983.
9. Вейнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. – М.: Наука, – 1981.
10. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни. – М.: Наука, – 1989.
11. Вернадский В.И. Труды по общей истории науки. – М.: Наука, – 1956.
12. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, – 1988.
13. Гайденко П.П. История греческой философии в ее связи с наукой. – М.: ПЕР СЭ, – 2000.
14. Гальперин П.Я. Введение в общую психологию. – М.: Наука, – 1976.
15. Гарднер М. Теория относительности для миллионов. – М.: Атомиздат, – 1967.
16. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, – 1989.
17. Герек Ф. Пионеры атомного века. – М.: Прогресс, – 1974.
18. Гиппенрейтер Ю.Б. Введение в общую психологию. Курс лекций. – М.: Черо, при участии изд-ва «Юрайт», – 2000. – 336 с.
19. Гиренок Ф.И. Русские космисты. – М.: Мысль, – 1990.
20. Годфруа Ж. Что такое психология? – М.: Знание, – 1976.
21. Грибов Л.А., Прокофьева Н.И. Основы физики. – М.: Гардарика, – 1998.
22. Григорьев В, Мякишев Г. Силы в природе. – М.: Наука, – 1983.
23. Гримак Л.П. Магия биополя. – М.: «Республика», – 1994. – 448 с.
24. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. Т. 1-3. – М.: Мир, – 1990.
25. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: Танаис ДИ-ДИК, – 1994.
26. Девис П. Случайная Вселенная. – М.: Мир, 1985.
27. Делокаров К.Х. Философские проблемы теории относительности. – М.: Прогресс, – 1973.
28. Дубинин Н.П. Очерки о генетике. – М.: Просвещение, – 1985.

29. Жаров А.М. Об эмпирическом и теоретическом обосновании времени./ Вопросы философии, – 1968. – № 7.
30. Зинченко В.П. Наука – неотъемлемая часть культуры?/ Вопросы философии, – 1990. – № 1.
31. Ильин В.В. Критерии научности знания. – М.: Мир, – 1989.
32. Ильченко В.Р. Перекрестки физики, химии и биологии. – М.: Просвещение, – 1986.
33. Карнап Р. Философские основания физики. – М.: Прогресс, – 1971.
34. Кемп П., Армис К. Введение в биологию. – М.: Мир, – 1986.
35. Китанович Б. Планета и цивилизация в опасности. – М.: Мысль, – 1985.
36. Кузнецов Б.Г. От Галилея до Эйнштейна. – М.: Наука, – 1966.
37. Кузнецов В.И. Эволюция представлений об основных законах химии. – М.: Наука, – 1967.
38. Левич А.П. Научное постижение времени. / Вопросы философии, – 1993. – № 4.
39. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, – 1985.
40. Мартынов А.И. Исповедимый путь. – М.: Прометей, – 1989.
41. Медников Б.М. Аксиомы биологии. – М.: Знание, – 1982.
42. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М: Молодая гвардия, – 1990.
43. Намбу Е. Кварки. – М.: Мир, – 1984.
44. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. Т 1,2. – М.: Мир, – 1993.
45. Новиков И.Д. Черные дыры и Вселенная. – М.: Наука, – 1985.
46. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. – М.: Наука, – 1990.
47. Одум Ю. Экология в т. – М.: Мир, – 1996.
48. Основы современной философии. – Спб: Лань, – 1997.
49. Пиментел Г., Спратли Р. Как квантовая механика объясняет химическую связь. – М.: Мир, – 1973.
50. Поллер З. Химия на пути в третье тысячелетие. – М.: Мир, – 1982.
51. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Прогресс, – 1985.
52. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Прогресс, – 1986.
53. Прохоров Б.Б. Прикладная антропоэкология. – М, – 1998.
54. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, – 1993.
55. Райхенбах Г. Философия пространства и времени. – М.: Наука, – 1985.
56. Рассел Б. Человеческое познание. – М.: Наука, – 1997.
57. Рерих Е.И. Письма. – Новосибирск: Вико, – 1992. – в 2-х т.
58. Рерих Е.И. У порога нового мира. – М.: Международный центр Рерихов, – 2000. – 464 с.
59. Рерих Н.К. О вечном… – М.: Республика, – 1994. – 462 с.
60. Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная. – М.: Наука, – 1995.
61. Рубинштейн С.А. Бытие и сознание. – М, – 1957. – с. 272-276.
62. Рубинштейн С.А. Основы общей психологии. – СПб.: «Питер», – 2001. – 720 с.

63. Руденко А.П. Теория саморазвития открытых каталитических систем. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, – 1969.
64. Синай Я. Г. Случайность неслучайного. / Природа, – 1981. – № 3.
65. Сноу Ч. Две культуры. – М.: Прогресс, – 1973.
66. Сухонос С.И. Россия в XXI веке. – М.: Агар, – 1997.
67. Тейяр де Шарден. Феномен человека. – М.: Наука, – 1987.
68. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – М.: Наука, – 1977.
69. Тихонов В. Будущее человеческой цивилизации в России. – М.: Полея, – 1996.
70. Туган-Барановский М.И. К лучшему будущему. – М.: РОССПЕН, – 1996.
71. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, – 1976.
72. Филатов В.П. Образы науки в русской культуре./ Вопросы философии, – 1990. – № 5.
73. Философия и методология науки. – М.: Аспект Пресс, – 1996.
74. Философские вопросы квантовой физики. – М.: Наука, – 1970.
75. Фрейд З. Психология бессознательного. – М.: Наука, – 1989.
76. Фролов И.Т. Философия и история генетики. – М.: Наука, – 1988.
77. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, – 1985.
78. Химия и мировоззрение. /Под. ред Ю. Овчинникова. – М.: Наука, – 1986.
79. Хойл Ф. Галактика, ядра и квазары. – М.: Наука, – 1968.
80. Холл П.С., Лидсней Г. Теория личности. – М.: ЗАО изд-ва Экслио-Пресс, – 2000. – 592 с.
81. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, – 1976.
82. Шама Д. Современная космология. – М.: Наука, – 1973.
83. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, – 1976.
84. Шноль С.Э. Герои и злодеи Российской науки. – М.: КРОН-ПРЕСС, – 1997.
85. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физика. – М.: Наука, – 1972.
86. Шумлянский И.И. Картина мироздания. – М.: Мысль, – 1990.
87. Щербаков А.С. Самоорганизация материи в неживой природе: философские вопросы синергетики. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, – 1990.
88. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Молодая гвардия, – 1966.
89. Экологические уроки прошлого и современность. – Л.: Наука, – 1991.
90. Элементарный учебник по физике. Т 1-3./ Под ред. Г.С. Ландсберга. – М.: АОЗТ «ШТРАЙК», – 1995.
91. Югай Г.А. Диалектика части и целого в живой природе. – М.: Знание, – 1965.
92. Юнг К. Архитип и символ. – М.: Наука, – 1991.
93. Яблоков А.В. Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. – М.: Высшая школа, – 1988.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение..... 3

Раздел I. Общие представления о современном естествознании, его принципы и методы..... 5

Глава 1. Естественнонаучный и другие институты культуры..... 5

1.1. Естественнонаучная и гуманитарная культуры – от конфронтации к сотрудничеству..... 5

1.2. Наука и религия..... 10

1.3. Наука и философия..... 13

Глава 2. Научный метод познания..... 14

Глава 3. Естествознание – единая наука о природе..... 21

Раздел II. Науки о неживой природе..... 25

Глава 4. Физические концепции Естествознания..... 25

4.1. Из истории физики. Картины мира мыслителей древности..... 25

4.2. Этап классический физики..... 31

4.2.1. Рождение гелиоцентрической системы мира..... 31

4.2.2. Становление классической теоретической физики..... 38

4.2.3. Механистическая картина мира. Принцип дальнодействия..... 42

4.2.4. Принцип детерминизма..... 43

4.2.5. Развитие представлений об электромагнетизме. Формирование электромагнитной картины мира..... 44

4.3. Этап современной физики..... 47

4.3.1. Принцип относительности Галилея..... 47

4.3.2. Специальная теория относительности Эйнштейна..... 49

Глава 5. Концептуальная картина микромира..... 56

5.1. Корпускулярно-волновые свойства света..... 56

5.1.1. Атом – сложная частица!..... 57

5.2. Квантово-механическая концепция описания микромира..... 60

5.2.1. Корпускулярно-волновые свойства микрочастиц. Формула де Бройля..... 60

5.2.2. Принцип неопределенности Гейзенберга..... 61

5.2.3. Уравнение Шредингера..... 62

5.2.4. Принцип дополнительности..... 63

5.3. Мир элементарных частиц..... 65

5.3.1. Классификация элементарных частиц..... 69

5.3.2. Теория кварков..... 71

Раздел III. Концепции описания природы и Вселенной..... 73

Глава 6. Фундаментальные концепции описания природы..... 73

6.1. Пространство и время..... 73

6.2. Материя и движение 80
6.3. Фундаментальные взаимодействия в природе 82
6.3.1. Теории объединения фундаментальных взаимодействий 86

Глава 7. Концепции классической термодинамики и синергетики 88
7.1. Развитие представлений о термодинамическом и статистическом описании свойств макросистем 88
7.2. Термодинамические законы 91
7.3. Принцип возрастания энтропии 92
7.4. Открытые системы 95
7.5. Порядок и беспорядок в природе 95
7.6. Синергетика – теория самоорганизации 98

Глава 8. Вселенная и Галактики Некоторые аспекты эволюции и строения 102
8.1. Современная модель Вселенной 102
8.2. Структура Вселенной 104
8.3. Теория Большого взрыва и инфляционная теория 107
8.4. Теория горячей Вселенной и сценарий «сотворения Мира» 110
8.5. Нуклеосинтез – источник энергии Солнца и звезд 113
8.6. Гипотезы происхождения Солнечной системы 115
8.7. Земля – планета Солнечной системы 117
8.8. Антропный принцип 123

Раздел IV. Современные химические концепции 126

Глава 9. Роль химии в развитии естественнонаучных знаний 126
9.1. Развитие учения о составе вещества 127
9.1.1. Исторические предпосылки и открытие химических элементов 127
9.1.2. Периодическая система Менделеева 130
9.1.3. Современные представления о химическом элементе 131
9.1.4. Представления о химическом соединении 133
9.2. Развитие учения о структуре молекул 136
9.2.1.Исторические предпосылки формирования понятий структура молекул и химическая связь 136
9.2.2. Физическая природа химической связи 139
9.2.3. Влияние квантово-механических представлений на понятие связи и валентности 141
9.3. Развитие учения о химических процессах 144
9.3.1. Методы управления химическими процессами 144
9.3.2. Основы каталитических процессов 146
9.3.3. Автокаталитические реакции 148
9.4. Развитие представлений об эволюционной химии 149
9.4.1. Молекулярно-структурная теория эволюции химической формы материи 150

9.4.2. Ферментативный катализ – основа жизнедеятельности клетки 152
9.4.3. Освоение каталитического опыта живой клетки 155
9.4.4. Эволюционный катализ – теория саморазвития открытых каталитических систем 156
9.4.5. Симметрия и асимметрия в «косной» и живой материи 157
9.5. Химия для «умножения жизненных благ» 161
9.5.1. Синтез новых материалов 161
9.5.2. Концепции химии экстремальных состояний 163

Раздел V. Науки о живой природе 166

Глава 10. Современные концепции биологии 166
10.1. Эволюция биологических знаний: от систематики к эволюционной биологии 168
10.1.1. Основные положения теории Дарвина 169
10.1.2 Теория катастроф 171
10.2. Структурные уровни организации живого 172
10.2.1. Молекулярно-генетический уровень 173
10.2.1.1. Теории возникновения жизни 173
10.2.1.2. Молекулярно-генетический подход к изучению эволюции 175
10.2.1.3. Гипотезы голобиоза и генобиоза – современные концепции происхождения жизни 177
10.3. Онтогенетический уровень 179
10.3.1.Концепция прокариотной и эукариотной клеточной организации 180
10.3.2. Строение клеток 182
10.3.3. Гипотезы происхождения эукариотной клетки 183
10.4. Популяционно-биоценотический уровень 184
10.4.1. Генетика и эволюционное учение 186

Глава 11. Основы учения о биосфере Биосфера как планетарная организация жизни 193
11.1. Формирование и эволюция биосферы 193
11.2. Функционирование биосферы: трофические связи и круговорот веществ в биогеоценозах 197
11.2.1. Целостность биосферы как глобальной экосистемы 197
11.2.2. Энергия в экосистемах 200
11.2.3. Круговорот веществ и энергии в биосфере 202
11.3. Взаимодействие человека и биосферы 212
11.4. В.И. Вернадский о ноосфере как новой стадии эволюции биосферы 214
11.5. Взаимосвязь космоса и живой природы 216
11.6. Синтетическая теория эволюции (СТЭ) 219

Глава 12. Человек – феномен природы 222
12.1. Происхождение человека (антропология) 222
12.2. Биосоциальность человека 227
12.3. Здоровье человека 229

Глава 13. Психология в системе естествознания 234
13.1. Понятие. Научная и житейская психология, их отличие 234
13.2. Предмет исследования психологии 235
13.3. Этапы развития психологии 235
13.3.1. Этап донаучной психологии 235
13.3.2. Сознание, как предмет исследования психологии 237
13.3.3. Предмет и задачи психологии поведения 238
13.3.4. Категория деятельности в психологии 239
13.3.5. Современные представления об особенностях человеческой психики и природе человеческого сознания 239
13.3.6. Наше восприятие мира 240
13.3.7. Психология бессознательного 241
13.3.8. Человек как космическое существо 242
Глава 14. Будущее человечества 247
14.1. Смена парадигм в современной экологии 247
14.2. Русский циклизм. Природные и социальные циклы 250
14.3. Глобальные экологические проблемы современного мира 254
14.4. Концепции и глобальные модели будущего мира 260
14.5. Программа на XXI век 265
14.6. Экологическая этика 266
Список литературы 268

Тимофеева Светлана Семёновна
Медведева Светлана Алексеевна
Ларионова Елена Юрьевна

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

Компьютерная вёрстка Хазова М.В.

Печатается в авторской редакции