

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

И. Г. Кирин, Н. А. Манаков, А. Г. Четверикова

ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Оренбургский государственный университет" в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по специальностям 38.05.01 Экономическая безопасность, 38.05.02 Таможенное дело и 40.05.02 Правоохранительная деятельность

Оренбург
2017

УДК 50(075.8)
ББК 20я73
К43

Рецензент – доктор физ.-мат. наук, профессор О.Н. Каныгина

- Кирин, И. Г.**
К43 Основы концепций современного естествознания: учебное пособие для самостоятельной работы / И. Г. Кирин, Н. А. Манаков, А. Г. Четверикова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2017. – 135 с.

В учебном пособии на современном уровне представлены научные знания по физическому разделу естествознания. Пособие предназначено для самостоятельной работы при подготовке к практическим занятиям студентов, обучающихся по программам высшего образования по специальностям 38.05.01 Экономическая безопасность, 38.05.02 Таможенное дело и 40.05.02 Правоохранительная деятельность. Отдельные разделы могут быть полезны бакалаврам, обучающимся по направлениям УГС 38.00.00 Экономика и управление.

УДК 50(075.8)
ББК 20я73

© Кирин И.Г.,
Манаков Н.А.,
Четверикова А.Г., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение	4
1 Естествознание и современный мир.....	5
1.1 Естествознание как комплекс наук о природе.....	5
1.2 Познавательная и практическая ценность науки.....	7
1.3 Роль естествознания в формировании профессиональных знаний.....	10
1.4 Естественнонаучные знания и сфера управления	12
1.5 Фундаментальные и прикладные проблемы естествознания.....	14
1.6 Развитие естествознания и псевдонаучные тенденции.....	16
1.7 Естествознание и нравственность	20
2 Земля и Вселенная.....	21
2.1 Структура Вселенной	22
2.2 Средства наблюдения объектов Вселенной.....	30
2.3 Земля - планета Солнечной системы.....	34
2.4 Землетрясения и вулканы.....	48
2.5 Рельеф Земли.....	54
2.6 Мировой Океан.....	60
2.7 Атмосфера и ее роль в жизни Земли.....	63
2.8 Происхождение и структура Солнечной системы	70
2.9 Луна - естественный спутник Земли	73
2.10 Планеты земной группы	83
2.11 Планеты-гиганты	88
2.12 Астероиды и кометы	93
2.13 Солнце – ближайшая звезда	97
3 Естественнонаучные знания о веществе	102
3.1 Природные запасы сырья	102
3.2 Природные запасы нефти, угля, газа	111
3.3 Биомасса. Древесина	114
3.4 Современные материалы	118
Список использованных источников.....	133

*Незнание и невежество – вещи разные.
Незнание начинается после науки, а невежество – до неё.
Д. Гранин. «Иду на грозу»*

Введение

Знание естественных законов является одним из необходимых условий интенсивного развития общества. Научной базой современного естествознания являются основные положения физики, химии, биологии и других естественнонаучных дисциплин.

В совокупности с другими курсами базовой части ФГОС ВО дисциплина «Концепции современного естествознания» обеспечивает формирование общекультурных и общепрофессиональных компетенций специалистов.

Учебное пособие состоит из трех глав. В первой главе даны основные понятия и определения науки. Во второй главе раскрываются основные сведения из теории космоса. В третьей главе рассматриваются вопросы применения современных материалов.

1 Естествознание и современный мир

- Естествознание как комплекс наук о природе.
- Познавательная и практическая ценность науки.
- Роль естествознания в формировании профессиональных знаний.
- Естественнонаучные знания и сфера управления.
- Фундаментальные и прикладные проблемы естествознания.
- Развитие естествознания и псевдонаучные тенденции.
- Естествознание и нравственность.

1.1 Естествознание как комплекс наук о природе

Слово «естествознание» представляет собой сочетание двух слов – «естество» (природа) и «знание». Оно может быть заменено синонимом «природоведение» («ведение» происходит от латинского слова «веды» - наука, знание).

Цель естествознания – изучить, описать, систематизировать и объяснить совокупность природных объектов, явлений, процессов, законов.

Современное естествознание включает в себя такие науки, как физика, химия, астрономия, география, биология, экология и др. Естественные науки различаются предметом своего изучения. Например, предметом изучения биологии являются живые организмы, химии – вещества и их превращения. Астрономия изучает небесные тела, география – особую (географическую) оболочку Земли, экология – взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой. Физика — наука о простейших и, вместе с тем, наиболее общих законах природы, о материи, её структуре и движении. Законы физики лежат в основе всего естествознания. Термин «физика» впервые фигурирует в сочинениях одного из величайших мыслителей древности Аристотеля.

Каждая естественная наука сама является комплексом наук, возникших на разных этапах развития естествознания. Так, в состав биологии входят ботаника,

зоология, микробиология, генетика, цитология и другие науки. При этом предметом изучения ботаники являются растения, зоологии – животные, микробиологии – микроорганизмы. Генетика изучает закономерности наследственности и изменчивости организмов, цитология – живую клетку. Химия также подразделяется на ряд более узких наук: неорганическая, органическая, аналитическая химия, теоретическая и компьютерная химии. К географическим наукам относят геологию, земледелие, геоморфологию, климатологию, физическую географию.

Дифференциация наук привела к выделению более мелких областей научного знания. К примеру, биологическая наука зоология включает в себя орнитологию, энтомологию, герпетологию, этологию, ихтиологию и т. д. Орнитология – наука, изучающая птиц; энтомология – насекомых; ихтиология – рыб; герпетология – пресмыкающихся; этология – наука о поведении животных.

Человек как естественнонаучный объект изучается медициной. Современная медицина - это синтез физики, химии, биологии, наук о Земле, о Вселенной и даже наук о микромире. Ее можно рассматривать как один из наиболее синтетических разделов естествознания, теснейшим образом связанный с техническими и гуманитарными науками.

В XXI веке активно развивается в рамках естествознания еще одна отрасль исследования, претендующая на объединение всех знаний, необходимых для выживания и развития человечества. Это - экология. Экология и медицина сегодня рассматриваются как приоритетные отрасли естествознания.

Иерархичность структуры естествознания. Мировоззренческое пространство естествознания включает в себя множество отраслей знания и наук. Для каждой из них существует свой более или менее развитый методологический аппарат, который и позволяет считать систему знаний, полученных в разных направлениях, единой. Едина и природа, а множество естественных наук образуют континуум или непрерывную совокупность.

1.2 Познавательная и практическая ценность науки

Организованная и целенаправленная деятельность человека опирается на знания. На протяжении всей истории люди выработали множество способов познания и освоения окружающего их мира. Среди этих способов важнейшее место занимает наука. Под наукой понимают сферу человеческой деятельности, в рамках которой вырабатываются и систематизируются объективные знания о действительности.

Человеческая жизнь протекает одновременно в двух взаимосвязанных аспектах: естественно-природном и культурном.

Человек продукт природы, чтобы существовать в ней удобно и безопасно, создает внутри природы искусственный мир культуры, «вторую природу». Человек существует в природе, взаимодействует с ней как живой организм, но при этом как бы удваивает внешний мир, вырабатывая знания о нем, создавая образы, модели, оценки, предметы обихода и т.д. Именно такая вещно-познавательная деятельность человека и составляет культурный аспект человеческого бытия.

Культура находит свое воплощение в предметных результатах деятельности, способах и методах существования человека, в различных нормах поведения и разнообразных знаниях об окружающем мире.

Практическое проявление культуры определяется по двум основным направлениям: в создании материальных и духовных ценностей.

Материальные ценности образуют материальную культуру, а мир духовных ценностей, включающий в себя науку, искусство, религию, формирует мир духовной культуры. Ее специальный опыт и результаты предстают перед нами в виде идей, представлений, научных теорий, художественных образов, моральных и правовых норм, политических и религиозных воззрений и многих других элементов духовного мира человека.

Культура является важнейшей сущностной характеристикой человека, отличающей его от остального органического мира планеты. Культура помогает человеку не приспособливаться к окружающей среде, как растения и животные, а

менять ее, делая мир удобным для себя. В этом проявляется важнейшая функция культуры — защитная, направленная на то, чтобы прямо или косвенно облегчить жизнь людей. Все сферы культуры так или иначе участвуют в решении этой важнейшей задачи. При этом в культуру вносят определенный вклад и определенные личностные характеристики человека, его потребности и интересы.

Культура складывается из трех ветвей интеллектуальных человеческих достижений: науки, искусства и религии. В этом контексте основной частью культуры является наука, определяющая наиболее важные стороны жизни общества и человека, в частности, экономические условия его существования. *Наука является частью культуры, созданной человеком. Главная цель науки – описание, объяснение и предсказание процессов действительности. Задача науки — получение объективных знаний об окружающем мире, познание законов, по которым он функционирует и развивается. Обладая этим знанием, человеку намного легче преобразовывать мир. Например, экономика является фундаментом, обеспечивающим деятельность общества, и ее развитие зависит от способности человека к труду.*

Мораль регулирует отношения между людьми в обществе, вне которого человек не может жить и ради выживания которого он должен ограничивать личную свободу. Религия рождается из потребности человека в утешении в тех ситуациях, которые невозможно разрешить рационально (например, смерть близких людей, болезнь, несчастная любовь и т.д.).

Таким образом, наука представляет собой сферу культуры, наиболее тесно связанную с задачами непосредственного преобразования мира, повышения его комфортности и удобства для человека. Именно бурный рост науки, начавшийся в XX веке, создал современную, достаточно комфортную техническую цивилизацию — мир, в котором мы сегодня живем.

С течением времени, и особенно в конце прошлого столетия, стали наблюдаться изменения функций науки, и, в первую очередь, естествознания.

Ранее основная функция науки сводилась к описанию, систематизации и объяснению изучаемых объектов, процессов и явлений. В наше время наука

становится неотъемлемой частью производственной деятельности человека, в результате чего современное производство приобретает наукоемкий характер. Происходит сращивание научной и производственно-технической деятельности человека.

Появляются крупные научно-производственные объединения, межотраслевые научно-технические комплексы "наука - техника - производство", где науке принадлежит ведущая роль. Именно в таких комплексах созданы первые космические системы, первые атомные электростанции и многое другое, представляющие собой высшие достижения науки и техники. Ученые, утверждая, что наука - производительная сила, имеют в виду, прежде всего, естествознание.

Наука обычно не производит непосредственно материальную продукцию, но всем понятно, что в основе любого производства лежат научные разработки. Поэтому, когда говорят о науке как о производительной силе, имеют в виду ту научную информацию (тоже своего рода продукцию), на базе которой организуется и реализуется производство материальных ценностей. *В этом и состоит практическая ценность науки.*

Наука обладает познавательной ценностью. Стремление человека к познанию окружающего мира бесконечно. Одним из средств этого познания является естествознание. Оно активно участвует в формировании мировоззрения каждого человека отдельно и общества в целом. *Мировоззрение - это совокупность определенных представлений об окружающем мире, комплекс норм и убеждений, которыми руководствуется каждый человек в своей практической деятельности.* Мировоззрение представляет формирует социальную установку на понимание смысла жизни, жизненных идеалов, целей общества и средств их достижения.

Определенный мировоззренческий и методологический подход к пониманию мира и объяснению эмпирических фактов выражает стиль мышления. Этот стиль может быть консервативным, ортодоксальным, критическим, революционным, конформистским, эклектичным и т.д.

Современное естествознание развивает новые представления и подходы к пониманию природы как единого целого. Например, с созданием теории

относительности существенно изменило наши взгляды на пространственно-временную организацию объектов природы; построение квантовой теории - представления о поведении микрообъектов в многообразном мире; развитие экологии привело к пониманию глубоких принципов целостности природы. Успехи синергетики позволили по-новому представить связь хаоса и порядка, кризиса и развития. С развитием генетики связаны новые представления об эволюции жизни на Земле, о всеобщем родстве всех живых организмов. Достижения космонавтики открыли для нас «темную материю» и «темную энергию», понятия о «населении ближнего космоса».

Естествознание – доминирующая особенность мировоззрения современной культуры и, вероятно, самый динамичный ее компонент. Сегодня невозможно обсуждать социальные, культурные, антропологические проблемы, не принимая во внимание развитие научной мысли. *В этом состоит познавательная ценность науки.*

1.3 Роль естествознания в формировании профессиональных знаний

Многообразные проявления окружающего мира требуют от нас глубокого и комплексного восприятия фундаментальных понятий о материи, пространстве и времени, о добре и зле, о законе и справедливости, о природе поведения человека в обществе.

Знание основных положений современного естествознания поможет вне зависимости от профессии, понять каких материальных и интеллектуальных затрат стоят современные исследования. Они позволяют проникнуть внутрь микромира и освоить внеземное пространство, «дарят» нам высокое качество изображения телевизора, указывают пути совершенствования персональных компьютеров. Знания показывают как важна проблема сохранения природы, чтобы удовлетворить потребности человека.

Человек, обладающий общими и в то же время концептуальными естественнонаучными знаниями, т.е. целостными знаниями о природе, будет

действовать непременно так, чтобы польза - результат его действий - всегда сочеталась с бережным отношением к природе для нынешнего и грядущих поколений.

Можно уверенно утверждать, что знание основных положений естествознания «освобождает» человека от некомпетентных решений и действий при выборе своей созидательной деятельности.

Вот несколько примеров.

Попытаемся ответить на вопрос: «Должен ли менеджер и экономист владеть не только знаниями законов управления и экономики, но и естественнонаучными знаниями?»

Ответ: «Да, конечно, без естественнонаучных знаний ему не обойтись». Без таких знаний менеджер не будет понимать сущности объекта, для которого проводится, например, экономический анализ. Нельзя дать квалифицированные рекомендации по экономической эффективности тех или иных технологий изготовления какого-либо товара без знаний естественнонаучной сущности анализируемого объекта и без понимания естественнонаучных основ современных технологий. Каждая технология характеризуется спецификой, влияющей на качество выпускаемого товара, материально-технической базой, воздействием на окружающую среду и т. п.

Таким образом, профессиональное решение задач менеджмента сопряжено с решением комплекса вопросов, включающего и экономические, и социальные, и естественнонаучные аспекты. Специалисту, владеющему основами современного естествознания наряду с теоретическими знаниями управления экономики, гораздо проще эффективно решать любые экономические задачи.

Следующий вопрос: «Должен ли руководитель любого ранга владеть основами естествознания?»

Ответ: «Безусловно». Первую оценку поступившего предложения настоящий руководитель производит самостоятельно, еще до того, как примет решение о необходимости прибегнуть к услугам специалистов. Вероятность того, что оценка будет объективной, а решение – оптимальным, тем выше, чем шире

профессиональный кругозор руководителя. Это особенно важно для принятия чрезвычайно ответственных решений, например, при строительстве крупных объектов: мощных электростанций, протяженных магистралей, нефтеперерабатывающих комплексов и т. п. Такие решения затрагивают интересы огромного числа людей, нередко государств в целом или даже многих государств. Базой современных технологий, от нанoeлектроники до сложнейшей космической техники, является естествознание. Поэтому понятно, что правильное решение руководителя невозможно без знаний основ естествознания.

Если, например, необходимо принять решение о строительстве электростанции для улучшения энергообеспечения какого-либо региона. Можно ли без владения естественнонаучными основами современных технологий получения электроэнергии сделать заключение о строительстве электростанции, которая бы наносила минимальный экологический ущерб региону, производя достаточно дешевую энергию. Очевидно, что для выбора оптимального решения руководители и работающие вместе с ним специалисты должны владеть естественнонаучными основами энергетики и экологии.

Можно заключить, что естествознание играет чрезвычайно важную роль в формировании профессиональных знаний не только инженерно-технических работников, но и специалистов других профессий.

1.4 Естественнонаучные знания и сфера управления

За все время развития цивилизации знания были, есть и будут фундаментальной основой развития общества, поскольку они всегда представляют собой действенную силу. Однако функции знаний с течением времени менялись. Если в древнее время знания в основном служили для саморазвития личности, то, начиная с XVIII в., знания приобретают все больше признаков производительной силы и становятся полезными не только познающему, но и всему обществу в целом, т.е. проявляют общественный характер. Важнейшая особенность развития современных знаний заключается в том, что они теперь используются для

производства самих знаний.

Поиск наиболее эффективных способов систематического и целенаправленного применения имеющихся знаний (в виде накопленной информации) для получения ожидаемых результатов – на самом деле, и есть управление в современном понимании.

В настоящее время знания необходимы как никогда для того, чтобы определить, какие новые знания нужны, насколько они целесообразны и что следует предпринять для их эффективного использования. *Именно целенаправленное использование знаний определяет эволюцию структуры управления во всех сферах деятельности человека – от производства товаров широкого потребления до управления наукой, образованием и государством.*

Среди многочисленных отраслей знаний *естественнонаучные знания* о природе отличает, прежде всего, практическая значимость и полезность. На их основе создаются новые производственные технологии, технические устройства, новые материалы и т.д. Естественнонаучные знания дают целостное представление о природе, неотъемлемой частью которой является сам человек. *Они расширяют кругозор человека и служат ему основной базой для изучения и усвоения всего нового, необходимого для управления не только своей деятельностью, но и производством, группой людей, обществом или государством.*

Можно привести немало примеров, когда люди, благодаря талантливым учителям, наставникам и собственному прилежанию, вооружившись знаниями, достигали больших успехов в управлении. Еще за 25 веков до нас (356–323 до н.э.) выдающийся полководец и политик Александр Македонский говорил, что он чтит Аристотеля наравне со своим отцом, так как, если отцу он обязан жизнью, то Аристотелю обязан всем, что дает ей цену. Наставником и затем советником римского императора Нерона (37–68) был выдающийся философ и писатель Сенека (ок. 4 до н.э. – 65 н.э.). Российского царя Александра II (1818–1881) воспитывал известный мыслитель и поэт Василий Жуковский (1783–1852).

Трудный путь управления государством Российским Петр I (1672–1725) прокладывал, опираясь не только на собственные знания и умения, но и на развитие

российской науки и фундаментальное образование. Именно такое управление пробудило Россию от долгого средневекового сна. Понятно, что *естественнонаучные знания играют важную роль в сфере управления и необходимы руководителю любого ранга.*

1.5 Фундаментальные и прикладные проблемы естествознания

Наука – необходимое, самое важное и наиболее прекрасное что есть в жизни человека. Такое однозначное представление о науке современном мире не всегда находит понимание в обществе, в повседневной жизни. Отношение общества к науке, в особенности, к естествознанию, определяется пониманием ценности науки, сформированным в данный момент времени. Ценность науки обычно представляется в двух позициях, которые можно кратко выразить в виде двух вопросов. *Что наука дает людям для улучшения их жизни? Что она дает небольшой группе людей, изучающих природу и желающих знать, как устроен окружающий нас мир?* Существенные признаки разделения проблем естествознания на прикладные и фундаментальные можно определить по ответам на эти вопросы: первый из них характеризует прикладную науку, а второй – фундаментальную.

Слово «фундаментальный» не является синонимом словам «важный», «большой» и т. п. Прикладное исследование может иметь очень большое значение не только для практики, но и для самой науки, в то время как результат фундаментального исследования может оказаться незначительным.

Следует отметить, что далеко не всякую проблему можно четко определить как фундаментальную или прикладную. К настоящему времени, к сожалению, нет точного критерия определения фундаментальных и прикладных проблем, как и нет ясных правил отделения полезных исследований от бесполезных. Поэтому часто к фундаментальным проблемам естествознания относят изучение базисных структур мира, а к прикладным – применение результатов фундаментальных исследований для решения познавательных и социально-практических задач.

Ценность фундаментальных исследований заключается не только в возможной

выгоде от них завтра, но и в том, что они позволяют поддерживать высокий научный уровень прикладных исследований.

Например, физика металлов и физика полупроводников являются теоретическими прикладными дисциплинами, а металловедение, полупроводниковая технология – практическими прикладными науками. Таким образом, познание законов природы и построение на этой основе картины мира – непосредственная, ближайшая цель естествознания, а содействие практическому использованию этих законов – конечная задача.

Основываясь на таком подходе, можно выделить современные прикладные проблемы естествознания:

- разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и эффективного преобразования электромагнитной энергии в химическую;

- разработка безопасных аккумуляторов водорода;

- «вскрытие» генетического кода и проведение работ с информацией, определяющей развитие организма;

- соединение способностей мозга к размышлению с вычислительными способностью компьютера;

- развитие робототехники для замены функций выполняемых человеком;

- дальнейшее совершенствование методов и средств передачи сигналов и транспортировки;

- освоение космоса; совершенствование методов и способов охраны окружающей среды;

- разработка эффективных лекарств от рака и СПИДа и многое другое.

К наиболее важным фундаментальным проблемам естествознания можно отнести:

- теорию квантовой гравитации;

- природу «темной» энергии и «темной» материи;

- конфайнмент – невозможность существовать кварков по отдельности;

- единую теорию фундаментальных взаимодействий; Единую теория катализа;

- антропный принцип; фолдинг белка и РНК; химическую картину

происхождения жизни;

- возникновение жизни на Земле; возникновение генетического кода; *Кембрийский взрыв*, во время которого возникли практически все типы животных, живущие в наше время;

- теорию биологического старения; происхождение полового размножения;
- наличие внеземной жизни.

Эти проблемы непосредственно не связаны с практическими задачами, но решение каждой из них может привести в перспективе к реализации спектра практических задач, как уже не раз было в истории науки.

1.6 Развитие естествознания и псевдонаучные тенденции

С тех пор, как человечество обрело способность излагать мысли и передавать опыт познания окружающего мира, между знанием и незнанием образовалась промежуточная область (паранаука), в которой всегда находилось место для описания загадочных явлений, гуманоидов и неопознанных летающих объектов (НЛО), способностей колдунов, предсказаний астрологов и многого другого, что составляет предмет так называемой «альтернативной науки».

Сегодня наблюдается небывалый рост публикаций, не только в газетах, но и в научных изданиях, об экстрасенсах, астрологах, парапсихологах, «контактёрах», НЛО и т.п. Регистрируется мощный поток антинаучной информации, способный направить познание по ложному пути, к двум ошибочным подходам.

В первом отрицается все ранее известное и предлагаются новые теории, которые, по мнению авторов, способны наиболее полно и правильно описать исследуемый объект, явление или процесс. С таким подходом вряд ли можно согласиться, поскольку по мере развития науки отвергается и заменяется чем-то новым далеко не все. Обычно старую систему научных понятий расширяют, уточняют, обобщают. Обязательно подразумевается, что все то, что мы знали раньше - только часть того, что мы знаем теперь. Например, классическая механика Ньютона верна, но только для сравнительно медленных движений, для скоростей,

значительно меньших скорости света в вакууме. В результате ее место уточнено, она не отвергнута, не выброшена, не забыта и не объявлена шарлатанством.

Во втором подходе к познанию законов окружающего мира нет полного отрицания того что известно, а предлагаемые идеи рассматриваются в совершенно другой плоскости. Такой подход приводит к антинаучным тенденциям, которые впоследствии развиваются, активизируются, приобретают популярность как следствие безысходности и разочарования людей в происходящем вокруг них.

Наука и антинаучные течения сосуществуют с древних времен. Наука с тех пор неузнаваемо изменилась: открыты новые законы, появилось множество методов и теорий, подтверждающихся практикой, а околонучные представления так и остались на прежнем уровне, не получив убедительного экспериментального подтверждения.

Благодатная почва для околонучных (паранормальных) представлений возникает и в случае, когда гипотеза принимается за истинную теорию, якобы легко доказываемую экспериментом, пока еще никем не проведенным. При этом нередко наблюдается пренебрежение к экспериментальным доказательствам, которые, как предполагается, должен провести кто-то другой.

Массовое сознание часто не распознает различия между наукой и псевдонаукой, и нередко сочувственно относится к псевдоученым. Последние, в свою очередь, в отличие от настоящих ученых, стремятся находиться на виду, выдвигать новые эффектные идеи, предлагать несуразно простые объяснения непонятного. Поэтому следует четко представлять себе, что такое псевдонаука, знать, чем она отличается от подлинной науки.

Важнейшим отличием науки от псевдонауки является содержание знания: утверждения псевдонаук обычно не согласуются с установленными фактами, не выдерживают объективной экспериментальной проверки. Так, уже много раз ученые пытались проверить точность астрологических прогнозов, сравнивая род занятий людей и их тип личности с составленными для них гороскопами, в которых учитывался знак Зодиака, расположение планет в момент рождения и прочее, но никаких значимых соответствий не обнаружено.

Структура псевдонаучных знаний имеет несистемный характер, отличается выраженной фрагментарностью. Их невозможно логично вписать в сколько-нибудь подробную картину мира. Псевдонауке свойственен некритический анализ исходных данных, что позволяет принимать в качестве таковых мифы, легенды, рассказы из третьих рук, грубо игнорируя данные, противоречащие доказываемой концепции. Нередко дело доходит до прямого подлога, подтасовки фактов.

Несмотря на все свои недостатки, псевдонаука пользуется большим успехом. И для этого есть основания. Одно из них – принципиальная неполнота научного мировоззрения общества, оставляющая место для догадок и измышлений. Если раньше эти пустоты, как правило, заполнялись религией, то сегодня они заполнены псевдонаукой, аргументы которой пусть и неверны, но зато понятны всем. Психологически обычному человеку часто понятнее и приятнее псевдонаучные объяснения, оставляющие место чудесам, в которых по-прежнему нуждается человек, чем сухие научные рассуждения, которые к тому же зачастую невозможно понять без специального образования. Поэтому корни псевдонауки кроются в самой природе человека.

По содержанию псевдонаука не является примитивно однородной, в ней можно выделить несколько категорий.

К первой категории относятся *реликтовые псевдонауки*, среди которых всем известные астрология и алхимия. Когда-то они были источником знаний о мире, «питательной средой» для зарождения подлинной науки. Псевдонауками они стали после рождения и становления химии и астрономии.

Вторая категория это *окультные псевдонауки* – спиритизм, месмеризм, парапсихология. Общим для всех является признание существования потустороннего (астрального) мира, не подчиняющегося физическим законам. Считается, что это – высший по отношению к нам мир, в котором возможны любые чудеса. Связываться с этим миром можно через медиумов, экстрасенсов, телепатов. При этом возникают различные паранормальные явления, которые и становятся предметом изучения псевдонауки.

Третья категория - *модернистские псевдонауки*, в которых мистическая основа

старых псевдонаук преобразовалась под воздействием научной фантастики. Среди таких «наук» ведущее место принадлежит уфологии, занимающейся изучением НЛО.

Отличить науку от псевдонауки можно, руководствуясь двумя принципами.

Первый из них – это принцип верификации, утверждающий, что если какое-либо понятие или суждение имеет смысл, если оно сводимо к непосредственному опыту, эмпирически проверяемо. Различают непосредственную верификацию, когда происходит прямая проверка утверждений, и косвенную верификацию, когда устанавливаются логические отношения между косвенно верифицируемыми утверждениями.

Однако принцип верификации лишь в первом приближении отделяет научное знание от псевдонаучного. Более точно работает *принцип фальсификации*, сформулированный К. Поппером¹. В соответствии с этим принципом, научным может считаться только *принципиально опровержимое (фальсифицируемое) знание*. Давно известно, что никакое количество экспериментальных подтверждений не является достаточным для доказательства теории. Можно наблюдать сколько угодно примеров, ежечасно подтверждающих закон всемирного тяготения, но достаточно лишь одного примера (например, камня, упавшего не на землю, а улетевшего прочь от земли), чтобы признать этот закон ложным. Поэтому ученый должен направлять свои силы не только на поиски еще одного экспериментального доказательства сформулированной им гипотезы или теории, но и на попытку опровергнуть свое утверждение. Критическое стремление опровергнуть научную теорию является наиболее эффективным путем для подтверждения ее научности и истинности. Критическое отношение к выводам и утверждениям науки является важнейшим источником ее развития, хотя и делает любое научное знание гипотетичным, лишая его законченности и абсолютности.

Только истинная наука не боится ошибиться и признать прежние выводы ложными. В этом и есть сила науки, ее отличие от псевдонауки, лишенной этого

¹ К. Поппер - Сэр Карл Раймунд Поппер (нем. Karl Raimund Popper; 28 июля 1902 — 17 сентября 1994) — великий австрийский и британский философ XX столетия; основатель школы "критического рационализма".

важнейшего свойства. Если какая-либо концепция при всей своей наукообразности утверждает, что ее невозможно опровергнуть, отрицает саму возможность иного истолкования каких-либо фактов, то это свидетельствует о том, что мы столкнулись с псевдонаукой.

1.7 Естествознание и нравственность

Человечество с самой своей колыбели выдвигало разные нравственные идеалы: гармоническое единство многообразных интересов людей, единство личного и общественного, царство справедливости, добра, правды и красоты. Эти идеалы уточнялись с практической деятельностью людей, обогащались опытом жизни. При этом влияние естествознания на мораль в обществе всегда было огромно, однако в нем никогда не было единого мнения в вопросе об оценке такого влияния.

Существуют многочисленные и многогранные взаимосвязи естествознания и нравственности как системы социальных норм, регулирующих поведение людей и направленных на сохранение и развитие общества. Необходимо отметить, что ученый-естествоиспытатель, испытывает двойной контроль: внешний – со стороны государства, социальной группы, общества и внутренний, основанный на развитом чувстве ответственности, совести и нравственном идеале.

Естествознание, как и наука в целом, оказывая сильное влияние на мораль, испытывает на себе ее обратное воздействие. Развитие естествознания, науки в целом и нормальное течение жизни общества нуждаются в урегулировании поведения и действий людей посредством не только правовых, но и нравственных норм.

Например, известно, что во многих странах большинство передовых естественнонаучных достижений идет на создание новой военной техники, в том числе и средств массового поражения, рассчитанных на безнравственные действия – уничтожение людей. В ряде случаев принято считать, что ученые и инженеры-разработчики создают новый вид оружия для оборонительных целей. Но

применение оружия в любом случае приводит к гибели людей, часто безвинных. Виноваты ли и несут ли моральную ответственность ученые-естествоиспытатели, научные разработки которых служат базой для создания оружия? Или основную ответственность несут те, кто применял оружие и давал команду на его применение ради наживы либо удовлетворения своих эгоистических потребностей обладать еще большей властью? Данные вопросы, волновавшие людей еще с древних времен, включают целый комплекс правовых и нравственных проблем, решение которых зависит от политических, социальных и других условий, а также в большей степени от того, для каких целей применялось оружие. Перед ученым всегда ставилась вполне благородная задача – создавать эффективное оружие для защиты государства. Ученые-естествоиспытатели всегда выступали с гуманной мирной инициативой. В качестве примера можно назвать Пагуошское движение ученых за мир, разоружение, международную безопасность и научное сотрудничество. Такое общественное движение сформировалось в 1955 г. по инициативе крупных ученых: физиков А. Эйнштейна, Ф. Жолио-Кюри и философа Б. Рассела.

Взаимосвязи и сочетание естествознания как науки о природе и морали как правил нравственности безусловно сложны, и для их научного анализа, по-прежнему, остается огромное поле деятельности. Ясно одно – естествознание вряд ли может претендовать на замещение морали.

Ясно также, что настоящим ученым всегда руководит высокий нравственный идеал, ради которого он трудится, не покладая рук, ради которого он решает чрезвычайно трудную, но благородную задачу расширения горизонта научного знания загадочного и постоянно изменяющегося окружающего мира.

2 Земля и Вселенная

- Структура Вселенной.
- Средства наблюдения объектов Вселенной.
- Земля - планета Солнечной системы.

- Землетрясения и вулканы.
- Рельеф Земли.
- Мировой Океан.
- Атмосфера и ее роль в жизни Земли.
- Происхождение и структура Солнечной системы.
- Луна - естественный спутник Земли.
- Планеты земной группы.
- Планеты-гиганты.
- Астероиды и кометы.
- Солнце - ближайшая звезда

2.1 Структура Вселенной

Вселенная – это весь существующий материальный мир, бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Часть Вселенной, которая доступна исследованию астрономическими средствами, соответствующими достигнутому уровню развития науки, называется *Метагалактикой*. То есть Метагалактика – это охваченная астрономическими наблюдениями часть Вселенной. Она находится в пределах космологического горизонта.

Структура Вселенной – предмет изучения *космологии* – одной из важных отраслей естествознания, – находящейся на стыке многих естественных наук: астрономии, физики, химии и др.

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

Метагалактика представляет собой совокупность звездных систем – галактик,

а ее структура определяется их распределением в пространстве, заполненном чрезвычайно разреженным межгалактическим газом и пронизываемом межгалактическими лучами.

Согласно современным представлениям, для Метагалактики характерна ячеистая (сетчатая, пористая) структура. Эти представления основываются на данных астрономических наблюдений, показавших, что галактики распределены не равномерно, а сосредоточены вблизи границ ячеек, внутри которых галактик почти нет. Кроме того, найдены огромные объемы пространства, порядка миллиона кубических мегапарсек, в которых галактик пока не обнаружено. Пространственной моделью такой структуры может служить кусок пемзы, которая неоднородна в небольших выделенных объемах, но однородна в больших объемах.

Если брать не отдельные участки Метагалактики, а ее крупномасштабную структуру в целом, то очевидно, что в этой структуре не существует каких-то особых, чем-то выделяющихся мест или направлений и вещество распределено сравнительно равномерно.

Возраст Метагалактики близок к возрасту Вселенной, поскольку образование ее структуры приходится на период, следующий за разьединением вещества и излучения. По современным данным, возраст Метагалактики оценивается в $12 \div 15$ млрд лет. По-видимому, близок к этому и возраст галактик, которые сформировались на одной из начальных стадий расширения Метагалактики.

Галактика – это гигантская система, состоящая из скоплений звезд и туманностей, образующих в пространстве достаточно сложную конфигурацию. По форме галактики условно разделяются на три типа: эллиптические, спиральные и неправильные.

Эллиптические галактики обладают пространственной формой эллипсоида с разной степенью сжатия. Они являются наиболее простыми по структуре и распределению звезд, концентрация звезд в них равномерно убывает от центра.

Спиральные галактики представлены в форме спирали, включая спиральные ветви. Это самый многочисленный вид галактик, к которому относится и наша Галактика – *Млечный Путь*.

Неправильные галактики не обладают выраженной формой, в них отсутствует центральное ядро.

Некоторые галактики, называемые радиогалактиками, характеризуются исключительно мощным радиоизлучением, превосходящим видимое излучение.

В строении спиральных и эллиптических галактик очень упрощенно можно выделить центральное ядро и сферическую периферию, представленную либо в форме огромных спиральных ветвей, либо в форме эллиптического диска, включающих наиболее горячие и яркие звезды и массивные газовые облака.

Ядра галактик проявляют свою активность в разных формах: в непрерывном истечении потоков вещества; в выбросах сгустков газа и облаков газа с массой в миллионы солнечных масс; в мощном радиоизлучении из около ядерной области. В ядре галактики сосредоточены самые старые звезды, возраст которых приближается к возрасту галактики.

Звезды среднего и молодого возраста расположены в диске галактики.

Звезды и туманности в пределах галактики движутся довольно сложным образом: вместе с галактикой они принимают участие в расширении Вселенной; кроме того, они участвуют во вращении галактики вокруг оси.

Наше Солнце вместе с планетной системой входят в Галактику Млечный Путь. Млечный Путь хорошо виден в безлунную ночь. Он кажется скоплением светящихся туманных масс, протянувшимся от одной стороны горизонта до другой. Наблюдая Млечный Путь в телескоп, мы обнаруживаем, что он состоит из множества звезд. По форме он напоминает сплюснутый шар, заполненный 150 млрд звезд. В центре его находится ядро, от которого отходит несколько спиральных звездных ветвей, что придает нашей Галактике спиральную форму. Наша Галактика чрезвычайно велика (рис. 2.1): от одного ее края до другого световой луч путешествует около 100 тысяч земных лет. Большая часть ее звезд сосредоточена в гигантском диске толщиной около 1500 световых лет. На расстоянии около 30 тысяч световых лет от центра Галактики расположено наше Солнце.

Звезды – это небесные тела, в которых естественным образом происходили, происходят или будут происходить реакции термоядерного синтеза. Звезды в

обычном стационарном состоянии – раскаленные газообразные шарообразные тела.

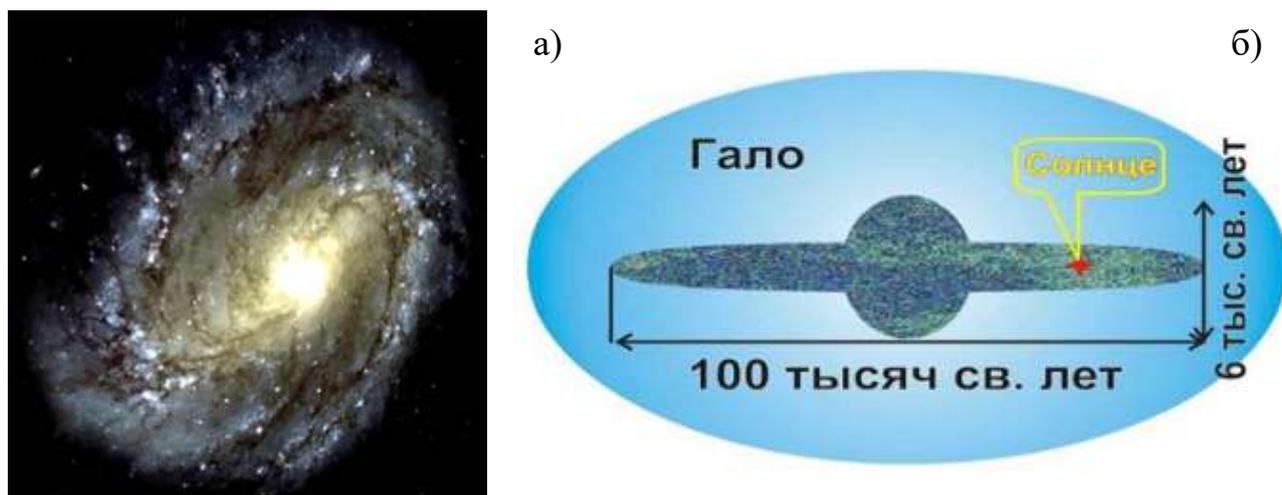


Рисунок 2.1 - Общий вид (а) и схематичное представление (б) нашей Галактики

На современном этапе эволюции Вселенной вещество в ней находится преимущественно в звездном состоянии. 97% вещества в нашей Галактике сосредоточено в звездах, представляющих собой гигантские плазменные образования различной величины и температуры, с разной характеристикой движения. У многих галактик, если не у большинства, «звездная субстанция», составляет более чем 99,9% их массы.

Возраст звезд меняется в огромном диапазоне: от 12 до 15 млрд лет, соответствующих возрасту Вселенной, до сотен тысяч для самых молодых. Есть звезды, которые в настоящее время еще только образуются, и находятся в протозвездной стадии, они еще не стали настоящими звездами.

Рождение звезд происходит в газовой-пылевой туманности под действием гравитационных, магнитных и других сил, благодаря которым идет формирование неустойчивых неоднородностей и диффузная материя распадается на ряд сгущений. Исследуются взаимосвязи между звездами и межзвездной средой, механизмы непрерывного образования звезд из конденсирующейся диффузной, рассеянной материи.

Звезды эволюционируют от протозвезд – гигантских газовых слабо

светящихся шаров с низкой температурой, к звездам – плотным плазменным телам с температурой в миллионы градусов. Затем начинается процесс ядерных превращений. Основная эволюция вещества во Вселенной происходила и происходит в недрах звезд. Именно там находится котел, который обусловил химическую эволюцию вещества во Вселенной.

В недрах звезд при огромных значениях температур (около 10 млн. градусов) и плотности находятся атомы в ионизированном состоянии: электроны почти все отделены от своих атомов. Оставшиеся ядра вступают во взаимодействие друг с другом, благодаря чему водород, основной химический элемент в большинстве звезд, превращается при участии углерода в гелий. Эти и другие ядерные превращения являются источниками колоссального количества энергии, излучаемой звездами.

Силы, которые высвобождаются при взрыве водородной бомбы внутри звезды, излучают энергию, свет и тепло в течение миллионов и миллиардов лет за счет превращения водорода в более тяжелые элементы, и, прежде всего, в гелий. На завершающем этапе эволюции звезды превращаются в инертные, так называемые «мертвые» звезды.

Мир звезд необыкновенно разнообразен, их физические характеристики существенно различаются. Есть, например, *звезды гиганты* и *сверхгиганты*. По своим размерам они значительно превосходят Солнце. Объем одной из звезд созвездия Цефея больше объема Солнца в 14 млрд раз. Если бы эту громадную звезду можно было поместить на место Солнца в центре нашей планетной системы, то не только Земля, но и орбиты более далеких планет – Марса, Юпитера и даже Сатурна – оказались бы внутри такого гигантского шара.

Кроме звезд-гигантов существуют и *звезды-карлики*, значительно уступающие по своим размерам Солнцу. Известны звезды-карлики, которые меньше Земли и даже Луны. Их вещество отличается чрезвычайно высокой плотностью. Так, если из материала одного плотного белого карлика можно было бы изготовить гирию, равную по размерам обычной килограммовой гири, то на Земле она весила бы 4000 тонн.

Еще большей плотностью обладают *нейтронные звезды*. Поперечник такой звезды, состоящей главным образом из нейтронов, составляет всего около 20–30 км, а средняя плотность вещества достигает 100 млн. т/см³. По существу нейтронная звезда – это громадное атомное ядро. Существование нейтронных звезд было теоретически предсказано еще в 30-х годах прошлого века. Однако обнаружить их удалось в 1967 году по необычайному импульсному радиоизлучению. Нейтронные звезды быстро вращаются, и радио-луч каждой вращающейся звезды регистрируется радиотелескопом как импульс радиоизлучения, поэтому нейтронные звезды называются *пульсарами*. Большинство пульсаров излучает в радиодиапазоне от метровых до сантиметровых волн. Они иногда называются *радиопульсарами*. Пульсары в *Крабовидной туманности* (рис. 2.2) и ряд других излучают, кроме того, в оптическом, рентгеновском и гамма-диапазонах.

Звезды могут иметь различные температуры на поверхности: от нескольких тысяч до десятков тысяч градусов. Звезды различаются и по цвету. Сравнительно «холодные» звезды – с температурой около 3–4 тысяч градусов – красного цвета. Наше Солнце, поверхность которого «нагрета» до 6 тысяч градусов имеет желто-зеленый цвет. Самые горячие звезды – с температурой, превосходящей 12 тысяч градусов, – белые и голубоватые.



Рисунок 2.2 - Крабовидная туманность в созвездии Тельца

Во Вселенной наблюдаются вспышки *новых и сверхновых звезд*. Это звезды в некоторый момент времени в результате бурных физических процессов неожиданно увеличиваются в объеме, «раздуваются», сбрасывают свою газовую оболочку и в течение нескольких суток выделяют чудовищное количество энергии – в миллиарды раз больше, чем излучает Солнце. Затем, исчерпав свои ресурсы, они постепенно тускнеют, превращаясь в газовую туманность. Так на месте сверхновой звезды образовалась Крабовидная туманность. Она является мощным источником излучения, что свидетельствует о происходящих внутри нее интенсивных процессах.

Звезды, составляющие Галактику, движутся вокруг ее центра по очень сложным орбитам. С огромной скоростью (около 250 км/с) движется в мировом пространстве и наше Солнце, увлекая за собой свои планеты. Солнечная система совершает один полный оборот вокруг галактического центра за 180 млн. лет.

Ближайшие к нашей Галактике звездные системы удалены от нас на расстояние около 150 тысяч световых лет. Они видны на небе Южного полушария как маленькие туманные пятна. Впервые их подробно описал спутник и биограф Магеллана – Пигафетта, во время знаменитого кругосветного путешествия. Они вошли в историю естествознания под названием *Магеллановых облаков – Большого и Малого*. Радиоастрономические исследования последних десятилетий показали, что Магеллановы облака – это своеобразные спутники нашей Галактики.

На расстоянии около 2 млн. световых лет находится ближайшая к нашей Галактике – *Туманность Андромеды*. Туманность Андромеды по строению напоминает нашу Галактику, но значительно превосходит ее по своим размерам. Подобно нашей Галактике, Туманность Андромеды имеет спутников – две эллиптические туманности, состоящие из огромного числа звезд.

Наша галактика, Туманность Андромеды (рис. 2.3) вместе с другими соседними звездными системами образуют *Местную систему галактик*, в которую входит 16 галактик. Поперечник Местной системы галактик равен 2 млн. световых лет.

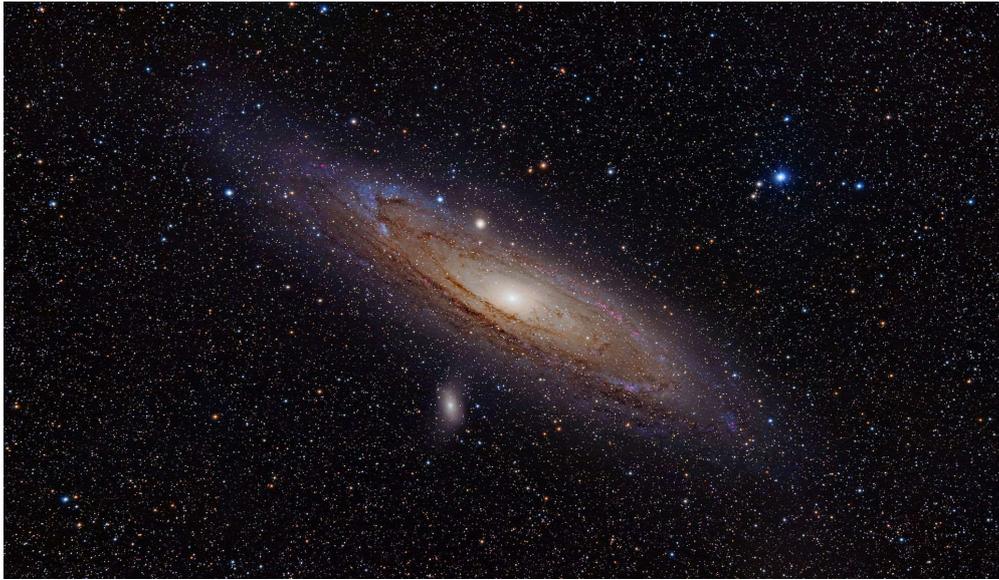


Рисунок 2.3 - Туманность Андромеды – крупнейшая галактика Местной группы

Обычно звезды существуют не изолированно, а образуют системы. Простейшие *звездные системы* – так называемые кратные системы – состоят из двух, трех, четырех, пяти и больше звезд, обращающихся вокруг общего центра тяжести. Компоненты некоторых кратных систем окружены общей оболочкой диффузной материи, источником которой, по-видимому, являются сами звезды, выбрасывающие ее в пространство в виде мощного потока газа.

Звезды объединяются и в еще большие группы – *звездные скопления*, которые могут иметь «рассеянную» или «шаровую» структуру. Рассеянные звездные скопления насчитывают несколько сотен отдельных звезд, а шаровые скопления – многие сотни тысяч.

Звездная система (Солнечная система) представляет собой группу небесных тел, различных по размерам и физическому строению. В нашу группу входят: Солнце, восемь больших планет, четыре карликовые планеты, десятки спутников планет, тысячи астероидов, сотни комет, бесчисленное множество метеоритных тел, движущихся как роями, так и в виде отдельных частиц. Все эти тела объединены в одну систему благодаря силе притяжения центрального тела – Солнца.

Таким образом, структуру Вселенной можно представить в следующем виде:

планеты и спутники – звездные системы – Галактики – Скопление галактик – Сверхскопление галактик – Сетчатая структура Вселенной.

2.2 Средства наблюдения объектов Вселенной

Первые сведения о Вселенной были получены за счет света – с помощью электромагнитных волн видимой части спектра излучения. Это не случайно: световое излучение человек воспринимает непосредственно – при помощи глаз. Для исследования светового излучения небесных тел применяются специальные приборы – телескопы. Иногда не совсем правильно говорят, что телескоп увеличивает звезды или приближает их. В действительности же телескоп – устройство для собирания света с помощью объектива – двояковыпуклой линзы или вогнутого зеркала. Простейшая труба Галилея собирала в 144 раза больше света, чем глаз человека. А сооруженный в 1974 г. в нашей стране на Северном Кавказе, вблизи станции Зеленчукской, один из крупнейших в мире телескоп с поперечником зеркала в 6 м собирает света в миллион с лишним раз больше, чем глаз.

Телескоп - очень сложное уникальное устройство. Состоит оно из деталей более 25 тыс. наименований. Труба телескопа длиной 24 м весит около 280 т. Телескоп оснащен разнообразной высокочувствительной аппаратурой и комплексом электронных вычислительных систем для наблюдений в соответствии с заданной программой и для обработки полученных результатов. В последнее время вступили в строй телескопы с диаметрами зеркал 8, 10 и 11 м. Современные телескопы снабжены спектрографами, с помощью которых изучается спектр излучения, а по нему определяется химический состав и температура источника излучения.

Свет – не единственный вестник космических миров. С появлением высокочувствительной радиоаппаратуры открылась возможность исследовать космическое излучение. Радионаблюдения Вселенной не зависят от времени суток и погодных условий. Источниками космического радиоизлучения являются объекты Вселенной, в которых протекают бурные физические процессы. Принцип действия

радиотелескопа похож на принцип действия обычного телескопа. Но роль объектива, собирающего космическое излучение, играют в радиотелескопе огромные антенны специальной формы. Один из крупнейших отечественных радиотелескопов РАТАН (рис. 2.4) построен в 40 км от 6-метрового оптического телескопа и вступил в строй в 1977 г. Его кольцевая антенна диаметром 600 м состоит из 895 алюминиевых щитов-зеркал, каждый из которых может поворачиваться вокруг горизонтальной и вертикальной осей, что позволяет наводить радиотелескоп на разные участки звездного неба.

Еще одним вестником Вселенной являются *инфракрасные лучи*, расположенные в промежутке между радиоволнами и волнами видимого света. Они обладают важным качеством: проходят сквозь космическую пыль и межзвездный газ. Человеческий глаз не воспринимает инфракрасное излучение, нечувствительны к нему и обычные фотопластинки. Поэтому при фотографировании космических объектов в инфракрасных лучах применяют специальные фотоматериалы и электронно-оптические преобразователи.



Рисунок 2.4 - Радиотелескоп РАТАН-600 [V]

Из глубин Вселенной поступают еще три вида сигналов: *ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучения*. Для ультрафиолетового излучения земная атмосфера является препятствием. Оно стало доступным для изучения лишь после появления ракетной и космической техники. С помощью прибора, установленного

на борту космической ракеты, удалось получить, например, ультрафиолетовый снимок Солнца.

С помощью *рентгеновских телескопов*, установленных на борту космических аппаратов, зарегистрировано рентгеновское излучение различных космических объектов, обнаружены межгалактический газ внутри скоплений галактик и рентгеновское свечение всего неба – своеобразный рентгеновский фон.

К многообещающим источникам космической информации можно отнести гамма-излучение. Энергия гамма-квантов значительно превосходит энергию фотонов видимого света и для них Вселенная почти прозрачна. Они приходят к нам от очень далеких объектов и несут информацию о физических процессах в глубине Вселенной.

С развитием ядерной физики и физики элементарных частиц появился еще один путь, ведущий к тайнам Вселенной. Он связан с регистрацией космических нейтрино и лежит в основе *нейтринной астрономии*.

Отличительная особенность нейтрино состоит в чрезвычайно высокой проникающей способности. Регистрируя нейтринный поток с помощью детекторов, можно получить информацию о термоядерных процессах, которые протекают в звездах, и являются мощным источником энергии.

Космическая техника открывает новые возможности исследования Вселенной. Уникальный телескоп-спутник «Хаббл» (рис. 2.5) позволил получить не только четкие изображения планет Солнечной системы, но и новые сведения о происходящих в ней процессах. На снимках, сделанных в 1996 г., с расстояния примерно в 100 млн км можно различить детали поверхности Марса размером не менее 25 км – такова разрешающая способность телескопа «Хаббл». Для сравнения следует отметить, что один из лучших наземных телескопов в мире, расположенный в обсерватории Маунт-Паломар (США) позволяет рассмотреть детали на Марсе размером не менее 300–400 км.

С помощью спутникового телескопа «Хаббл» удалось лучше рассмотреть кольца Сатурна и обнаружить кольцевые системы, украшающие Юпитер, Уран и Нептун. С поверхности Земли такие системы не видны – мешает замутненность

атмосферы нашей планеты.



Рисунок 2.5 - Телескоп «Хаббл»

К настоящему времени уже запущена серия космических орбитальных телескопов: Спитцер, Кеплер, Гершель, Планк и др. Ежедневная картина восхода Солнца вряд ли вызывает удивление. А можно ли наблюдать восход Земли? Оказывается, можно.

Долгое время Земля казалась человеку необъятной и безграничной. Понадобились сотни, тысячи лет, чтобы разглядеть собственными глазами Землю из космоса. Представилась прекрасная возможность увидеть нашу планету всю, целиком, и она больше не кажется нам необъятной и безграничной.



Рисунок 2.6 - Фото, полученное Уильямом Андерсом, пилотом корабля «Аполлон-8» 24 декабря, 1968. Показана видимая часть Земли, поднимающаяся над лунной поверхностью [V]

Таким образом, созданный во второй половине XX в. огромный арсенал средств астрономических наблюдений, наземных и космических, способствует дальнейшему успешному раскрытию тайн Вселенной.

2.3 Земля - планета Солнечной системы

Долгое время, пока господствовала мифологическая картина мира, Земля считалась плоским диском, стоящим на трех слонах, китах или черепахе и покрытым сверху полукруглым небесным сводом.

В VI в. до н.э. Пифагор высказал мысль о шарообразности Земли. То, что Земля имеет шарообразную форму, доказал Аристотель в IV в. до н.э. В качестве аргументов он использовал лунные затмения, которые происходят из-за того, что Земля, встав между Солнцем и Луной, отбрасывает на Луну круглую тень. Кроме того, было известно, что в южных странах на небе появляются созвездия, невидимые на севере.

Так, постепенно утвердилось представление о том, что Земля – это шар, неподвижно висящий в центре Космоса без всякой опоры, а вокруг него вращаются по идеальным круговым орбитам Луна, Солнце и пять известных тогда планет. Неподвижные звезды замыкали сложившуюся в античности геоцентрическую модель мира.

В 300 г. до н.э. географ Эратосфен достаточно точно определил размеры земного шара. Он заметил, что в день летнего солнцестояния в городе Сиене Солнце находится в зените и освещает дно самого глубокого колодца. Он измерил угол падения солнечных лучей в тот же день в Александрии. Зная расстояние между городами, Эратосфен вычислил длину окружности земного шара.

Лишь с началом эпохи Великих географических открытий шарообразность Земли была подтверждена на опыте. В 1522 г. португальский мореплаватель Фернан Магеллан завершил первое кругосветное путешествие, в ходе которого обогнул Землю и доказал наличие единого Мирового океана.

Земля вращается вокруг одного из своих диаметров – *земной оси*, которая пересекается с ее поверхностью в двух диаметрально противоположных точках – *северном и южном географических полюсах* (рис. 2.7).

На равных расстояниях от географических полюсов проходит окружность – *земной экватор*. Экватор делит Землю на два полушария – Северное и Южное.

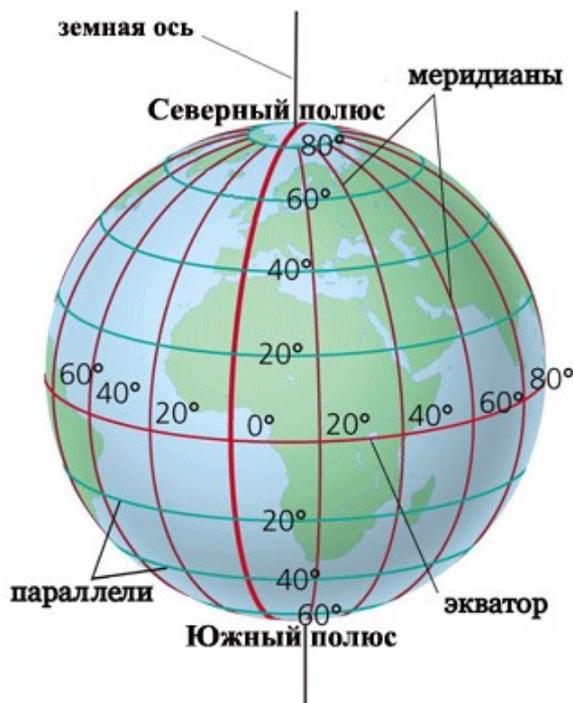


Рисунок 2.7 - Планета Земля

Один оборот вокруг оси Земля совершает за 23 ч 56 мин 4 с; этот промежуток времени называется *звездными сутками*. Сутки, которыми мы ведем счет времени в повседневной жизни, называются *средними*. В них содержится 24 часа и учитывается не только вращение Земли, но и ее движение (обращение) вокруг Солнца. Угловая скорость вращения (т. е. угол поворота за единицу времени) у всех точек поверхности Земли одинакова – 15° в час.

Один оборот вокруг Солнца Земля совершает за 365 дней 6 ч 9 мин 9 с. Этот период обращения называется *звездным годом*. Путь Земли вокруг Солнца (земная орбита) близок по форме к окружности, но слегка вытянут. Такая геометрическая фигура называется *эллипсом* и имеет две оси – большую и малую, перпендикулярную к большой оси. Солнце находится не в центре орбиты, а в одном

из ее фокусов, т. е. в одной из особых точек, расположенных на большой оси, сравнительно недалеко от центра.

Фокус орбиты отстоит от ее центра на 2,5 млн. км. Поэтому на протяжении года расстояние Земли от Солнца периодически меняется от 147,1 млн км (в самом начале января) до 152,1 млн км (в самом начале июля) (рис. 2.8). Самая ближайшая к Солнцу точка земной орбиты называется *перигелием*, а самая далекая – *афелием*.



Рисунок 2.8 Орбита Земли

Ось вращения Земли не перпендикулярна к плоскости земной орбиты, а образует с ней угол в $66^{\circ}33'$ и на протяжении многих десятилетий практически сохраняет свое направление в пространстве, медленно поворачиваясь всего лишь на



Рисунок 2.9 - Прецессия оси вращения Земли

50" в год (прецессионное движение, рис. 2.9), что соответствует полному обороту за 26 тыс. лет. Движение Земли устойчиво из-за быстрого ее вращения.

В нашу эпоху земная ось направлена на главную звезду созвездия Малой Медведицы, названную *Полярной звездой*. Ею пользуются при ориентировке по странам света (по основным точкам горизонта): если встать лицом к Полярной звезде, то впереди будет север, справа – восток, сзади – юг и слева – запад.

Благодаря обращению Земли вокруг Солнца, наклону земной оси и сохранению ею своего направления, на нашей планете сменяются времена года и существуют тепловые (климатические) пояса. 21 марта и 23 сентября в равной мере освещены оба географических полюса Земли и Солнце там видно на горизонте. Линия светораздела (терминатор), отделяющая освещенное Солнцем (дневное) полушарие Земли от неосвещенного (ночного), проходит через оба полюса.

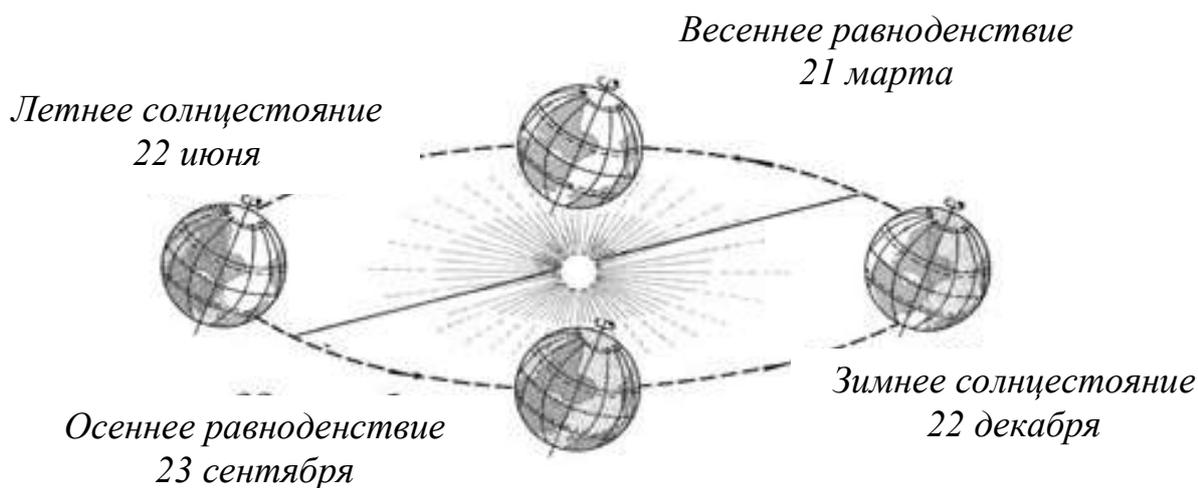


Рисунок 2.10 - Положение Земли относительно Солнца в течение года

Все точки земной поверхности половину суток освещаются Солнцем, а вторую половину суток лишены освещения, т. е. в эти дни года продолжительность дня равна продолжительности ночи (21 марта – день *весеннего равноденствия*, а 23 сентября – день *осеннего равноденствия*).

После 21 марта область вокруг Северного полюса обращена к Солнцу и в ней Солнце не заходит – это полярный день. Область вокруг Южного полюса обращена

от Солнца, и в ней Солнце не восходит, здесь полярная ночь. В Северном полушарии Земли день становится продолжительнее ночи. Солнце в полдень с каждым днем все выше поднимается над горизонтом, начинается весна. В Южном полушарии, наоборот, начинается осень. Границы полярного дня и полярной ночи постепенно отступают от полюсов и к 21 июня достигают в обоих полушариях географических параллелей $66^{\circ}33'$. Эти параллели являются границами холодных климатических поясов, и называются *полярными кругами*. В этот день полуденная высота Солнца в Северном полушарии наибольшая (начало астрономического лета), а в Южном полушарии – наименьшая (начало астрономической зимы).

После 21 июня границы полярного дня и ночи приближаются к географическим полюсам, 23 сентября доходят до них, а затем снова от них удаляются. Теперь уже область полярной ночи распространяется вокруг Северного полюса. В Северном полушарии Солнце с каждым днем поднимается в полдень на меньшую высоту, день становится короче ночи и наступает осень, а затем зима. В Южном полушарии картина обратная: там наступает весна, а затем лето.

Пояс земной поверхности, ограниченный по обе стороны от экватора географическими параллелями $23^{\circ}27'$ (северным и южным тропиками), называется жарким или *тропическим* (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 - Климатические пояса Земли

В этом поясе Солнце в полдень двух определенных дней года проходит через

зенит и его лучи падают на земную поверхность отвесно. На самих тропиках Солнце проходит через зенит только один раз в году: 21 июня – на северном тропике и 22 декабря – на южном тропике.

Сегодня известно, что Земля – не вполне правильный шар, а геоид, немного сжатый у полюсов и несколько вытянутый в области экватора. Сжатие у полюсов объясняется вращением Земли вокруг своей оси. Окружность Земли по экватору равна 40 075,7 км, окружность по меридиану – 40 008,5 км. Масса Земли была вычислена на основе закона всемирного тяготения в опытах Г. Кавендиша и оказалась равной $5976 \cdot 10^{21}$ кг. Поверхность Земли составляет приблизительно 510 млн км², при этом на долю суши приходится 149 млн км², или около 29%, так что правильнее было бы назвать нашу планету не Землей, а Океаном.

Согласно современным космологическим представлениям, Земля образовалась примерно 4,5 млрд. лет назад. К такому выводу ученые пришли в результате исследования возраста древнейших минералов и горных пород, а также на основе изучения процессов распада радиоактивных веществ.

К настоящему времени известно несколько гипотез о происхождении Земли. Почти все они сводятся к тому, что исходным веществом для формирования планет Солнечной системы, в том числе и Земли, были межзвездная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Однако до сих пор нет однозначного ответа на вопросы: каким образом в составе планет оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность.

Предполагается, что разнообразие химических элементов связано с внешним фактором – взрывом Сверхновой звезды в окрестностях будущей Солнечной системы. Такой взрыв массивной звезды, в недрах и газовой оболочке которой в результате ядерных реакций происходил синтез химических элементов (звездный нуклеосинтез), мог привести к образованию всей совокупности химических элементов, в том числе и радиоактивных. Мощный взрыв своей ударной волной мог стимулировать начало конденсации межзвездной материи, из которой образовалось Солнце и протопланетный диск, впоследствии распавшийся на отдельные планеты

внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Такой путь начальной стадии формирования Солнечной системы называется катастрофическим, так как взрыв Сверхновой – природная катастрофа. В масштабах астрономического времени взрывы Сверхновых звезд – не столь уже редкое явление: они происходят в среднем через несколько миллиардов лет.

Образованию планет из протоплазменного диска предшествовала промежуточная фаза формирования твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел (*планетезималей*), последующее скопление и соударение которых явилось процессом *аккреции (наращивания)* планеты.

Представления о тепловом состоянии новорожденной Земли претерпели в XX в. принципиальные изменения. В противовес долго господствующему мнению об «огненно-жидком исходном состоянии Земли», основанном на классической гипотезе Канта–Лапласа, с начала XX в., и особенно активно в 50-е годы, стала утверждаться идея об изначально холодной Земле, недра которой в дальнейшем стали разогреваться вследствие тепла при распаде естественных радиоактивных веществ. Однако в данной концепции не учитывается выделение тепла при аккреции и особенно при соударении планетезималей больших размеров. В этой связи в настоящее время обсуждается идея о весьма существенном разогреве Земли вплоть до температуры плавления ее вещества уже на стадии аккреции. При таком разогреве начинается дифференциация Земли на оболочки и прежде всего на силикатную мантию и железное ядро. При этом нельзя исключать и радиоактивный источник тепла, которое выделялось в результате распада радиоактивных веществ, находящихся в планетезималях.

Выделявшееся тепло повлекло за собой образование газов и водных паров, которые, выходя на поверхность, положили начало формирования воздушной оболочки – атмосферы и водной среды нашей планеты.

Формирование Земли сопровождалось дифференциацией вещества, результатом которой явилось разделение Земли на концентрически расположенные слои – геосферы. Геосферы различаются химическим составом, агрегатным состоянием и физическими свойствами.

Выделяют следующие геосферы из которых состоит Земля: *ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера, магнитосфера.*

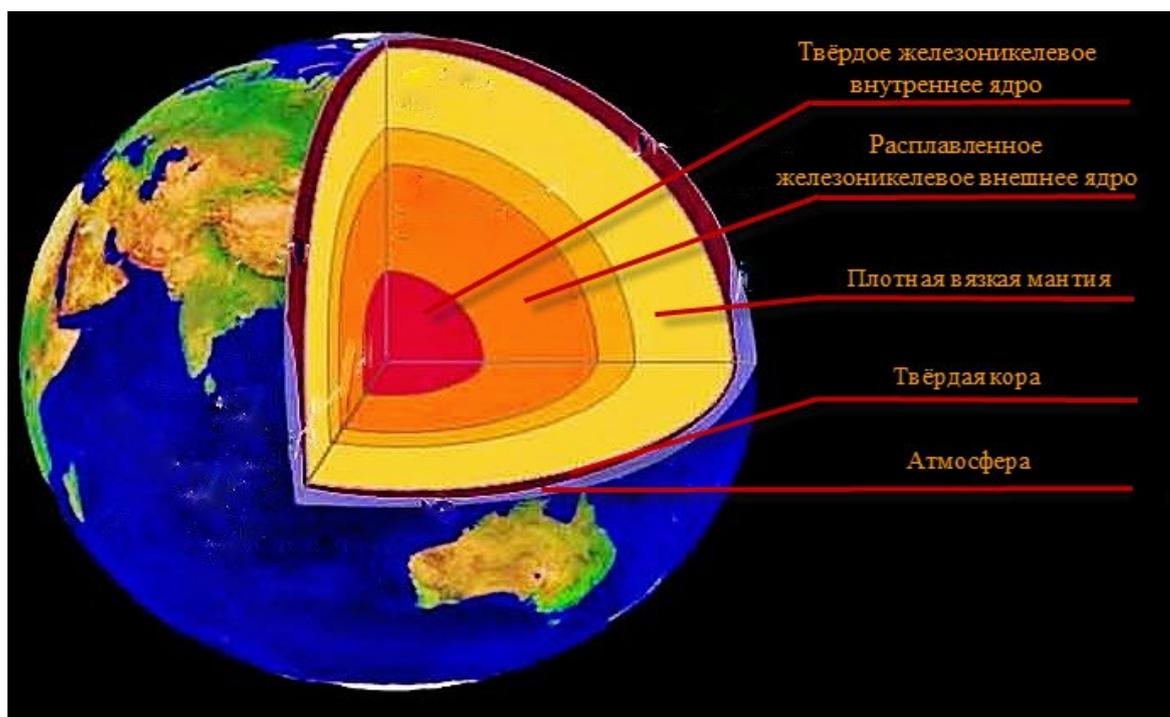


Рисунок 2.12 - Внутренняя структура Земли

Самая глубокая геосфера Земли – *ядро* – имеет радиус около 3,5 тыс. км и состоит из внешней оболочки, находящейся в жидком состоянии и внутреннего твердого *субъядра*. Температура в центре ядра достигает около 5000°C, плотность около 12,5 т/м³.

Предполагается, что *субъядро* похоже по составу на железный метеорит, содержащий около 80% железа и 20 % никеля (рис. 2.12). Внешняя оболочка ядра содержит железо (52 %) и смесь железа с серой (48 %). С ее жидким состоянием связывают природу земного магнетизма.

Мантия - это наиболее мощная оболочка Земли, занимающая 2/3 ее массы и большую часть объема. Она существует в виде двух шаровых слоев – *нижней и верхней мантии*. Толщина нижней части мантии – 2000 км, верхней – 900 км. Все слои мантии расположены между радиусами 3450 и 6350 км. Мантию образуют различные силикаты (соединения на основе кремния), прежде всего, минерал оливин.

Благодаря высокому давлению вещество верхней мантии находится в твердом состоянии при температуре около 2500°C. Нижняя часть мантии находится в расплавленном состоянии, это астеносфера – слой, подстилающий верхнюю мантию и литосферу.

Верхняя мантия обладает интересной особенностью – по отношению к кратковременным нагрузкам она ведет себя как жесткий, а по отношению к длительным нагрузкам – как пластичный материал.

Литосфера – это земная кора с частью подстилающей ее мантии, которая образует слой толщиной порядка 100 км. Земная кора обладает высокой степенью жесткости, но вместе с тем и большой хрупкостью. В верхней части она слагается гранитами, а в нижней – базальтами.

Литосфера разбита на крупные плиты, которые перемещаются в горизонтальном направлении по астеносфере – подстилающему литосферу слое пониженной твердости и вязкости в верхней мантии Земли.

Литосферные плиты (рис. 2.13) представляют собой крупные (до нескольких тысяч километров в поперечнике) блоки земной коры, включающие не только континентальную, но и сопряженную с ней океаническую кору. Они ограничены со всех сторон сейсмически и тектонически активными зонами разломов. Из-за смещений литосферной континентальной плиты Эверест ежегодно растет на 2,5–5 см.

Геологические особенности земной коры определяются совместными действиями на нее атмосферы, гидросферы и биосферы – трех внешних оболочек планеты. Состав коры и внешних оболочек непрерывно обновляется.

Благодаря выветриванию и сносу вещество континентальной поверхности полностью обновляется за 80–100 млн лет. Убыль вещества континентов восполняется поднятиями их коры. Если бы этих поднятий не было, то за несколько геологических периодов вся суша оказалась снесенной в океан, а наша планета покрылась сплошной водной оболочкой.

Земная кора – сокровищница самых разнообразных полезных ископаемых: каменного угля и нефти, газа, руд черных и цветных металлов, минеральных

удобрений и т.п.

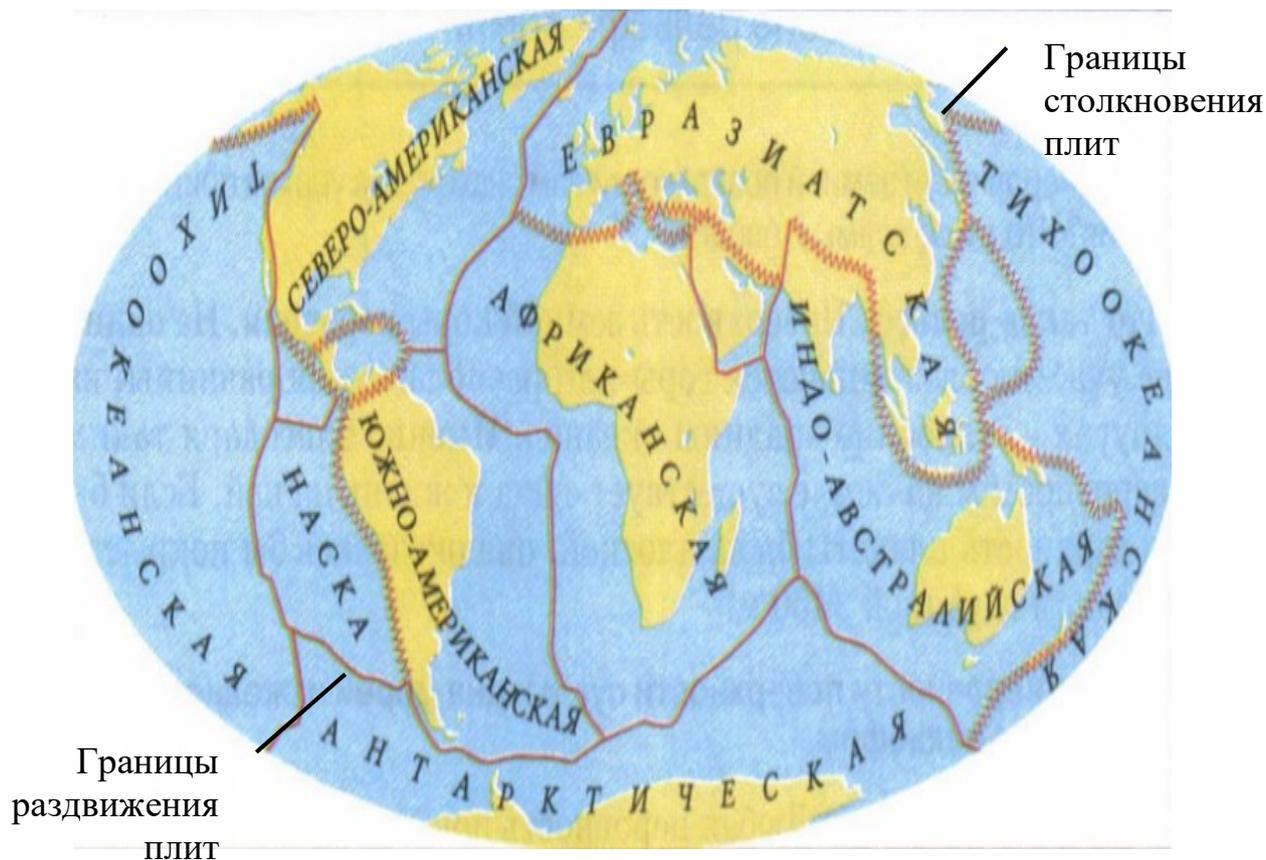


Рисунок 2.13 - Литосферные плиты Земли

На поверхности литосферы в результате совокупной деятельности ряда факторов возникает почва. *Почва* – это сложнейшая система, стремящаяся к равновесному взаимодействию с окружающей средой.

Земную кору покрывают *гидросфера* – жидкая оболочка и *атмосфера* – газовая оболочка. Гидросфера - водная оболочка Земли - представлена на планете Мировым океаном, пресными водами рек и озер, ледниковыми и подземными водами. Общие запасы воды на Земле составляют 1,5 млрд. км³. Из этого количества 97% приходится на соленую морскую воду, 2% составляет замерзшая вода ледников и 1% – пресная вода.

Гидросфера объединяет все известные формы природных вод: воды находящиеся в магматических расплавах, химических соединениях минералов, горных породах и биологически связанных формах. Вода находится в газообразном,

жидком и твердом состоянии. Она располагается между атмосферной и твердой земной поверхностью. Около 94 % гидросферы составляют соленые воды мирового океана. Остальная часть - 6%, приходится на подземные и поверхностные вод: в озерах, водохранилищах, реках, болотах, и горных ледниках. Из всех ледников наибольшие запасы воды приходится на ледники Гренландии и Антарктиде.

Вода – вещество, обладающее уникальными физическими и химическими свойствами. Вода имеет высокую теплоемкость, теплоту плавления и испарения и поэтому является важнейшим климатообразующим фактором на Земле. Вода – хороший растворитель, в ней содержится множество химических элементов и соединений, необходимых для поддержания жизни. Не случайно именно Мировой океан стал колыбелью Жизни на нашей планете.

Атмосфера – это воздушная оболочка Земли, окружающая ее, и вращающаяся вместе с ней.

Магнитосфера – самая внешняя и протяженная оболочка Земли – область околоземного пространства, физические свойства которой определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с потоками заряженных частиц космического происхождения. С дневной стороны она простирается на 8–24 земных радиусов, с ночной – доходит до нескольких сотен радиусов и образует магнитный хвост Земли. В магнитосфере находятся радиационные пояса.

Магнитное поле Земли (рис. 2.14) образуется во внешней оболочке ядра благодаря циркуляции электрических токов. Земля представляет собой огромный магнит с четко выраженными магнитными полюсами. Южный магнитный полюс находится в Северной Америке на полуострове Ботия, Северный магнитный полюс – в Антарктиде на станции Восток.

Магнитное поле Земли не является неизменным, его полярность в истории существования Земли менялась несколько раз. Кроме того, периодически происходят возмущения магнитного поля Земли – магнитные бури, главной причиной возникновения которых является колебание солнечной активности. Особенно часты магнитные бури в годы активного Солнца, когда на нем появляется много пятен. На Земле во время магнитных бурь возникают полярные сияния.



Рисунок 2.14 - Магнитосфера Земли

Кроме магнитного поля, Земля обладает еще и *гравитационным и электрическим полями.*

Все земные оболочки взаимосвязаны и проникают друг в друга. Гидросфера всегда присутствует в литосфере и атмосфере, атмосфера – в литосфере и гидросфере и т.д. С атмосферой, гидросферой и литосферой тесно связаны внутренние оболочки Земли, в которых, кроме мантии и ядра, присутствует биосфера.

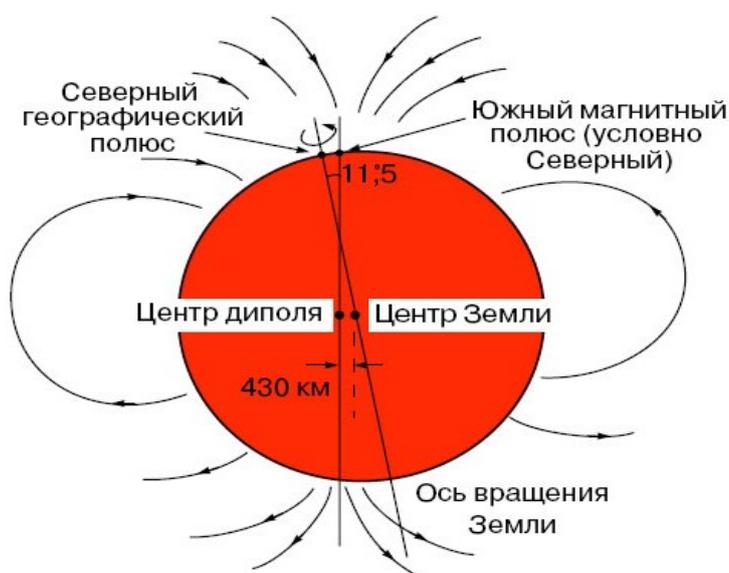


Рисунок 2.15 - Магнитное поле Земли

Облик Земли изменяется благодаря разнообразным геодинамическим процессам. На планете постоянно происходит видоизменение земной коры и ее поверхности. Эти процессы в геологии делят на две большие группы – эндогенные (внутренние) и экзогенные (внешние).

Эндогенные геодинамические *процессы* вызваны внутренней энергией Земли, и проявляются в виде тектонических движений (поднятие и опускание земной коры, землетрясения, образование крупных элементов рельефа и т.п.), процессов магматизма, метаморфизма горных пород и формирования месторождений полезных ископаемых.

Движение тектонических плит – это грандиозный геологический процесс, ведущий к деформации верхних частей земной коры, но протекающий очень медленно. В течение исторического времени движение континентов можно зафиксировать только с помощью особо точных измерений. Движение тектонических плит вызывает процессы горообразования, формирования рифтовых долин (рис.2.16), землетрясения и т.п.



Рисунок 2.16 - Великая рифтовая долина на востоке Африки

К *экзогенным* относятся геодинамические процессы, происходящие на поверхности Земли или на небольшой глубине в земной коре. Они обусловлены энергией солнечного излучения, гравитационной силой и жизнедеятельностью организмов.

Экзогенные процессы: выветривание, заболачивание, оползни, лавины, обвалы, криогенные процессы, деятельность водных потоков, морей, озер и ледников. Внешние экзогенные процессы происходят на поверхности Земли при давлениях и температурах, близких к нормальным, поэтому они доступнее для изучения, чем эндогенные процессы.

Основу всех экзогенных процессов составляет выветривание – процесс механического разрушения и химического изменения горных пород и минералов в условиях земной поверхности, происходящий под влиянием различных атмосферных явлений, грунтовых и поверхностных вод, жизнедеятельности растительных и животных организмов и продуктов их разложения. Выветривание имеет большое значение, поскольку с ним тесно связан процесс почвообразования, т.е. зарождение и формирование почвы.

Преобразованию земной поверхности в огромной мере способствуют также флювиальные процессы – совокупность процессов, осуществляемых текучими поверхностными водными потоками. Результатом флювиальных процессов является размыв водными потоками земной поверхности в одних местах и одновременный перенос и отложение продуктов размыва в других. Флювиальные процессы развиваются в пределах речных бассейнов, в которые входят речные, овражно-балочные и склоновые системы. Главным элементом этих процессов являются реки – водные потоки, текущие в естественных условиях и питающиеся за счет поверхностного и подземного стока со своих бассейнов.

К экзогенным относятся также и *гляциальные процессы*, связанные с деятельностью льда, т.е. современным и прошлым оледенением территории. Такие процессы происходят в условиях длительного существования большого количества льда в пределах участка земной поверхности, в первую очередь в виде ледников – движущихся скоплений льда. Эрозионная деятельность ледников сводится к выпахиванию коренного ложа ледника обломками горных пород, к формированию специфических отложений в виде скопления несортированных обломков горных пород, переносимых или отложенных ледниками образований. В результате таяния ледников образуются мощные водные потоки, которые формируют

флювиогляциальные отложения и рельеф.

2.4 Землетрясения и вулканы

Землетрясения связаны с внутренними эндогенными силами. Они выражаются в образовании и обновлении разномасштабных разрывов, которые высвобождают и перераспределяют энергию в некотором объеме Земли.

Чаще всего землетрясения охватывают верную часть Земли (их называют мелкофокусные). Они связаны с столкновением и разрывом (расхождением) границ литосферных плит.

Например, существует пояс землетрясений обусловленный столкновением северных континентов - Евроазиатского и Сибирского, с южными - Африканским и Индийским.

Вулкан – это своеобразная природная домна, в которой плавится и выбрасывается на поверхность много ценных металлов и минералов (железо, свинец, олово, алюминий и многое другое).

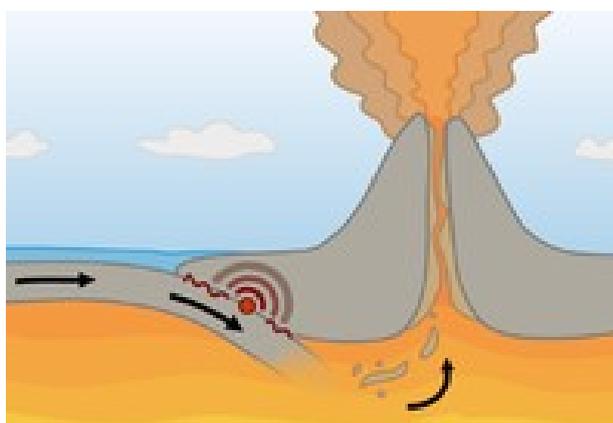


Рисунок 2.17 - Пример механизма приводящего к образованию вулкана

По степени активности вулканы могут быть действующими или недействующими. Если вулкан демонстрирует определенную активность в течение длительных периодов времени, он не очень опасен, хотя периодические извержения, в ходе которых потоки лавы изливаются наружу, вынуждают эвакуировать находящиеся поблизости населенные пункты (рис. 2.17).

Намного опаснее вулканы, длительное время пребывающие в неактивном состоянии. У таких вулканов центральный проход, по которому лава поднималась раньше, обычно затвердевает, и потому новые потоки лавы, поднимающиеся из глубин в период усиления активности, не находят себе прохода. Нарастающее давление приводит к тому, что верхушка вулкана прорывается, происходит резкий, неожиданный выброс газа, пара, твердых камней и раскаленной лавы. Если до этого вулкан долгое время оставался неактивным и возле него возникли людские поселения, то последствия извержения могут быть катастрофическими. В результате извержения Везувия в 79 г. н.э. были полностью уничтожены города Помпеи и Геркуланум, располагавшиеся на его южном склоне.

Самое крупное вулканическое извержение произошло на острове Кракатау 27 августа 1883 г., в результате которого остров был практически полностью разрушен. В воздух было выброшено около 21 км^3 вулканического вещества. Пепел выпал на площади 800 тыс. км^2 и затемнил окружающий район на два с половиной дня. Пыль достигла стратосферы и распространилась по всей Земле, вызывая эффектные закаты на протяжении почти двух лет. Звук взрыва был слышен на расстоянии $1/13$ земного шара, а сила извержения в 26 раз превосходила мощность самой современной водородной бомбы. Кроме того, взрыв вызвал волну цунами, которая достигла высоты 36 метров и уничтожила 163 деревни и унесла жизни почти 40 тысяч человек.



Рисунок 2.18 - Схемы образования вулканической дуги (Анды) и островной дуги (Курильская дуга)

Еще более губительным следствием движения тектонических плит являются землетрясения.

Землетрясениями называют подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

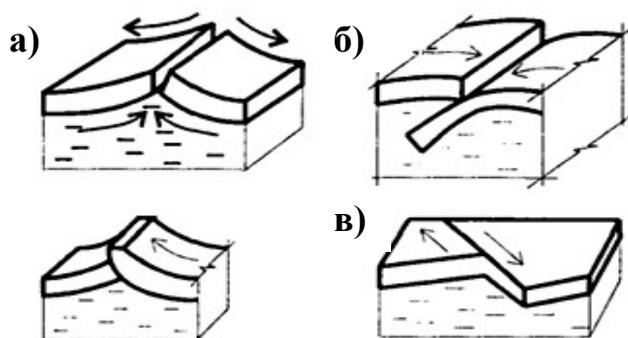


Рисунок 2.19 - Основные типы движения литосферных плит

Их сложно предсказать, так как они зарождаются по разным причинам и на разной глубине. Небольшие тектонические поднятия и опускания (рис. 2.19) образуются в результате процессов, происходящих внутри земной коры на глубине 10–20 км, а самые глубокие очаги землетрясений локализованы на глубине 700 км. В основном землетрясения происходят на границах соединения тектонических плит, которые могут подниматься или опускаться друг относительно друга, а также двигаться в разных направлениях.

Само землетрясение продолжается лишь несколько минут и состоит из нескольких толчков, но за это время может нанести огромный ущерб обширному району. Сила землетрясений характеризуется по специальной 12-балльной шкале, предложенной в 1935 г. американским сейсмологом Ч. Рихтером и носящей его имя. Каждая последующая цифра этой шкалы соответствует десятикратному увеличению количества энергии, высвобождаемой при землетрясении. Так, разрушение зданий начинается при 5 баллах. Землетрясение в 7 баллов считается сильным, а в 8 баллов и выше – катастрофическим.

В историческом масштабе самое сильное землетрясение произошло в Китае в 1556 г., когда одновременно погибло 830 тыс. человек. В Западной Европе очень крупным было землетрясение 1755 г. Португалии. При этом полностью была разрушена столица Португалии город Лиссабон, погибло 60 тыс. человек. Часто случаются землетрясения в Сан-Франциско, который стоит на тектоническом разломе. На территории бывшего СССР также достаточно много сейсмически опасных зон. В 1988 г. произошло землетрясение в Армении, при котором погибло свыше 20 тыс. человек и более 500 тыс. остались без крова. А в 1995 г. сильнейшее землетрясение полностью разрушило город Невтегорск на Сахалине.

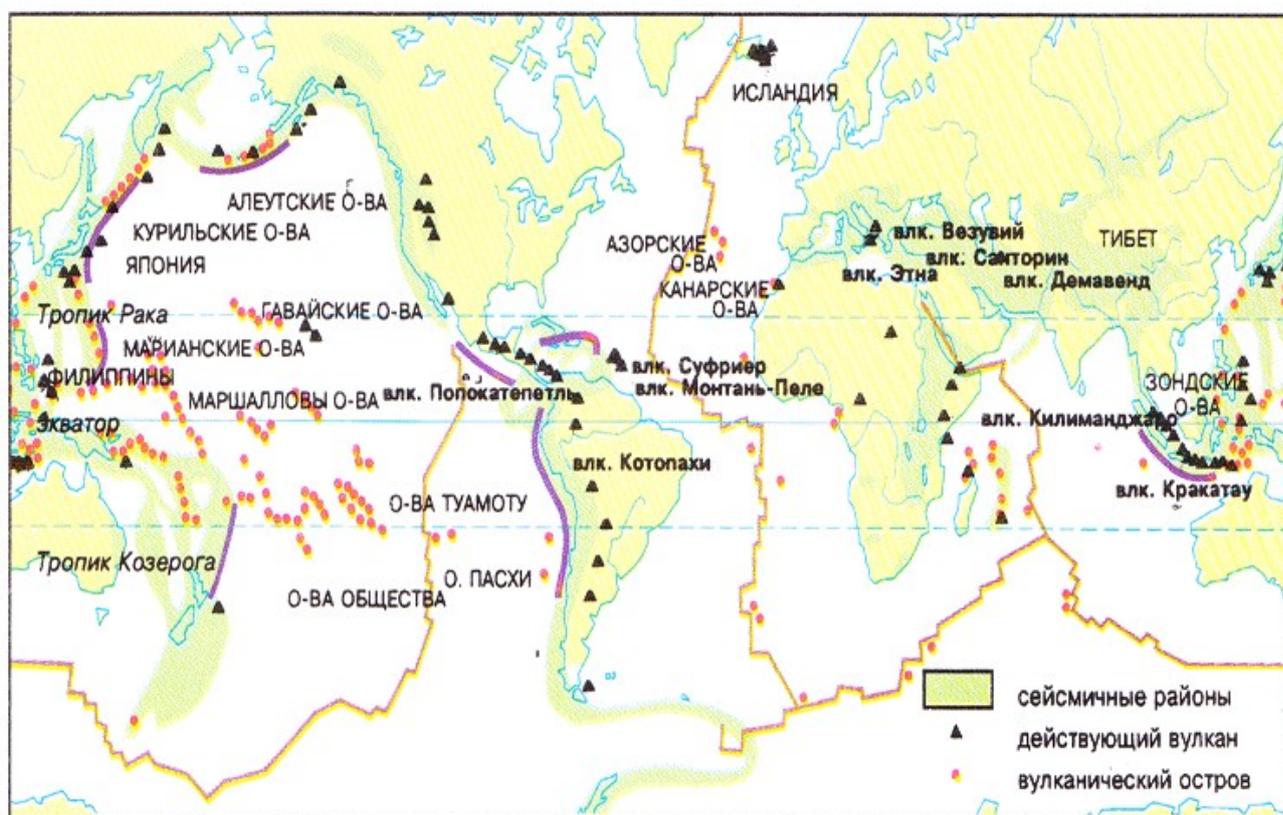


Рисунок 2.20 - Карта сейсмической и вулканической активности

Несмотря на постоянно угрожающую опасность, в зонах вулканов и землетрясений живут люди, и порою население там весьма многочисленно (рис. 2.20). И когда стихийное бедствие обрушивается на город, без жертв обычно не обходится. Подземные толчки валят дома, разрушают водо- и газопроводы, линии электропередач, вызывают многочисленные пожары. Что касается подводных

толчков, то они часто оказываются причиной столь же опасного бедствия: высоких морских волн (цунами). Огромные волны обрушиваются на берег, сметая все на своем пути.

20% территории России относится к сейсмоактивным районам (в том числе 5% территории подвержено чрезвычайно опасным 8-10-балльным землетрясениям). В зонах возможных разрушительных землетрясений России проживает около 20 миллионов человек.

От землетрясений и цунами больше всего страдают жители Дальневосточного региона России. Тихоокеанское побережье России находится в одной из самых "горячих" зон "*огненного кольца*". Здесь, в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану и сочленения Курило-Камчатской и Алеутской *островных вулканических дуг* происходит более трети землетрясений России, находятся 30 действующих вулканов, в числе которых такие гиганты, как Ключевская сопка и Шивелуч. Здесь самая высокая плотность распределения действующих вулканов на Земле: на каждые 20 км побережья - один вулкан. Землетрясения здесь происходят не реже, чем в Японии или в Чили. Сейсмологи насчитывают обычно не менее 300 ощутимых землетрясений в год.

На карте сейсмического районирования России (рис. 2.21) районы Камчатки, Сахалина и Курильских островов относят к так называемой восьми- и девяти-балльной зоне, т.е. интенсивность сотрясений там может достигать 8 и даже 9 баллов. Самое разрушительное землетрясение силой 9 баллов по шкале Рихтера произошло на острове Сахалин 27 мая 1995 года. Погибли около 3 тыс. человек, почти полностью разрушен город Нефтегорск, расположенный в 30 километрах от эпицентра землетрясения.

К сейсмически активным районам России относится и Восточная Сибирь, где в Якутии, Прибайкалье, Иркутской области и Бурятской Республике выделяют 7-9-балльные зоны.

Среди других сейсмоактивных районов России - Кавказ, отроги Карпат, побережья Черного и Каспийского морей. Для этих районов характерны

землетрясения с магнитудой 4-5. Однако за исторический период здесь отмечались и катастрофические землетрясения с магнитудой более 8,0. На побережье Черного моря обнаруживались и следы цунами.

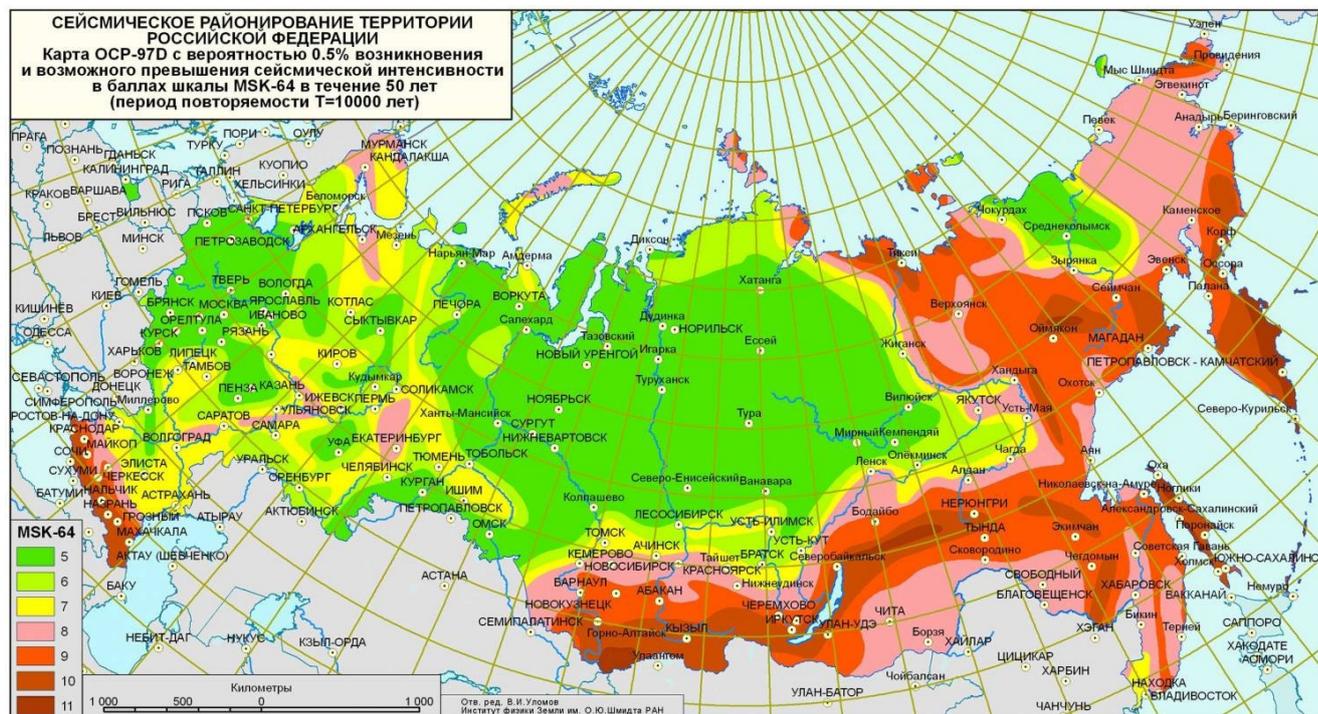


Рисунок 2.21 - Карта сейсмического районирования территории РФ

Землетрясения могут происходить и в тех районах, которые не относятся сейсмоактивными. 21 сентября 2004 года в Калининграде зафиксированы две серии подземных толчков силой 4-5 баллов. Эпицентр землетрясения находился в 40 километрах юго-восточнее Калининграда в районе российско-польской границы. По картам общего сейсмического районирования территории России, Калининградская область относится к сейсмически безопасному району.

Даже у жителей Москвы, Санкт-Петербурга и других городов, расположенных на *Русской платформе*, есть повод волноваться. На территории Москвы и Московской области последние сейсмические события силой 3-4 балла имели место 4 марта 1977 года, в ночь с 30 на 31 августа 1986 года и 5 мая 1990 года. Сейсмические сотрясения в Москве интенсивностью свыше 4 баллов наблюдались 4 октября 1802 года и 10 ноября 1940 года. Это были "отзвуки" более крупных землетрясений в Восточных Карпатах.

2.5 Рельеф Земли

Рельеф Земли - это совокупность неровностей земной поверхности, различающихся по высоте над уровнем моря, происхождению и т. п. Они придают неповторимый облик нашей планете. На формирование рельефа оказывают влияние как внутренние, тектонические, так и внешние силы. Благодаря тектоническим процессам возникают в основном крупные неровности поверхности – горы, нагорья и т. д., а внешние силы направлены на их разрушение и создание более малых форм рельефа – речных долин, оврагов, барханов и т. д.

Все формы рельефа подразделяют на вогнутые (впадины, долины рек, овраги, балки и т. д.), выпуклые (холмы, горные хребты, вулканические конусы и пр.), просто горизонтальные и наклонные поверхности (рис. 2.23). Размер их может быть самым разнообразным – от нескольких десятков сантиметров до многих сотен и даже тысяч километров.

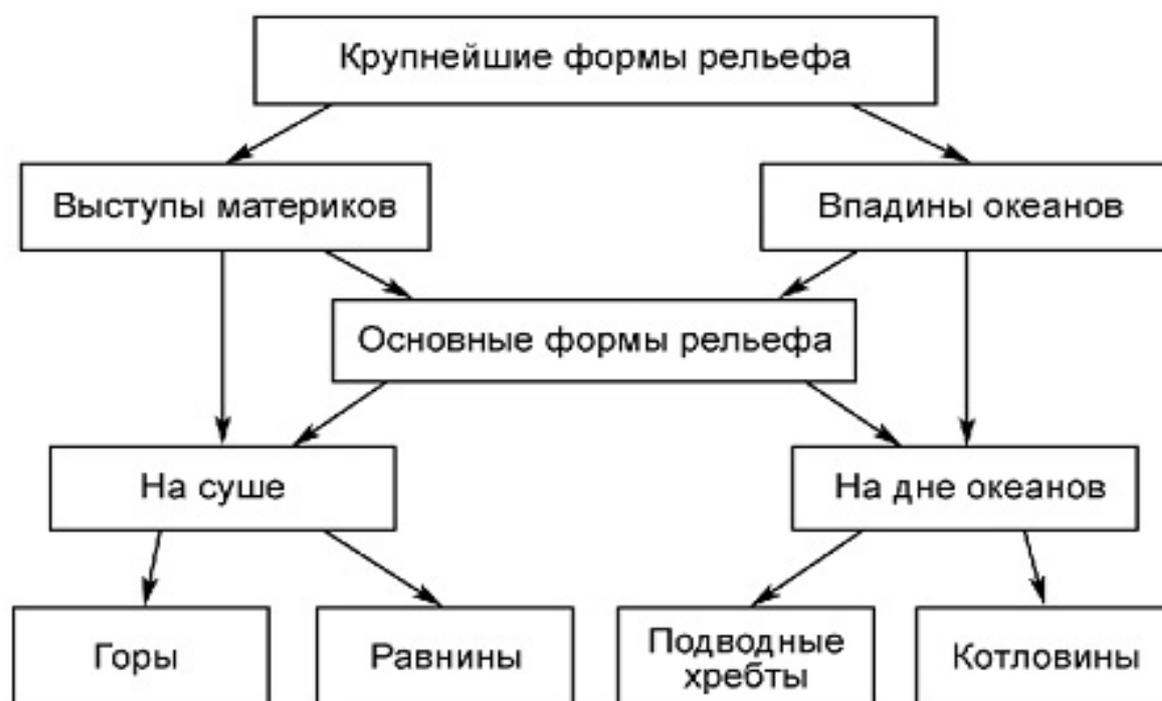


Рисунок 2.23 - Классификация крупнейших форм рельефа

Глубины океанических впадин колеблются в больших пределах. Средняя глубина составляет 3800 м, а максимальная, отмеченная в Марианской впадине Тихого океана, – 11 022 м. Высшая точка суши – гора Эверест (Джомолунгма) достигает 8848 м. Таким образом, амплитуда высот достигает почти 20 км. Преобладающие глубины в океане – от 3000 до 6000 м, а высоты на суше – менее 1000 м. Высокие горы и глубоководные впадины занимают всего лишь доли процента поверхности Земли.

Средняя высота материков и их частей над уровнем океана неодинакова: Антарктида – 2300, Северная Америка – 700 м, Африка – 640, Южная Америка – 580, Австралия – 350, Евразия – 635 м, причем высота Азии 950 м, а Европы – всего 320 м. Средняя высота суши 875 м.

На дне океана, как и на суше, имеются разнообразные формы рельефа – горы, равнины, впадины, желоба и т. д. Они обычно имеют более мягкие очертания, чем аналогичные формы рельефа суши, так как внешние процессы протекают здесь более спокойно.

В рельефе океанского дна выделяются материковая отмель (шельф), материковый (береговой) склон, ложе, глубоководные (абиссальные) и котловины (желоба).

Материковая отмель – прибрежная часть морей и океанов, лежащая между берегом и материковым склоном. Ее образование связано с опусканием отдельных участков суши.

Материковые отмели отличаются обычно незначительным уклоном дна, в среднем они понижаются от 0 до 200 м, однако могут встречаться глубины и свыше 500 м. Рельеф материковой отмели тесно связан с рельефом прилегающей суши. У гористых берегов, как правило, материковая отмель узкая, а у равнинных побережий – широкая. Наибольшей ширины материковая отмель достигает у берегов Северной Америки – 1400 км, в Баренцевом и Южно-Китайском морях – 1200-1300 км. Обычно шельф покрыт обломочными породами, принесенными реками с суши или образовавшимися при разрушении берегов.

Материковый склон – наклонная поверхность дна морей и океанов,

соединяющая внешний край материковой отмели с ложем океана, простирающаяся до глубины 2-3 тыс. м. с углами наклона в среднем 4° - 7° . У берегов коралловых и вулканических островов эти углы доходят до 20° - 40° , причем у коралловых островов встречаются углы и почти вертикальные склоны – обрывы. На крутых материковых склонах массы рыхлых осадков под действием силы тяжести сползают на глубины. В этих участках может быть обнаружено оголенное скалистое дно. Рельеф материкового склона сложен. Часто дно материкового склона бывает изрезано узкими глубокими ущельями-каньонами, особенно у крутых скалистых берегов. Обычно каньоны рассматриваются как подводное продолжение затопленных русел рек. Средняя ширина материкового склона составляет 65 км.

Ложе океана – основное пространство дна Мирового океана с преобладающими глубинами более 3000 м, простирающееся от подводной окраины материка в глубь океана. Площадь ложа океана составляет более 50 % дна Мирового океана. Ложе отличается незначительными углами наклона, в среднем 20° - 40° .

Рельеф ложа океана не менее сложен, чем рельеф суши. Важнейшими его элементами являются абиссальные равнины, океанические котловины, глубоководные хребты, срединно-океанические хребты, возвышенности и подводные плато.

В центральных частях океанов расположены срединно-океанические хребты, поднимающиеся на высоту 1-2 км и образующие сплошное кольцо поднятий в Южном полушарии на 40° - 60° ю. ш. От него на север отходят три хребта, простирающихся меридианально, в каждом океане: Срединно-Атлантический, Срединно-Индийский и Восточно-Тихоокеанский. Общая протяженность срединно-океанических хребтов – более 60 тыс. км.

Между срединными океаническими хребтами находятся глубоководные (абиссальные) равнины – ровные поверхности дна Мирового океана, на глубинах 2,5 км - 5,5 км. Абиссальные равнины занимают примерно 40 % площади ложа океанов. Одни из них плоские, другие волнистые с амплитудой высот до 1000 м. Разделяются равнины хребтами.

Часть одиночных гор, расположенных на абиссальных равнинах, выступает

над поверхностью воды в виде островов, в большинстве случаев - это потухшие или действующие вулканы.

Цепочки вулканических островов, возникающие там, где одна океаническая плита погружается под другую, называются островными дугами.

На мелководье в тропических морях (в основном в Тихом и Индийском океанах) образуются коралловые рифы – известковые геологические структуры, образованные колониальными коралловыми полипами и некоторыми видами водорослей, умеющих извлекать известь из морской воды.

Около 2 % океанического дна (рис. 2.24) занимают глубоководные (свыше 6000м) впадины – желоба. Они расположены там, где океаническая кора погружается под континенты. Это самые глубокие части океанов.

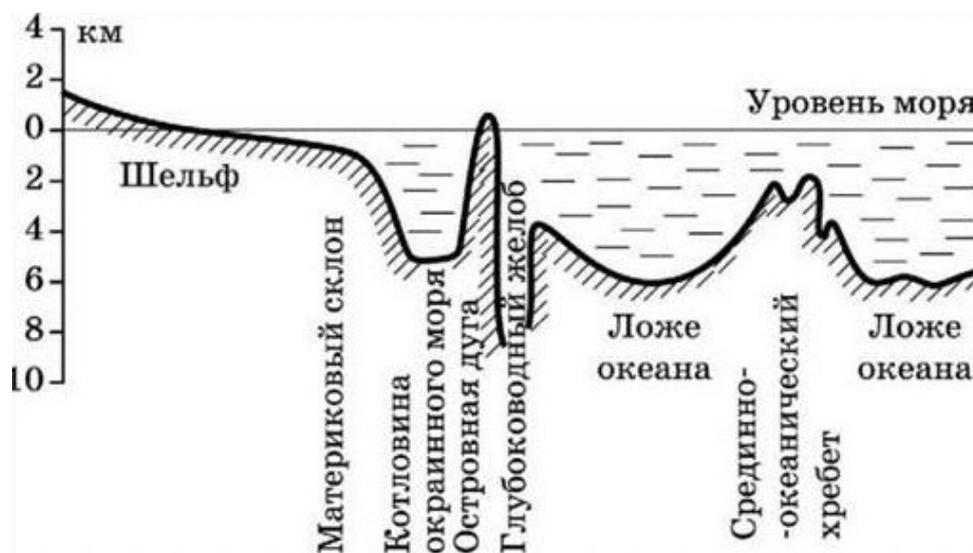


Рисунок 2.24 - Формы рельефа дна Мирового океана

Основные элементы рельефа суши – это горы и равнины. Они образуют макрорельеф Земли.

Горой называют возвышенность, имеющую вершинную точку, склоны, подошвенную линию, поднимающиеся над местностью выше 200 м; возвышение высотой до 200 м называется холмом. Линейно вытянутые формы рельефа, имеющие гребень и склоны, – это горные хребты. Хребты разделяются расположенными между ними горными долинами. Соединяясь между собой, горные хребты образуют горные цепи. Совокупность хребтов, цепей и долин называют

горным узлом, или горной страной, а в обиходе – горами. Например, Алтайские горы, Уральские горы и т. п.

Обширные участки земной поверхности, состоящие из горных хребтов, долин и высоких равнин, называются нагорьями. Например, Иранское нагорье, Армянское нагорье и др.

По происхождению горы бывают тектоническими, вулканическими и эрозионными.

Тектонические горы образуются в результате движений земной коры, они состоят из одной или множества складок, поднятых на значительную высоту. Для них характерны остроконечные вершины, узкие долины (теснины), вытянутые гребни. Все высочайшие горы мира – Гималаи, Гиндукуш, Памир, Кордильеры и др. – складчатые.

Глыбовые и складчато-глыбовые горы образуются в результате поднятия и опускания блоков (глыб) земной коры по плоскостям разломов. Для них характерны плоские вершины и водоразделы, широкие, с плоским дном, долины. Это, например, Уральские горы, Аппалачи, Алтай и др.

Вулканические горы образуются в результате накопления продуктов вулканической деятельности.

На поверхности Земли достаточно широко распространены *эрозионные горы*, которые образуются в результате расчленения высоких равнин внешними силами, в первую очередь текучими водами.

По высоте горы подразделяются на низкие (до 1000 м), средне-высотные (до 2000 м), высокие (до 5000 м) и высочайшие (выше 5000 м). Высоту гор легко определить по физической карте. По ней же можно видеть, что большая часть гор относится к средне-высотным и высоким.

Выше 7000 м поднимаются немногие вершины, и все они находятся в Азии. Высоту более 8000 м имеют всего лишь 12 горных вершин, расположенных в горах Каракорум и Гималаях. Высшей точкой планеты является гора, или, точнее, горный узел, Эверест (Джомолунгма) – 8848 м. Горы занимают менее 2% поверхности Земли.

Большую часть поверхности суши занимают равнинные пространства.

Равнины – это участки земной поверхности, имеющие плоский или слабохолмистый рельеф. Чаще всего равнины слегка наклонные.

По характеру поверхности равнины делят на плоские, волнистые и холмистые, но на обширных равнинах, например, Туранской или Западно-Сибирской, можно встретить участки с различными формами рельефа поверхности.

В зависимости от высоты над уровнем моря равнины подразделяются на низменные (до 200 м), возвышенные (до 500 м) и высокие (плоскогорья) (свыше 500 м). Возвышенные и высокие равнины всегда сильно расчленены водными потоками и имеют холмистый рельеф, низменные часто бывают плоскими. Некоторые равнины расположены ниже уровня моря, например, Прикаспийская низменность. Нередко на равнинах встречаются замкнутые котловины большой глубины. Например, впадина Карагис имеет отметку 132 м, а впадина Мертвого моря – 400 м. Возвышенные равнины, ограниченные крутыми уступами, отделяющими их от окружающей местности, называются плато, например, плато Устюрт, Путорана и др.

Плоскогорья – плосковершинные участки земной поверхности, могут иметь значительную высоту. Так, например, плоскогорье Тибет поднимается выше 5000 м.

По происхождению выделяют несколько типов равнин. Значительные пространства суши занимают морские (первичные) равнины, образовавшиеся в результате морских регрессий. Это, например, Туранская, Западно-Сибирская, Великая Китайская и ряд других равнин. Почти все они относятся к великим равнинам планеты. Большая часть их – низменности, рельеф плоский или слегка холмистый.

Пластовые равнины – это плоские участки древних платформ с горизонтальным залеганием пластов осадочных пород, например, Восточно-Европейская, имеющая холмистый рельеф.

Небольшие пространства в долинах рек занимают аллювиальные (наносные) равнины, образовавшиеся в результате выравнивания поверхности речными отложениями – аллювием. К этому типу относятся равнины Индо-Гангская, Месопотамская, Лабрадорская. Эти равнины низкие, плоские, очень плодородные.

Высоко над уровнем моря приподняты равнины – лавовые покровы (Среднесибирское плоскогорье, Эфиопское и Иранское нагорья, плоскогорье Декан). Некоторые равнины, например, Казахский мелкосопочник, образовались в результате разрушения гор. Их называют эрозионными; они всегда холмистые. Холмы сложены прочными кристаллическими породами и представляют собой остатки бывших здесь некогда гор, их «корни».

Суша занимает лишь 29% поверхности Земли. Она, в основном, сосредоточена в Северном полушарии. Средняя высота суши Земли составляет 970 м.

2.6 Мировой Океан

Большую часть поверхности Земли занимает Мировой океан (71% поверхности планеты). Он окружает материки (Евразию, Африку, Северную и Южную Америку, Австралию и Антарктиду) и острова. Мировой океан – общее название для всех океанов и морей планеты Земля. Он включает около 96% всего объема гидросферы. Именно Мировому океану обязана Земля своим названием «голубая планета». Северное полушарие Земли покрыто водой на 61%, Южное полушарие – на 81%. Океан делится материками на четыре части: Тихий (50% площади Мирового океана), Атлантический (25%), Индийский (21%) и Северный Ледовитый (4%) океаны.

Мировой океан является единым целым по совокупности физических, химических и биологических процессов. Однако он весьма разнообразен по климатическим, оптическим и другим характеристикам.

Мировой океан возник из паров мантийного материала. Первые порции конденсированной воды были кислыми. Затем появились минерализованные воды, а собственно пресные воды образовались значительно позже в результате испарения с поверхности первичных океанов в процессе естественной дистилляции.

Гидросфера Земли, как и атмосфера, также появилась в результате дегазации недр планеты. Материал океана и вещество атмосферы возникли из общего источника.

Океаническая вода представляет собой уникальный природный раствор, содержащий в среднем 3,5% растворенных веществ, обеспечивающих соленость воды. В воде земных океанов содержится множество химических элементов: натрий, магний, кальций, хлор, азот, фосфор, кремний. Эти элементы усваиваются живыми организмами, а их концентрация в морской воде контролируется ростом и размножением морских растений и животных. Большую роль в составе морской воды играют растворенные в ней природные газы – азот, кислород, углекислый газ, которые тесно связаны с атмосферой и живым веществом суши и моря.

Мировой океан часто называют «печкой планеты», формирующей климат Земли. Вследствие высокой теплоемкости воды, он летом накапливает, а зимой отдает накопленное тепло в атмосферу. В теплое время года вода согревается медленнее суши и охлаждает воздух, зимой же, наоборот, теплая вода согревает холодный воздух.

В Мировом океане постоянно происходят поступательные движения масс воды – морские течения. Они образуются под влиянием господствующих ветров, приливных сил Луны и Солнца, а также из-за существования слоев воды разной плотности. Под влиянием вращения Земли все течения в Северном полушарии отклоняются вправо, а в Южном полушарии – влево. Огромную роль в морях и океанах играют приливы и отливы, вызывающие периодические колебания уровня воды и смену приливных течений. В открытом океане высота прилива достигает одного метра, у берегов – до 18 метров. Самые высокие приливы наблюдаются у берегов Франции (14,7 м) и Англии, в устье реки Северн (16,3 м), в России – в Мензенском заливе Белого моря (10 м) и в Пенжинской губе Охотского моря (11 м). Во внутренних морях приливы незначительны. Так, в Финском заливе, вблизи Ленинграда, величина прилива не превышает 45 см, в Черном море, у Трапезунда, доходит до 8 см.

Главной особенностью Мирового океана является постоянство его солевого состава – в любой точке океана соотношение основных солей остается постоянным.

Благодаря достаточно высокой среднегодовой температуре воды, толща океана является благоприятной средой для развития и распространения жизни.

В океанах принято выделять моря, заливы и проливы. *Море* – это впадающая в сушу часть океана, отделенная от него островами, полуостровами или возвышениями подводного рельефа. Поверхность моря называется *акваторией*. Часть акватории, тянущаяся вдоль береговой линии определенного государства, входит в его состав и называется *территориальными водами*. За границей территориальных вод начинается *открытое море*, право на пользование которым имеют все государства.

Залив отличается от моря тем, что более глубоко вдается в сушу. По своим физико-химическим, биологическим и другим свойствам заливы мало отличаются от морей и океанов. Выделяют следующие виды заливов:

Бухты – небольшие прибрежные участки моря, отделенные от него островами или мысами. Обычно используются для строительства порта или судовой стоянки.

Эстуарии – образующиеся в устьях рек под воздействием течений и приливов. Имеют воронкообразную форму. С латинского название «эстуарий» переводится как затопляемое устье реки. Эстуарии известны в местах впадения в море Енисея, Темзы, реки Святого Лаврентия и др.

Фьорды – заливы, отличающиеся большой глубиной (до 1000 м) и высокими скалистыми берегами. Длина фьорда может достигать 200 км. Их образование связано с затоплением тектонических разломов и речных долин. Распространены вдоль береговой линии Скандинавии, Гренландии, Аляски, Новой Зеландии. Встречаются и на северном побережье России – на Кольском полуострове, Новой Земле, Чукотке.

Лагуны – заливы небольшой глубины, отделенные от моря песчаными косами, соединяются с морем узким проливом. В тропических широтах из-за интенсивного испарения имеют большую соленость, а в местах впадения рек – меньшую. Лагуны, в которые впадают реки, как правило, богаты полезными ископаемыми по причине накопления различных осадков.

Лиманы похожи на лагуны. Образуются вследствие затопления морем устьев равнинных рек или же в результате опускания берега. Как правило, содержат лечебные грязи. В нашей стране наиболее широко известны лиманы по берегам

Черного и Азовского морей.

Губа – небольшой залив, образующийся в устьях рек. Как правило, небольшой глубины, отличающийся по цвету от основного моря. Солей гораздо меньше чем в море вследствие опреснения впадающей рекой. В России известны Онежская губа, Обская губа, Чешская губа и др.

Мировой океан – это единое целое. Все его части соединены проливами. *Пролив* – это водный коридор, соединяющий между собой части Мирового океана. Они ограничены береговой линией материков, островов и полуостровов. Ширина проливов может быть самой разной. Например, Гибралтарский пролив в наиболее узком месте всего 14 км, а пролив Дрейка достигает ширины в 1000 км.

Зарождению жизни в Мировом океане способствовало относительное постоянство физических условий в морской среде. Оно же является и фактором поддержания сегодняшнего разнообразия водной жизни. В Мировом океане встречается 18 классов растений из известных 33 и 60 классов животных – из 63. Интересным фактом является то, что живые существа, даже переселившись на сушу, продолжают сохранять в своих телах привычную морскую среду. Их химический состав крови близок к составу морской воды и выполняет в принципе ту же транспортную функцию.

Общий объем всей биомассы Мирового океана приблизительно равен 55 млрд тонн, на долю рыбы приходится около 20 млрд тонн. Самыми продуктивными на планете являются Норвежское, Берингово, Охотское и Японское моря. Регионы с низкой продуктивностью занимают две трети от всей площади Мирового океана.

2.7 Атмосфера и ее роль в жизни Земли

Атмосфера – воздушная оболочка Земли представляет собой смесь газов, в том числе необходимых для живых организмов. Она простирается от поверхности Земли на высоту до 900 км, защищая жизнь на планете от вредного спектра солнечного излучения.

Атмосфера задерживает значительную часть солнечного излучения,

нагревается около земной поверхности и создает благоприятные климатические условия для жизни на Земле.

Атмосфера Земли состоит в основном из двух газов – азота (78%) и кислорода (21%), кроме того, содержит примеси углекислого и других газов. Вода в атмосфере существует в виде пара, капель влаги в облаках и кристалликов льда.

Атмосфера была сформирована в результате вулканических выбросов водяного пара с примесями диоксида углерода, азота и других химических веществ из недр молодой планеты. Она содержала определенное количество влаги, ее избыток в результате конденсации дал начало океанам.

На частицы газа, содержащиеся в атмосфере, действует сила притяжения Земли. Поэтому плотность газа с высотой постепенно убывает, переходя в космическое пространство без четкой границы. Половина всей массы земной атмосферы сосредоточена в нижних 5 км, три четверти – в нижних 10 км, девять десятых – в нижних 20 км. 99% массы атмосферы Земли сосредоточено ниже высоты 30 км, а это всего 0,5% экваториального радиуса нашей планеты.

С высотой меняется и температура. Так, например, у подножия высокой горы может быть достаточно жарко, а вершина горы покрыта снегом. Стоит подняться на самолете на высоту 10–11 км, как можно услышать сообщение о том, что за бортом –50 градусов. У поверхности земли в этой точке на 60–70 градусов теплее.

Атмосферу Земли (рис. 2.25) условно подразделяют на несколько слоев, температура и плотность которых заметно отличается: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, ионосфера и экзосфера. Между ними нет четких границ.

Экзосфера – верхняя область атмосферы, простирающаяся от 450-500 км до 2000-3000 км, содержащая атомарный кислород, гелий и водород. Часть этих элементов уходит в мировое пространство. Некоторые спутники погоды совершают полеты в экзосфере.

Термосфера находится на высоте 80–450 км и характеризуется высокими температурами, достигающими в верхнем слое 1700°C. В ней происходят основные процессы поглощения и преобразования солнечного ультрафиолетового и рентгеновского излучений.

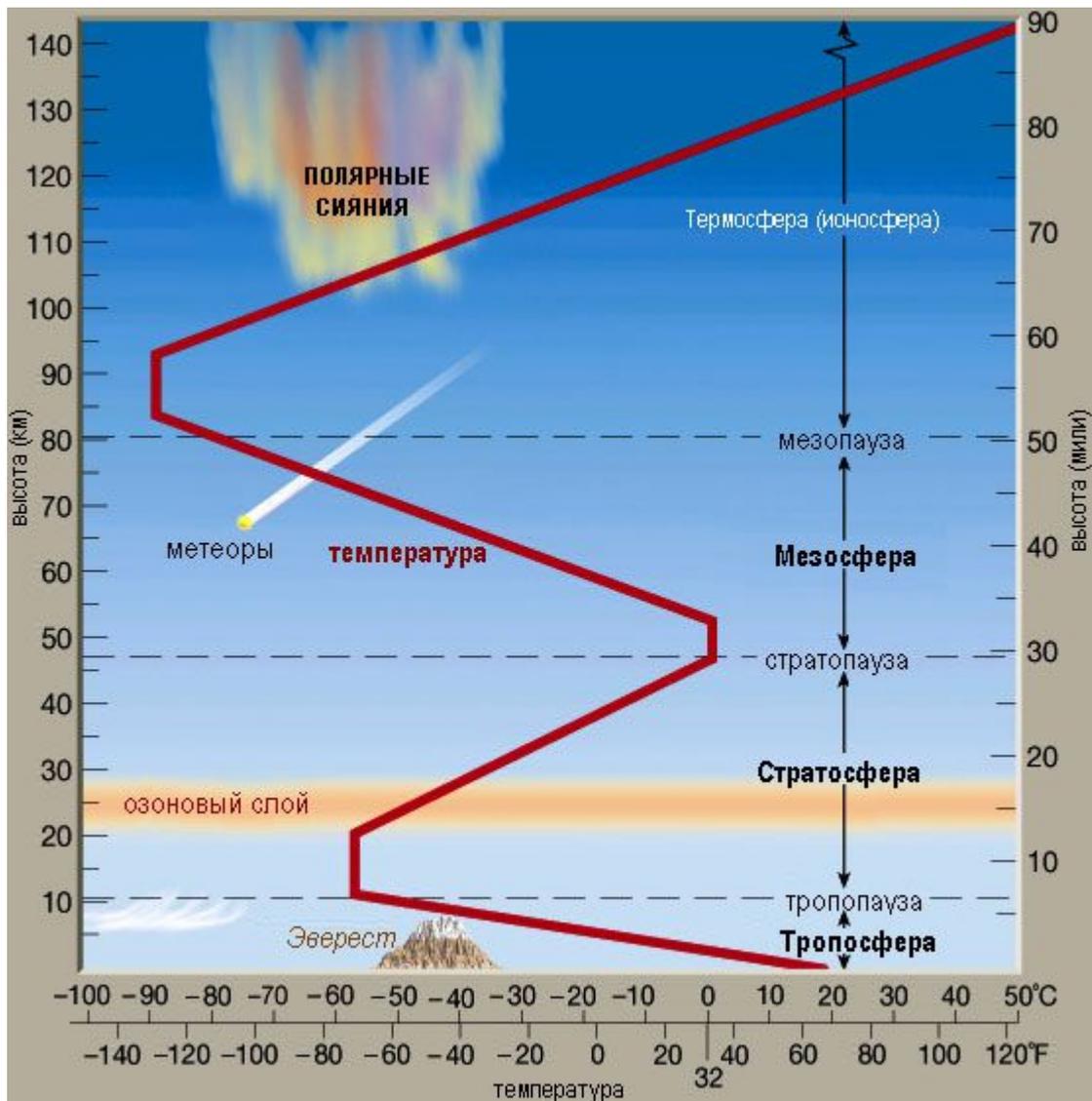


Рисунок 2.25 - Структура атмосферы Земли

Мезосфера располагается на высоте 50–80 км. В этом слое температура падает по мере увеличения высоты. Именно здесь сгорают большинство метеоритов (осколков космических пород), попадающих в атмосферу.

Ионосфера находится ниже 50 км и состоит из электрически заряженных частиц воздуха, ионов. Ионизация воздуха происходит под действием солнечного излучения.

Стратосфера расположена на высотах 15–50 км. Она содержит озоновый слой, поглощающий ультрафиолетовое излучение Солнца, это приводит к повышению температуры у поверхности Земли. Здесь обычно летают реактивные самолеты, так как в этом слое очень хорошая видимость и почти нет помех,

вызванных погодными условиями.

Тропосфера – это нижний слой атмосферы на высоте от 8 до 15 км над земной поверхностью. Именно здесь формируется погода планеты, так как в этом слое больше всего водяных паров, пыли, возникают ветры. Температура слоя понижается по мере удаления от земной поверхности.

Атмосфера оказывает давление на поверхность Земли, создавая так называемое *атмосферное давление*. Наиболее высоко атмосферное давление около поверхности, а при удалении от неё оно снижается. Атмосферное давление зависит от перепада температур суши и океана, и поэтому в районах, находящихся на одинаковой высоте над уровнем моря нередко бывает разное давление.

Изменения температуры и давления заставляют воздушные массы в нижних слоях атмосферы перемещаться. Так возникают ветры, дующие из областей высокого давления в области низкого. Во многих регионах возникают местные ветры, вызванные перепадами температур. Горы оказывают существенное влияние на направление ветров.

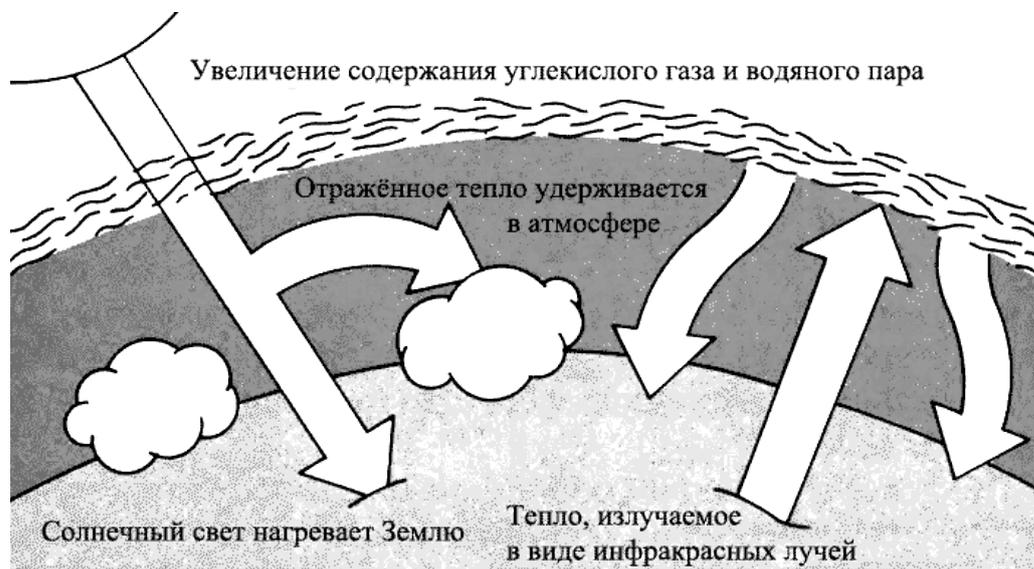


Рисунок 2.26 - Схематичное представление парникового эффекта

Углекислый газ, метан и некоторые другие газы, входящие в состав земной атмосферы, задерживают солнечное излучение, отражающееся от земной поверхности. Этот процесс принято называть парниковым эффектом (рис. 2.26), так как он во многом напоминает циркуляцию тепла в парниках. Парниковый эффект

влечет за собой глобальное потепление на планете.

В областях высокого давления – *антициклонах* – устанавливается ясная солнечная погода. В областях низкого давления – *циклонах* – обычно стоит неустойчивая влажная погода.

Озоновый слой, располагающийся в стратосфере, задерживает большую часть ультрафиолетового излучения Солнца, защищая от него Землю и все живое на ней. Ученые установили, что причиной разрушения озонового слоя являются особые хлорофторуглекислые газы, содержащиеся в некоторых аэрозолях и холодильном оборудовании. Над Арктикой и Антарктидой в озоновом слое были обнаружены огромные дыры, способствующие увеличению количества ультрафиолетового излучения, воздействующего на поверхность Земли.

Современная атмосфера Земли представляет собой результат длительного эволюционного развития. Она возникла в результате совместных действий геологических факторов и жизнедеятельности организмов. Первичная атмосфера (протоатмосфера) на самой ранней протопланетной стадии., более 4,2 млрд лет назад, могла состоять из смеси метана, аммиака и углекислого газа. В результате дегазации мантии и активных процессов выветривания в атмосферу стали поступать пары воды, соединения углерода в виде CO_2 и CO , серы и ее соединений, а также сильных галогенных кислот – HCl , HF , HI и борной кислоты. Они дополнялись содержащимся в атмосфере метаном, аммиаком, водородом, аргоном и некоторыми другими благородными газами. В целом атмосфера имела восстановительный характер и была практически лишена свободного кислорода. Незначительное количество кислорода образовывалось под влиянием солнечных лучей на пары воды в верхней части атмосферы. *Первичная атмосфера* была чрезвычайно тонкой. Поэтому температура у земной поверхности была близкой к температуре лучистого равновесия.

С течением времени газовый состав первичной атмосферы под влиянием процессов жизнедеятельности цианобактерий и сине-зеленых водорослей, вулканических процессов и действия солнечных лучей трансформировался. Метан разлагался на водород и углекислоту, аммиак – на азот и водород. Во вторичной

атмосфере стали накапливаться углекислый газ, который медленно опускался к земной поверхности, и азот. Благодаря жизнедеятельности сине-зеленых водорослей в процессе фотосинтеза вырабатывался кислород, который, в начале расходовался на окисление атмосферных газов, а затем и горных пород. Аммиак, окисляясь до молекулярного азота, интенсивно накапливался в атмосфере. Предполагается, что значительная часть азота современной атмосферы является реликтовой. Метан и оксид углерода окислялись до углекислоты. Сера и сероводород окислялись до SO_2 и SO_3 , которые вследствие своей высокой подвижности и легкости быстро удалялись из атмосферы.

Таким образом, атмосфера из восстановительной, какой она была в архее и раннем протерозое, постепенно превращалась в окислительную.

В середине протерозоя концентрация кислорода в атмосфере достигала 0,01% современного уровня. Начиная с этого времени кислород стал накапливаться в атмосфере и, вероятно, уже в конце рифея его содержание достигло 0,1% современного уровня. Возможно, в вендском периоде возник озоновый слой и с этого времени уже никогда не исчезал.

Формирование кислорода в атмосфере Земли привело к образованию озонового слоя на высотах примерно 8 – 30 км. И тем самым наша планета приобрела защиту от губительного воздействия ультрафиолетового излучения. Это обстоятельство послужило толчком для дальнейшей эволюции жизненных форм на Земле. Рост количества кислорода в атмосфере в результате усиления фотосинтеза способствовал формированию и поддержанию жизненных форм на суше, стимулировал эволюцию жизни и привел к возникновению новых форм с более совершенным метаболизмом.

После этого дальнейшее накопление кислорода в земной атмосфере происходило довольно быстро. Определенная стабилизация содержания кислорода в атмосфере произошла когда растения вышли на сушу, т.е. примерно 450 млн лет назад. Выход растений на сушу, происшедший в силурийском периоде, привел к окончательной стабилизации уровня кислорода в атмосфере. С этого времени, его

концентрация стала колебаться в узких пределах, никогда не выходящих за рамки существования жизни. Полностью концентрация кислорода в атмосфере стабилизировалась со времени появления цветковых растений. Это событие произошло в середине мелового периода, т.е. около 100 млн лет тому назад.

На рубеже криптозоя и фанерозоя, т. е. около 650 млн лет тому назад, содержание углекислого газа в атмосфере снизилось до десятых долей процентов, а близкое к современному уровню достигнуто совсем недавно, примерно 10 – 20 млн лет тому назад.

Таким образом, газовый состав атмосферы не только предоставлял организмам жизненное пространство, но и определял особенности их жизнедеятельности, способствовал расселению и эволюции. Возникающие сбои в распределении благоприятного для организмов газового состава атмосферы из-за космических или планетарных причин приводили к неоднократным массовым вымираниям органического мира в течение криптозоя и на определенных рубежах фанерозойской истории.

Сегодня наша атмосфера на 78% состоит из азота, на 21% из кислорода, на 0,9% из аргона, на 0,04% из диоксида углерода. Совсем малые доли по сравнению с основными газами составляют неон, гелий, метан, криптон.

Атмосфера Земли обеспечивает живые организмы необходимым веществом, энергией и определяет направленность и скорость метаболических процессов. Газовый состав современной атмосферы является оптимальным для существования и развития жизни. Будучи областью формирования погоды и климата, атмосфера должна создавать комфортные условия для жизнедеятельности людей, животных и растительности. Отклонения в ту или другую сторону в качестве атмосферного воздуха и погодных условиях создают экстремальные условия для жизнедеятельности животного и растительного мира, в том числе и для человека.

Атмосфера Земли обеспечивает условия существования человечества, являясь основным фактором эволюции этносферы. Она в то же время оказывается энергетическим и сырьевым ресурсом производства. В общем понимании атмосфера – это фактор, сохраняющий здоровье человека, а некоторые области в силу физико-

географических условий и качества атмосферного воздуха служат рекреационными территориями и являются областями, предназначенными для санаторно-курортного лечения и отдыха людей. Таким образом, атмосфера является фактором эстетического и эмоционального воздействия.

2.8 Происхождение и структура Солнечной системы

Солнечная система является сложной системой, имеющей свои закономерности строения. Она состоит из центрального небесного тела – звезды Солнца, планет, обращающихся вокруг него, их спутников, множества малых планет, астероидов, комет, метеоритов, межпланетной среды.

Планеты располагаются в порядке удаления от Солнца следующим образом: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (рис 2.27). Две последние планеты можно наблюдать с Земли только в телескопы. Остальные видны как более или менее яркие круги и известны людям со времен глубокой древности.

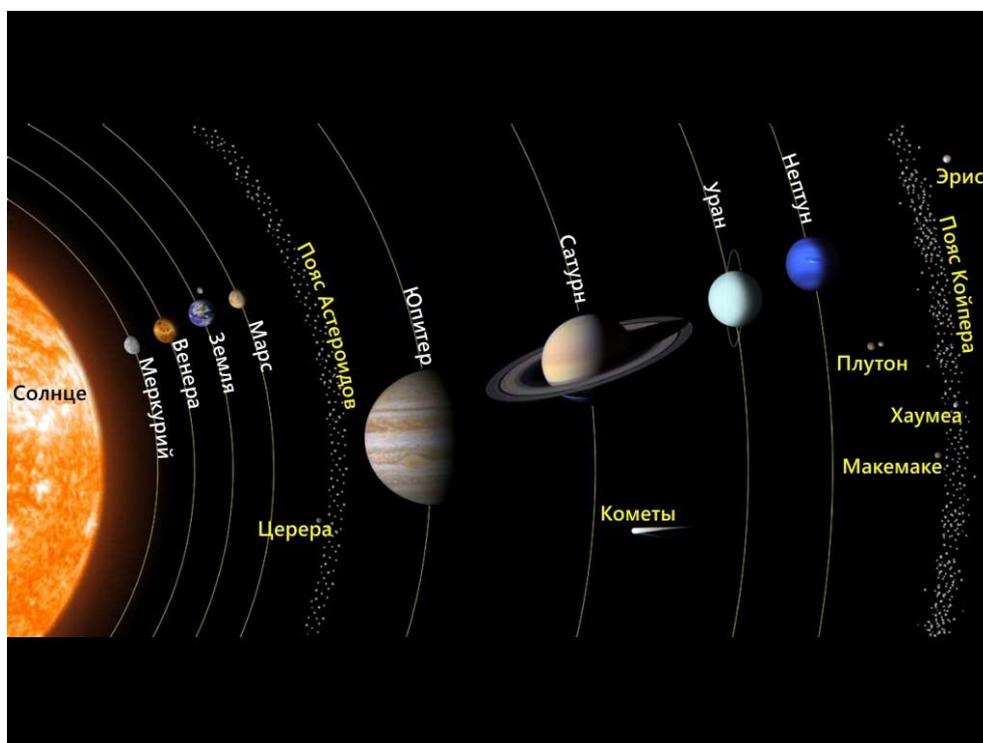


Рисунок 2.27 - Структура Солнечной системы

Ближайшие к Солнцу, сравнительно небольшие планеты принято называть планетами земной группы, это Меркурий, Венера, Земля и Марс. Их каменистое вещество отличается относительно высокой плотностью: в среднем около $5,5 \text{ г/см}^3$, что в 5,5 раза превосходит плотность воды. Другую, более удаленную группу планет, составляют планеты-гиганты, к ним относятся Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Эти планеты содержат много летучих веществ и обладают огромными массами. Так, масса Урана равна 15 земным массам, а Юпитера – 318. Составляют планеты-гиганты, главным образом, из водорода и гелия, а средняя плотность их вещества близка к плотности воды. Судя по всему, у этих планет нет твердой поверхности как у планет земной группы. Особое место занимает девятая планета – Плутон, открытая в марте 1930 г. По своим размерам она ближе к планетам земной группы. 24 августа 2006 – Плутон лишили статуса планеты. Его стали считать карликовой планетой, наряду с Хаумеа, Макемаке и Эридой. Термин «карликовая планета» был принят в 2006 году в рамках классификации обращающихся вокруг Солнца и других звезд тел на три категории. Карликовые планеты занимают промежуточное положение между планетами и астероидами.

О механизме образования планет в Солнечной системе нет общепризнанных мнений.

Солнечная система, по оценкам ученых, образовалась примерно 5 млрд лет назад. Все планеты вращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении и почти в одной и той же плоскости. Большинство спутников планет вращается в том же направлении и в большинстве случаев в экваториальной плоскости своей планеты. Солнце, планеты, спутники планет вращаются вокруг своих осей в том же направлении, в котором они совершают движение по своим траекториям. Интересно отметить, что каждая следующая планета удалена от Солнца примерно в два раза дальше, чем предыдущая.

Солнце – звезда второго (или еще более позднего) поколения, то есть, Солнечная система возникла из продуктов жизнедеятельности звезд предыдущих поколений, скапливавшихся в газовой-пылевой облаках. Это обстоятельство дает основание назвать Солнечную систему частью звездной пыли.

О происхождении Солнечной системы и ее исторической эволюции наука знает меньше, чем необходимо для построения теории планетообразования. После первых научных гипотез, выдвинутых примерно 250 лет назад, до сегодняшних дней было предложено большое число моделей происхождения и развития Солнечной системы, но ни одна из них не удостоилась перевода в ранг общепризнанной теории. Большинство из выдвигавшихся ранее гипотез сегодня представляет лишь исторический интерес. Первые теории происхождения Солнечной системы были выдвинуты немецким философом И. Кантом и французским математиком П. С. Лапласом. Их теории вошли в науку как некая коллективная космогоническая гипотеза Канта – Лапласа, хотя разрабатывались они независимо друг от друга. Согласно этой гипотезе система планет вокруг Солнца образовалась в результате действия сил притяжения и отталкивания между частицами рассеянной материи (туманности), находящейся во вращательном движении вокруг Солнца.

Началом следующего этапа в развитии взглядов на образование Солнечной системы послужила гипотеза английского физика и астрофизика Дж. Х. Джинса. Он предположил, что когда-то Солнце столкнулось с другой звездой, в результате чего из них вырвалась струя газа, которая, сгущаясь, преобразовалась в планеты. Однако с учетом огромного расстояния между звездами такое столкновение кажется совершенно невероятным. Более детальный анализ выявил и другие недостатки этой теории.

Современные концепции происхождения планет Солнечной системы основываются на том, что нужно учитывать не только механические силы, но и другие, в частности, электромагнитные. Эта идея была выдвинута шведским физиком и астрофизиком Х. Альвеном и английским астрофизиком Ф. Хойлом. Считается вероятным, что именно электромагнитные силы сыграли решающую роль при зарождении Солнечной системы.

В соответствии с современными представлениями, первоначальное газовое облако, из которого образовались и Солнце, и планеты, состояло из ионизированного газа, подверженного влиянию электромагнитных сил. После того как из огромного газового облака посредством концентрации образовалось Солнце,

на огромных расстояниях от него остались небольшие части этого облака. Гравитационная сила стала притягивать остатки газа к образовавшейся звезде – Солнцу, но его магнитное поле остановило падающий газ на различных расстояниях – как раз там, где находятся планеты. Гравитационные и магнитные силы повлияли на концентрацию и сгущение падающего газа, и в результате образовались планеты (рис. 2.29).

Когда возникли самые крупные планеты, тот же процесс повторился в меньших масштабах, создав, таким образом, системы спутников.

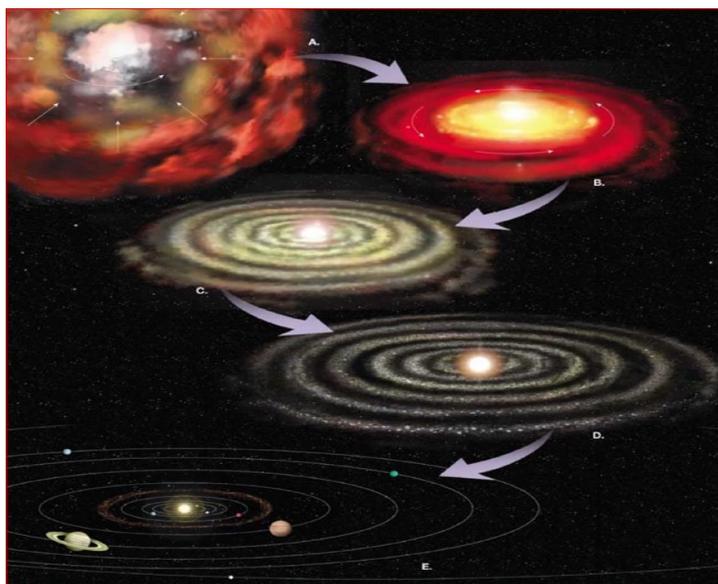


Рисунок 2.29 - Схема формирования Солнечной системы

Но в рассмотренной гипотезе не учитывалось влияние электромагнитного взаимодействия при формировании планет. Выяснение этого и других вопросов – дело будущего.

2.9 Луна - естественный спутник Земли

Подобно тому, как наша Земля обращается вокруг Солнца, вокруг Земли движется Луна – единственный спутник нашей планеты и ближайшее к нам небесное тело.

Луна движется вокруг Земли со средней скоростью 1,02 км/сек по

приблизительно эллиптической орбите в том же направлении, в котором движется подавляющее большинство других тел Солнечной системы, то есть против часовой стрелки, если смотреть на орбиту Луны со стороны Северного полюса мира. Большая полуось орбиты Луны, равная среднему расстоянию между центрами Земли и Луны, составляет 384400 км (приблизительно 60 земных радиусов).

Луна меньше Земли, ее поперечник составляет около одной четверти земного диаметра, а масса в 81 раз меньше массы Земли. Поэтому сила тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на нашей планете. Малая сила притяжения не позволила Луне удержать атмосферу, по той же причине на ее поверхности нет и воды. Открытые водоемы быстро испарились бы, а водяной пар улетучился бы в космос.

Поскольку плотной газовой оболочки – атмосферы - у Луны практически нет и газы свободно рассеиваются в окружающем космическом пространстве, поверхность Луны освещается прямыми солнечными лучами. Тени от неровностей рельефа здесь очень глубоки и черны, а так как свет не рассеивается, Солнце с лунной поверхности выглядит гораздо ярче, чем с поверхности Земли. Разреженная газовая оболочка Луны, состоящая из водорода, гелия, неона и аргона, в десять триллионов раз меньше по плотности, чем наша атмосфера, но в тысячу раз больше, чем количество молекул газа в космическом вакууме.

Не будучи защищена атмосферой, поверхность Луны нагревается днем до $+110^{\circ}\text{C}$, а ночью остывает до -120°C , однако, как показали радионаблюдения, эти огромные колебания температуры проникают вглубь лишь на несколько дециметров вследствие чрезвычайно слабой теплопроводности поверхностных слоев.

Поверхность Луны весьма неровная: она покрыта горными хребтами, кольцевыми горами – кратерами и темными хребтами равнинных областей, называемых морями, на которых наблюдаются мелкие кратеры. Предполагается, что кратеры имеют метеоритное происхождение, т. е. образовались в местах падения гигантских метеоритов.

Определен возраст лунных пород, доставленных на Землю космическими аппаратами. Возраст самых молодых пород – около 2,6 млрд лет, а более древних не превосходит 4 млрд лет.

Рельеф лунной поверхности был в основном изучен в результате многолетних телескопических наблюдений. «Лунные моря», занимают около 40 % видимой поверхности Луны и представляют собой равнинные низменности, пересеченные трещинами и невысокими извилистыми валами; крупных кратеров сравнительно мало. Многие моря окружены концентрическими кольцевыми хребтами. Остальная, более светлая поверхность покрыта многочисленными кратерами, кольцевидными хребтами, бороздами и так далее. Кратеры менее 15 – 20 километров имеют простую чашевидную форму. Более крупные кратеры (до 200 километров) имеют крутые внутренние склоны, сравнительно плоское дно, часто с центральной горкой. Высоты гор над окружающей местностью определяются по длине теней на лунной поверхности или фотометрическим способом.

Луна покрыта так называемым реголитом. Это разнотернистый обломочно-пылевой слой толщиной от нескольких метров до нескольких десятков метров. Он возник в результате дробления, перемешивания и спекания лунных пород при падениях метеоритов и микрометеоритов. Вследствие воздействия солнечного ветра реголит насыщен нейтральными газами. Среди обломков реголита найдены частицы метеоритного вещества. По радиоизотопам было установлено, что некоторые обломки на поверхности реголита находились на одном и том же месте десятки и сотни миллионов лет. Среди образцов, доставленных на Землю, встречаются породы двух типов: вулканические (лавы) и породы, возникшие за счет раздробления и расплавления лунных образований при падениях метеоритов. Основная масса вулканических пород сходна с земными базальтами. По-видимому, такими породами сложены все лунные моря. Кроме того, в лунном грунте встречаются обломки иных пород, сходных с земными и так называемым *KREEP* – порода, обогащенная калием, редкоземельными элементами и фосфором. Очевидно, они являются обломками вещества лунных материков. «Луна-20» и «Аполлон-16», совершившие посадки на лунных материках, привезли оттуда породы типа анортозитов. Все типы пород образовались в результате длительной эволюции в недрах Луны. По ряду признаков лунные породы отличаются от земных: в них очень мало воды, мало калия, натрия и других летучих элементов, в некоторых образцах

очень много титана и железа. Возраст этих пород составляет 3 – 4,5 млрд лет, что соответствует древнейшим периодам Земли.

Предполагается, что около 95 % пород, покрывающих лунную поверхность, находится в магматическом состоянии. Поверхность Луны довольно темная, она отражает в среднем лишь 7,3 % световых лучей Солнца и посылает в полнолуние на Землю в 465 000 раз меньше света, чем Солнце.

Луна вращается относительно Солнца с периодом, равным синодическому месяцу, поэтому день на Луне длится почти 1,5 сутки и столько же продолжается ночь.

Луна видна только в той части, куда падают солнечные лучи, либо лучи, отраженные Землей. Этим объясняются фазы Луны. Каждый месяц Луна, двигаясь по орбите между Землей и Солнцем, обращается к нам темной стороной, в это время происходит новолуние. Через 1 – 2 дня после этого на западной части неба появляется узкий яркий серп молодой Луны. Остальная часть лунного диска бывает в это время слабо освещена Землей, повернутой к Луне своим дневным полушарием. Через 7 суток Луна отходит от Солнца на 90° , наступает первая четверть, когда освещена ровно половина диска Луны и терминатор, линия раздела светлой и темной стороны, становится прямой – диаметром лунного диска. В последующие дни терминатор становится выпуклым, вид Луны приближается к светлому кругу и через 14 – 15 суток наступает полнолуние. На 22-е сутки наблюдается последняя четверть. Угловое расстояние Луны от солнца уменьшается, она опять становится серпом и через 29,5 суток вновь наступает новолуние. Промежуток между двумя последовательными новолуниями называется синодическим месяцем. Синодический месяц больше сидерического, так как Земля за это время проходит примерно 113-ю часть своей орбиты и Луна, чтобы вновь пройти между Землей и Солнцем, должна пройти дополнительно еще 113-ю часть своей орбиты, на что тратится немногим более 2 суток. Если новолуние происходит вблизи одного из узлов лунной орбиты, происходит солнечное затмение, а полнолуние близ узла сопровождается лунным затмением. Легко наблюдаемая смена фаз Луны послужила основой для ряда календарных систем.

Происхождение Луны окончательно еще не установлено. Наиболее разработаны четыре гипотезы.

В конце XIX в. Дж. Дарвин выдвинул гипотезу, согласно которой Луна и Земля первоначально составляли одну общую расплавленную массу, скорость вращения которой увеличивалась по мере ее остывания и сжатия; в результате эта масса разорвалась на две части: большую – Землю и меньшую – Луну. Эта гипотеза объясняет малую плотность Луны, образованной из внешних слоев первоначальной общей массы. Однако гипотеза встречает серьезные возражения с точки зрения механизма подобного процесса; кроме того, между породами земной оболочки и лунными породами есть существенные геохимические различия.

Гипотеза захвата, разработанная немецким ученым К. Вейцеккером, шведским ученым Х. Альфвенем и американским ученым Г. Юри, предполагает, что Луна первоначально была малой планетой, которая при прохождении вблизи Земли в результате воздействия тяготения последней превратилась в спутник Земли. Вероятность такого события весьма мала, и, кроме того, в этом случае следовало бы ожидать большего различия земных и лунных пород.

Согласно третьей гипотезе, разработанной советскими учеными – О. Ю. Шмидтом и его последователями в середине XX века, Луна и Земля образовались одновременно путем объединения и уплотнения большого роя мелких частиц. Но Луна в целом имеет меньшую плотность, чем Земля, поэтому вещество протопланетного облака должно былоделиться с концентрацией тяжелых элементов в Земле. В связи с этим возникло предположение, что первой начала формироваться Земля, окруженная мощной атмосферой, обогащенной относительно летучими силикатами; при последующем охлаждении вещество этой атмосферы сконденсировалось в кольцо планетезималей, из которых и образовалась Луна.

Современная гипотеза (70-е годы 20 века) представляется наиболее предпочтительной. Это гипотеза гигантского столкновения. Основная идея состоит в том, что, когда планеты только еще формировались, некое небесное тело величиной с Марс с огромной силой врезалось в молодую Землю под скользящим углом. При этом более легкие вещества наружных слоев Земли должны были бы

оторваться от нее и разлететься в пространстве, образовав вокруг Земли кольцо из обломков, в то время как ядро Земли, состоящее из железа, сохранилось бы в целости. В конце концов, это кольцо из обломков слиплось, образовав Луну. Теория гигантского столкновения объясняет, почему Земля содержит большое количество железа, а на Луне его почти нет. Кроме того, из вещества, которое должно было превратиться в Луну, в результате этого столкновения выделилось много различных

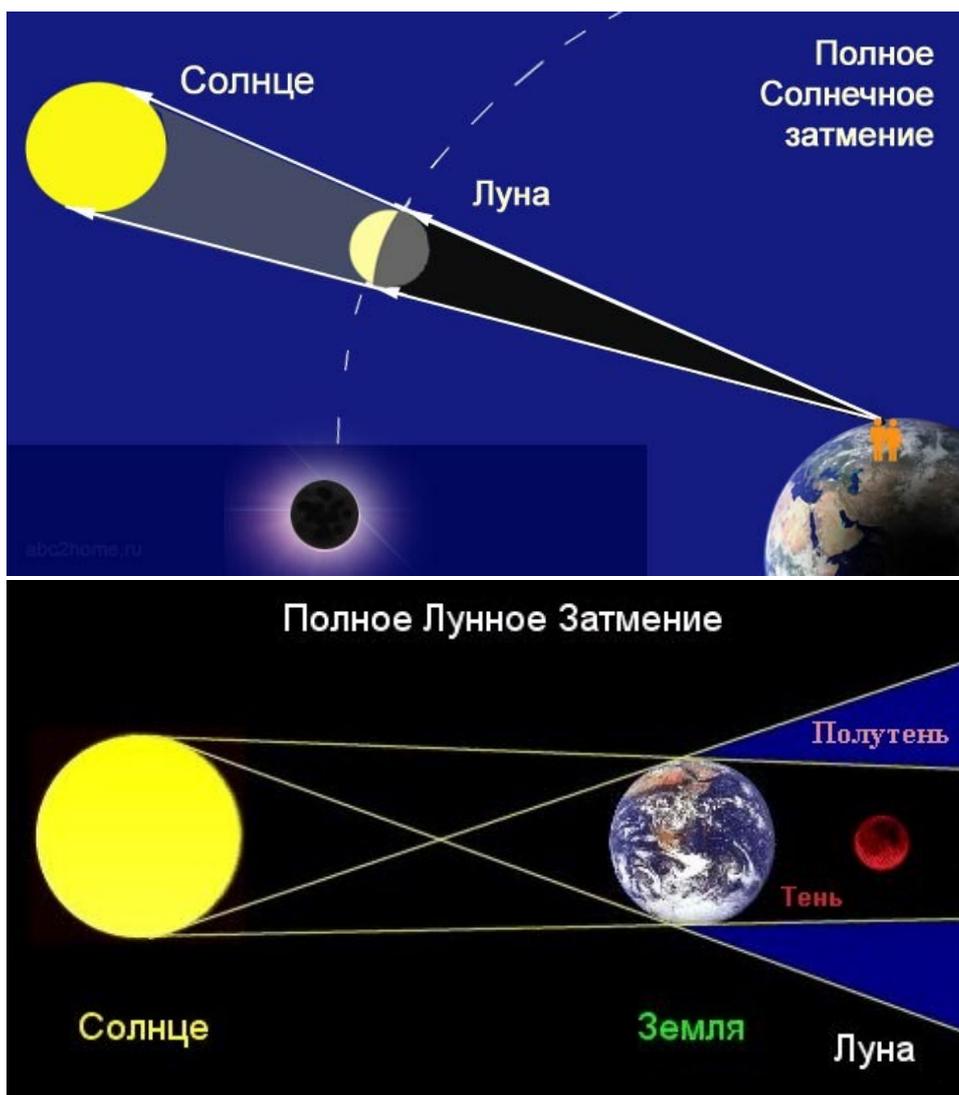


Рисунок 2.30 - Схемы лунного и солнечного затмений

газов, в частности, кислород.

Из-за того, что Луна, обращаясь вокруг Земли, бывает иногда на одной линии с Землей и Солнцем, возникают солнечные или лунные затмения (рис. 2.30).

Солнечные затмения бывают только в новолуние, когда Луна проходит не

ниже и не выше, а как раз по солнечному диску и, словно гигантская заслонка, загораживает его собой. Но затмения в разных местах видны по-разному, в одних Солнце закрывается полностью – полное затмение, в других частично – неполное затмение. Суть явления заключается в том, что Земля и Луна, освещенные Солнцем, отбрасывают концы теней сходящиеся и расходящиеся. Когда Луна попадает на одну линию с Солнцем и Землей и находится между ними, лунная тень движется по Земле с запада на восток. Диаметр полной лунной тени не превышает 250 км, поэтому одновременно затмение Солнца видно лишь на малом участке Земли. Там, где на Землю падает полутень Луны, наблюдается неполное затмение Солнца. Расстояние между Солнцем и Землей не всегда одинаково: зимой в северном полушарии Земля ближе к Солнцу, а летом дальше. Луна, обращаясь вокруг Земли, тоже проходит на разных расстояниях – то ближе, то дальше от неё. В случае, когда Луна находится дальше от Земли и загородить полностью диск Солнца не может, наблюдатели видят вокруг черной Луны сверкающий край солнечного диска – происходит красивейшее кольцеобразное затмение Солнца.

Плотность Луны несильно изменяется с глубиной, т.е. в отличие от Земли нет большой концентрации масс в центре. Самый верхний слой представлен корой, толщина которой, определенная только в районах котловин, составляет 60 км (рис. 2.31).

Кора сложена изверженными кристаллическими горными породами – базальтами. Под корой расположена мантия, в которой, подобно земной, можно выделить верхнюю, среднюю и нижнюю. Толщина верхней мантии около 250 км, а средней примерно 500 км, и ее граница с нижней мантией расположена на глубине около 1000 км. Состав верхней мантии предположительно оливин-пироксеновый, а на большей глубине присутствуют шницель и встречающийся в ультраосновных щелочных породах минерал мелилит. На границе с нижней мантией температуры приближаются к температурам плавления, отсюда начинается сильное поглощение сейсмических волн. Эта область представляет собой лунную астеносферу.

В самом центре, по-видимому, находится небольшое жидкое ядро радиусом менее 350 километров. Ядро состоит из железа. Его масса, не превышает 2% от

массы всей Луны. Температура в ядре находится в пределах 1300 К – 1900 К.

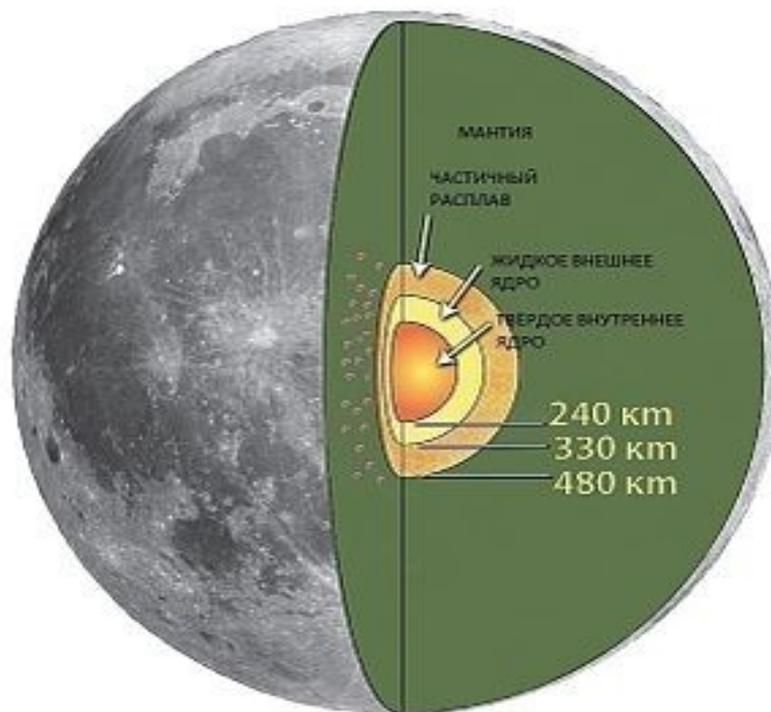


Рисунок 2.31 - Внутреннее строение Луны

На луне обнаружили 2 типа лунных магнитных полей: постоянные поля, порожденные "ископаемым" магнетизмом лунного вещества, и переменные поля, вызванные электрическими токами, возбуждаемыми в недрах Луны.

Под влиянием притяжения Луны и Солнца происходят периодические поднятия и опускания поверхности морей и океанов на Земле – приливы и отливы. Частицы воды совершают при этом и вертикальные и горизонтальные движения. Наибольшие приливы наблюдаются в дни сизигий (новолуний и полнолуний), наименьшие (квадратурные) совпадают с первой и последней четвертями Луны. Между сизигиями и квадратурами амплитуды приливов могут изменяться в 2,7 раза.

Вследствие изменения расстояния между Землей и Луной, приливообразующая сила Луны в течение месяца может изменяться на 40%, изменение приливообразующей силы Солнца за год составляет лишь 10%.

Лунные приливы в 2,17 раза превышают по силе солнечные. Основной период приливов полусуточный. Приливы с такой периодичностью преобладают в Мировом океане. Наблюдаются также приливы суточные и смешанные.

Характеристики смешанных приливов изменяются в течение месяца в зависимости от склонения Луны.

Поскольку вращение Земли вокруг своей оси опережает по времени движение Луны вокруг Земли, в водной оболочке нашей планеты возникают силы приливного трения, на преодоление которых тратится энергия вращения, и вращение Земли замедляется (примерно на 0,001 секунд за 100 лет). По законам небесной механики дальнейшее замедление вращения Земли повлечет за собой уменьшение скорости движения Луны по орбите и увеличение расстояния между Землей и Луной. В конечном итоге период вращения Земли вокруг своей оси должен сравняться с периодом обращения Луны вокруг Земли. Это произойдет, когда период вращения Земли достигнет 55 суток. При этом прекратится суточное вращение Земли, прекратятся и приливо-отливные явления в Мировом океане.

В течение длительного времени происходило торможение вращения Луны за счет возникавшего в ней приливного трения под действием земного притяжения (приливо-отливные явления могут возникать не только в жидкой, но и в твердой оболочке небесного тела). В результате Луна потеряла вращение вокруг своей оси и теперь обращена к Земле одной стороной. Благодаря длительному действию приливообразующих сил Солнца потерял свое вращение и Меркурий. Как и Луна по отношению к Земле, Меркурий обращен к Солнцу только одной стороной.

Энергия приливов в XVI и XVII веках в небольших бухтах и узких проливах широко использовалась для приведения в действие мельниц. Впоследствии она применялась для приведения в действие насосных установок водопроводов, для транспортировки и монтажа массивных деталей сооружений при гидростроительстве.

В наше время приливная энергия в основном превращается в электрическую энергию на приливных электростанциях и вливается затем в общий поток энергии, вырабатываемой электростанциями всех типов. В отличие от гидроэнергии рек, средняя величина приливной энергии мало меняется от сезона к сезону, что позволяет приливным электростанциям более равномерно обеспечивать энергией промышленные предприятия.

В приливных электростанциях используется перепад уровней воды, образующийся во время прилива и отлива. Для этого отделяют прибрежный бассейн невысокой плотиной, которая задерживает приливную воду при отливе. Затем воду выпускают, и она вращает гидротурбины

Вблизи Мурманска, в Кислой губе с 1968 года начала работать первая в нашей стране приливная электростанция мощностью в 400 киловатт. Проектируется приливная электростанция в устье Мезени и Кулоя мощностью 2,2 млн киловатт.

Пока энергия приливных электростанций обходится дороже энергии тепловых электростанций, но при более рациональном осуществлении строительства гидросооружений стоимость вырабатываемой ими энергии можно снизить до стоимости энергии речных гидроэлектростанций. Поскольку запасы приливной энергии планеты значительно превосходят полную величину гидроэнергии рек, можно полагать, что приливная энергия будет играть заметную роль в дальнейшем прогрессе человеческого общества. Мировое сообщество предполагает лидирующее использование в XXI веке экологически чистой и возобновляемой энергии морских приливов.

Луна рассматривается как источник природных запасов, так как на Земле эти запасы уменьшаются с каждым годом. По прогнозам ученых в ближайшем будущем человечество вступит в сложный период. Земная среда обитания исчерпает свои ресурсы, поэтому уже сейчас необходимо начинать осваивать ресурсы других планет и спутников. Луна, как ближайшее к нам небесное тело станет первым объектом для внеземного промышленного производства. Создание лунной базы, а затем и сети баз, планируется уже в ближайшие десятилетия. Из лунных пород можно извлекать кислород, водород, железо, алюминий, титан, кремний и другие полезные элементы. Лунный грунт является прекрасным сырьем для получения различных строительных материалов, а также для добычи изотопа гелий-3, который способен обеспечить электростанции Земли безопасным и экологически чистым ядерным горючим.

Луна будет использоваться и для уникальных научных исследований и наблюдений. Изучая лунную поверхность, ученые могут «заглянуть» в очень

древний период нашей собственной планеты, поскольку особенности развития Луны обеспечили сохранность рельефа поверхности в течение миллиардов лет. Кроме того, Луна послужит экспериментальной базой для отработки космических технологий, а в дальнейшем будет использоваться как ключевой транспортный узел межпланетных сообщений.

2.10 Планеты земной группы

Крупнейшими после Солнца в Солнечной системе являются планеты и их спутники. Общая масса планет составляет 448 масс Земли. Суммарная масса планет и спутников составляет лишь 1/750 часть массы Солнца.

Планеты Солнечной системы достаточно сильно различаются между собой. Твердые планеты земной группы - Меркурий, Венера, Земля - внутренние планеты, они ближе всего расположены к Солнцу.

В общем случае каждую из планет можно охарактеризовать по девяти основным параметрам:

- расстояние от Солнца;
- период обращения вокруг Солнца;
- период обращения вокруг своей оси;
- средняя плотность (г/см^3);
- диаметр экватора в километрах;
- относительная масса (масса Земли принимается за 1);
- температура поверхности;
- число спутников;
- преобладание газа в атмосфере.

Планеты Земной группы состоят в основном из горных пород и тяжелых металлов, имеют ядро из тяжелых металлов, в основном, из железа. Ядро окружено мантией силикатных пород. Планеты Земной группы также имеют изменяющийся ландшафт, например, вулканы, каньоны, горы и кратеры. Еще одна общая черта планет земной группы: у них очень мало спутников, либо они совсем отсутствуют.

Меркурий и Венера не имеют спутников, у Земли – один спутник, у Марса – два крошечных спутника. Планеты Земной группы не имеют планетарных колец.

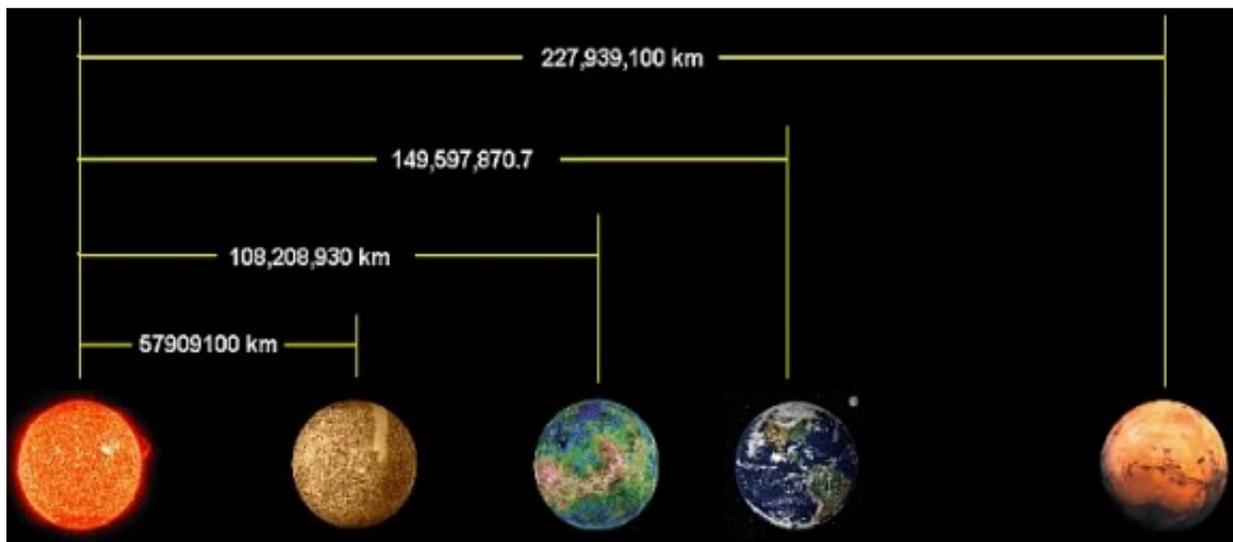


Рисунок 2.31 - Графическое представление расстояния от Солнца до каждой из планет земной группы

Атмосфера на планетах может меняться от толстой атмосферы диоксида углерода у Венеры до почти полного отсутствия таковой у Меркурия. Венера имеет очень плотную атмосферу, в основном состоящую из углекислого газа и сернистых соединений. Атмосфера Марса, наоборот, чрезвычайно разрежена и бедна кислородом и азотом. Давление у поверхности Венеры почти в 100 раз больше, а у Марса почти в 150 раз меньше, чем у поверхности Земли.

Ближайшей к Солнцу планетой является Меркурий. Он состоит из большого железного ядра, расплавленной каменистой мантии и твердой коры.

Меркурий – самая малая планета в земной группе. Эта планета не смогла сохранить атмосферу в составе, характерном для Земли, Венеры и Марса. Ее атмосфера крайне разрежена и содержит Ar, Ne, He.

По внешнему виду Меркурий напоминает Луну. Его поверхность испещрена кратерами и огромными уступами (высотой до 3 км), сформировавшимися в результате остывания планеты и сжатия поверхности. Сила тяжести на Меркурии в два раза меньше земной. Температуры до 350 °С на освещенной Солнцем стороне сменяются до -170 °С на ночной стороне.

Венера по размерам, массе и плотности сходна с Землей. Однако из-за очень плотной атмосферы, пропускающей солнечное излучение и не выпускающей его обратно, на Венере давно действует парниковый эффект. В результате этого эффекта температура поверхности Венеры составляет $400^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$ и поверхность Венеры сияет так ярко, что она занимает 3 место по яркости (после Солнца и Луны) среди всех видимых с Земли объектов.

На Венере и Марсе в атмосфере содержится большое количество углекислого газа при очень малом содержании кислорода и паров воды – все это характерные признаки отсутствия жизни на данных планетах. Нет жизни и на Меркурии: отсутствие кислорода, воды и высокая дневная температура препятствуют развитию живых систем.

Марс – четвертая по удалённости от Солнца и седьмая по размерам планета Солнечной системы. Марс назван в честь древнегреческого бога войны. Иногда Марс называют «красной планетой» из-за красноватого оттенка поверхности, придаваемого ей оксидом железа.

У Марса есть два небольших естественных спутника – Фобос и Деймос, неправильной формы (Фобос – $26,8 \times 22,4 \times 18,4$ км, Деймос – $15 \times 12,2 \times 10,4$ км).

Марс обращается вокруг Солнца по орбите радиусом 1,524 а.е. за 687 земных суток. Расстояние до Солнца меняется в течение года на 21 миллион километров, а энергия, которую получает Марс, изменяется в 1,45 раза, средняя скорость движения составляет 24,1 км/с. Расстояния от Земли меняются от 55 до 400 млн км. Расстояния между Землей и Марсом в моменты противостояний изменяются от 55 до 102 миллионов км, при этом все противостояния, когда расстояние между двумя планетами меньше 60 млн км, называются великими противостояниями, они повторяются каждые 15 – 17 лет.

Период вращения вокруг оси – звездные сутки – равен 24,62 часа – всего на 41 минуту больше периода вращения Земли. Наклон экватора к орбите: $25^{\circ}12'$ (у Земли – около 23°). Это значит, что смена дня и ночи и смена времён года на Марсе протекает почти так же, как на Земле. Есть там и климатические пояса, подобные земным. Но есть и отличия. Из-за удалённости от Солнца климат суровее земного.

Год Марса почти вдвое длиннее земного. Из-за эксцентриситета орбиты длительность и характер сезонов на Марсе заметно отличаются в северном и южном полушариях. Таким образом, в северном полушарии лето долгое, но прохладное, а зима короткая и мягкая, тогда как в южном полушарии лето короткое, но тёплое, а зима долгая и суровая.

Масса планеты составляет 0,107 массы Земли ($6,4 \cdot 10^{23}$ кг), плотность равна $3,94 \text{ г/см}^3$, а радиус в два раза меньше, чем у Земли – 3 397 км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты составляет $g = 3,72 \text{ м/с}^2$. Марс на небе, как и все внешние планеты, виден лучше всего в периоды противостояний. Марс может быть как ярче Юпитера, так и слабее его, хотя обычно в этом споре гигантская планета сильнее.

Исследование внутреннего строения Марса показали, что ядро Марса имеет массу до 9% массы планеты. Оно состоит из железа и его сплавов и пребывает в жидком состоянии. Марс имеет мощную кору толщиной 100 км. Между ними находится силикатная мантия, обогащенная железом.

Предполагают, что несколько миллиардов лет назад на Марсе была атмосфера плотностью 1–3 бар; при таком давлении вода должна находиться в жидком состоянии, а углекислый газ должен испаряться. Мог возникнуть парниковый эффект (как на Венере), могли протекать реки, которые и оставили русла, наблюдаемые в настоящее время. Особенностью марсианских рек была их взаимосвязь с явлениями, похожими на карст, – уход под поверхность в какой-нибудь точке. Но Марс постепенно терял атмосферу из-за малой массы. Парниковый эффект уменьшался, появилась вечная мерзлота и полярные шапки, которые наблюдаются и поныне. Вулканы Олимп и Альба, гора Аскрийская, Павлина и Арсия извергали лаву, вероятно, около 1,5 млрд лет назад. В настоящее время не найдено ни одного действующего вулкана на Марсе. Следы вулканического пепла на склонах других гор позволяют предположить, что раньше Марс был вулканически активным.

У Марса разреженная атмосфера. Основная составляющая атмосферы Марса – углекислый газ (95 %), а среднее давление атмосферы на уровне поверхности около

6,1 мбар. Это в 15 000 раз меньше, чем на Венере, и в 160 раз меньше, чем у поверхности Земли. В самых глубоких впадинах давление достигает 12 мбар. Зимой углекислота замерзает, превращаясь в сухой лед. Хотя атмосфера Марса не губительна для землян, понадобится специальное оборудование, чтобы выделить из нее кислород для дыхания. В атмосфере Марса обнаружены редкие облака. Однако даже вся атмосферная влага, если бы она выпала на поверхность, покрыла бы ее слоем не толще 0,01 мм.

Над низинами и на дне кратеров в холодное время суток стоят туманы, а в 1979 году зарегистрировано выпадение снега, пролежавшего несколько месяцев.

На Марсе зарегистрировано слабое магнитное поле (магнитная индукция $B = 0,5$ мкТл).

Температура поверхности грунта во время летнего солнцестояния может подниматься до 0°C . Самая низкая температура была зарегистрирована над зимней полярной шапкой Марса: $t = -139^{\circ}\text{C}$, при такой температуре конденсируется углекислый газ. Для Марса характерен резкий перепад температур. В так называемых оазисах, в районах озера Феникс (плато Солнца) и земли Ноя перепад температур составляет от -53°C до $+22^{\circ}\text{C}$ летом и от -103°C до -43°C зимой. Итак, Марс – это весьма холодный мир, однако климат там ненамного суровее, чем в Антарктиде.

Исследования Марса показали, что на его поверхности есть древние высокогорья, покрывающие южное полушарие, и молодые равнины на севере. Особенности рельефа Марса можно считать ударные кратеры наподобие лунных, а также вулканы, долины, пустыни и полярные ледниковые шапки наподобие земных.

Кратеров на севере значительно меньше. Вблизи экватора в районе Фарсида обнаружены высокие вулканы, один из которых – Олимп – высочайшая гора в Солнечной системе (его высота – 27 400 м, а диаметр основания вулкана достигает 600 км). Около Олимпа есть и другие гигантские вулканы: гора Аскрийская, гора Павлина и гора Арсия, высота которых превышает 20 км. Вытекшая из них лава, прежде чем застыть, растеклась во все стороны, поэтому вулканы по форме

напоминают, скорее, лепешки, а не конусы.

На Марсе зафиксированы песчаные дюны, гигантские каньоны и разломы, а также метеоритные кратеры. Наиболее грандиозная система каньонов – долина Маринера длиной 4 тысячи километров – начинается от Фарсиды и тянется к востоку.

Поверхность Марса имеет красноватый цвет из-за больших примесей окислов железа. Лежащие повсюду каменные глыбы – куски вулканических пород, отколовшиеся во время марсотрясений или падения метеоритов. Время от времени попадаются кратеры – остатки метеоритных ударов.

В настоящее время на Марсе нет жидкой воды. Однако, скорее всего, белые полярные шапки, обнаруженные в 1704 году, состоят из водяного льда с примесью твердой углекислоты. Зимой они простираются на треть (южная полярная шапка – на половину) расстояния до экватора. Весной этот лед частично тает, а от полюсов к экватору распространяется волна потемнения, которую раньше принимали за марсианские растения. По современным представлениям, общий объем заключенного в полярной шапке северного полушария льда – примерно 1,5 млн. км³, следовательно, в талом виде этот лед никак не мог образовывать гигантский океан, который, по мнению многих исследователей, некогда покрывал чуть ли не все северное полушарие Марса. Таким образом, остается загадкой, куда подевалась вода, которая некогда изобиловала на ныне засушливой планете. Остается открытым вопрос и о существовании каких-либо форм жизни на Марсе в отдаленном прошлом.

2.11 Планеты-гиганты

В группу планет гигантов Солнечной системы входят: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Кроме Нептуна – это планеты-гиганты.

Планеты-гиганты очень быстро вращаются вокруг своих осей. Например, менее 10 ч требуется огромному Юпитеру, чтобы совершить один оборот. Причем у планет-гигантов экваториальные зоны вращаются быстрее, чем полярные.

Результатом быстрого вращения является большое сжатие планет-гигантов вдоль оси вращения, которое заметно и при визуальных наблюдениях. Так, если разность экваториального и полярного радиусов Земли составляет 21 км, то у Юпитера она равна 4400 км.

Планеты-гиганты находятся далеко от Солнца, и независимо от характера смены времен года на них всегда господствуют низкие температуры. На Юпитере вообще нет смены времен года, поскольку ось этой планеты почти перпендикулярна к плоскости ее орбиты.

Планеты-гиганты отличаются большим числом спутников; у Юпитера их обнаружено к настоящему времени 67, у Сатурна – 62, у Урана – 27 и у Нептуна – 14. Замечательная особенность планет-гигантов – кольца, которые открыты не только у Сатурна, но и у Юпитера, Урана и Нептуна.

Важнейшая особенность строения планет-гигантов заключается в том, что эти планеты не имеют твердых поверхностей (рис. 2.32). Такое представление хорошо согласуется с малыми средними плотностями планет-гигантов, их химическим составом (они состоят в основном из легких элементов – водорода и гелия), быстрым зональным вращением и другими данными.

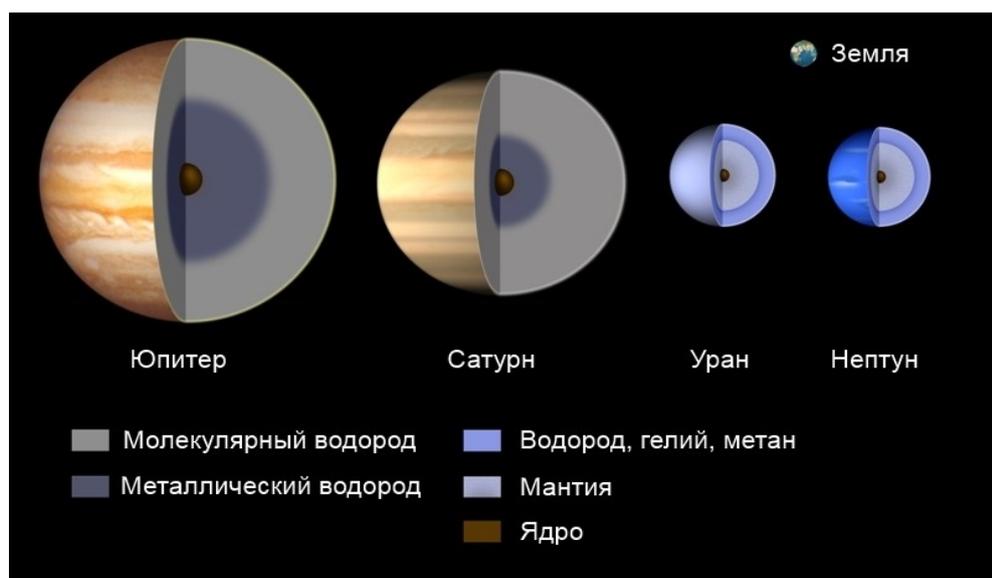


Рисунок 2.32 - Структура планет гигантов

Следовательно, все, что удастся наблюдать на Юпитере и Сатурне, происходит в протяженных атмосферах этих планет. На Юпитере даже в небольшие телескопы заметны полосы, вытянутые вдоль экватора. В верхних слоях водородно-гелиевой атмосферы Юпитера в виде примесей встречаются химические соединения (например, метан и аммиак), углеводороды (этан, ацетилен), а также различные соединения (в том числе содержащие фосфор и серу), окрашивающие детали атмосферы в красно-коричневые и желтые цвета.

Таким образом, по своему химическому составу планеты-гиганты резко отличаются от планет земной группы. Это отличие связано с процессом образования планетной системы.

Совокупность всех имеющихся сведений о планетах-гигантах дает возможность построить модели внутреннего строения этих небесных тел, т. е. рассчитать, каковы плотность, давление и температура в их недрах. Например, температура вблизи центра Юпитера достигает нескольких десятков тысяч градусов.

Юпитер (рис. 2.33) пятая по расстоянию от Солнца и самая большая планета Солнечной системы – находится в среднем на расстоянии 5,2 а.е. от Солнца. Масса Юпитера в три раза превосходит массу всех остальных планет Солнечной системы. Юпитер – это мощный источник теплового радиоизлучения, обладающий радиационным поясом и обширной магнитосферой. Планета имеет 16 спутников и окружена кольцом шириной около 6 тыс. км.

В центре Юпитера находится небольшое каменное ядро. Его окружает вначале слой металлического водорода, по свойствам напоминающего жидкий металл, затем слой жидкого водорода. Плотная атмосфера Юпитера состоит из водорода, гелия, метана и аммиака и по толщине в 8-10 раз превосходит земную атмосферу. Если попытаться высадиться на Юпитер, то космический аппарат будет долго тонуть в атмосфере, однако посадки так и не произойдет.

Газ в атмосфере Юпитера участвует в сложном движении, которое сопровождается образованием и распадом вихрей. Предполагается, что наблюдаемое

на Юпитере около 300 лет Большое красное пятно (овал с полуосями 15 и 5 тыс. км) тоже представляет собой огромный и очень устойчивый вихрь. Потоки движущегося газа и устойчивые пятна видны и на снимках Сатурна, переданных автоматическими межпланетными станциями.



Рисунок 2.33 – Изображение Юпитера, полученное космическим аппаратом Кассини [V]

Из 16 спутников Юпитера наиболее известны четыре, открытые еще Галилеем. Это Ио, Европа, Ганимед и Каллисто (рис. 2.34). Ио по размерам чуть больше Луны. Мощные приливные гравитационные воздействия со стороны Юпитера, Европы и Ганимеда разогревают ядро Ио, и поэтому он является самым геологически активным телом Солнечной системы. На нём находится более 400 действующих вулканов. У некоторых вулканов выбросы серы и диоксида серы настолько сильны, что поднимаются на высоту 500 километров.



Рисунок 2.34 - Наиболее крупные спутники Юпитера. Слева направо, в порядке удаления от Юпитера: Ио, Европа, Ганимед, Каллисто [V]

Сатурн – вторая по величине планета в Солнечной системе. Сатурн окружен кольцами, хорошо видимыми в телескоп. Их впервые наблюдал в 1610 г. Галилей с помощью созданного им телескопа. В начале 1980-х гг. с помощью космического зонда «Вояджер» было выяснено, что кольца состоят из огромного количества кусков льда, пыли и камней. Кольца представляют собой плоскую систему.

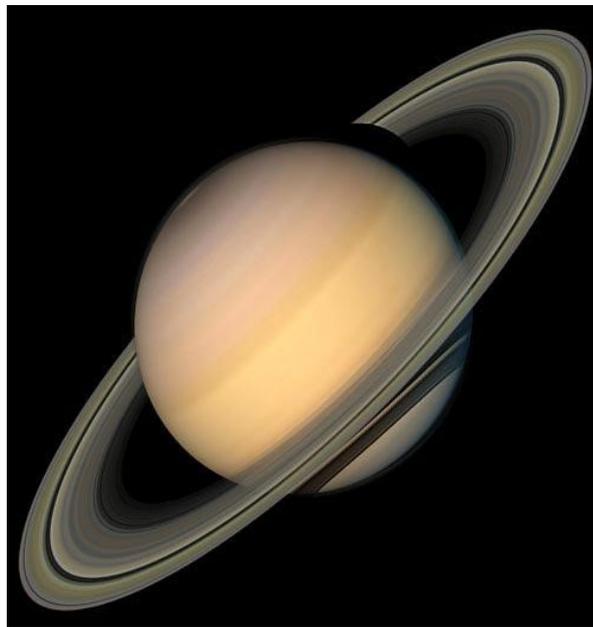


Рисунок 2.35 - Планета Сатурн

Сатурн имеет 17 спутников, из которых Титан обладает плотной атмосферой и радиационным поясом. У Сатурна самая низкая плотность среди планет Солнечной

системы. Его небольшое ядро из льда и камня окружено слоями металлического и жидкого водорода.

Спутник Сатурна Энцелад геологически активен. Это одно из трёх небесных тел во внешней Солнечной системе (наряду со спутником Юпитера Ио и спутником Нептуна Тритоном), на которых наблюдались активные извержения, которые выбиваются, по-видимому, из-под поверхностного жидкого водного океана.

Уран – седьмая по порядку удаления от Солнца планета Солнечной системы. Вокруг Урана вращается 15 спутников: 5 из них открыты с Земли, а 10 наблюдались с помощью космического аппарата «Вояджер-2». Уран имеет систему колец.

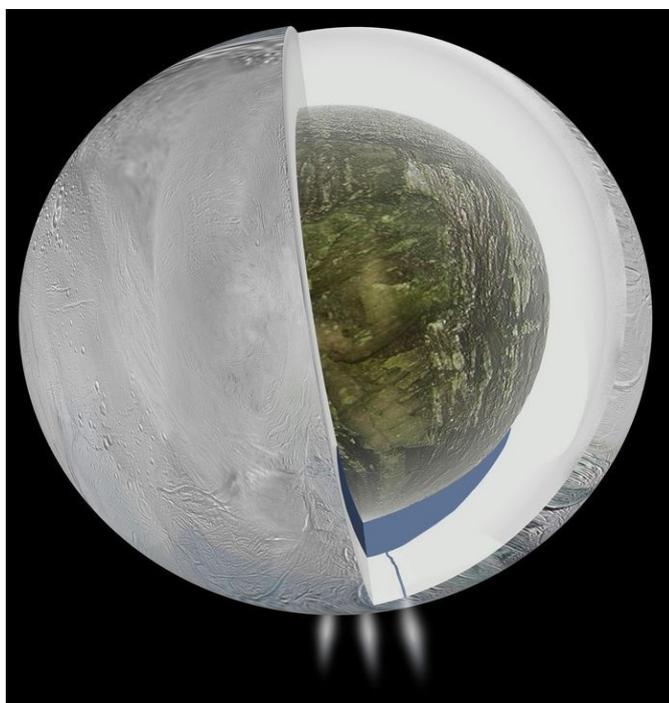


Рисунок 2.37 - Спутник Сатурна – Энцелад [V]

Нептун – одна из самых удаленных от Солнца планет – находится на расстоянии от него около 30 а.е. Период обращения ее на орбите – 164,8 года. Нептун имеет шесть спутников. Удаленность от Земли ограничивает возможности его исследования.

Карликовая планета *Плутон* не относится ни к земной группе, ни к планетам-гигантам. Это сравнительно небольшая планета: ее диаметр около 3000 км. Плутон имеет три спутника (Харон, Гидра, Никта). Его спутник, примерно в 3 раза меньший по диаметру, движется на расстоянии всего около 20000 км от центра планеты,

совершая один оборот за 4,6 суток.

Особое место в Солнечной системе занимает Земля – единственная живая планета.

2.12 Астероиды и кометы

Помимо планет в Солнечной системе имеется огромное множество мелких спутников, называемых астероидами, кометами и метеорами.

Астероиды представляют собой скалистые обломки, которые остались с начала формирования нашей Солнечной системы около 4,6 миллиардов лет назад. К настоящему времени в Солнечной системе обнаружены сотни тысяч астероидов.

Популяция астероидов неоднородна. Большинство астероидов движутся по орбитам, близким к круговым, между орбитами Марса и Юпитера (пояс астероидов).

Известны как минимум 150 астероидов, имеющих собственные спутники (некоторые сразу по два). Первая открытая система с астероидом и спутником на его орбите: астероид Ида и ее спутник Дактиль.

Дни и годы на астероидах делятся по-разному. Например, один день на астероиде Ида занимает 4,6 часа (время, необходимо астероиду, чтобы совершить один полный оборот вокруг своей оси). Ида совершает полный оборот вокруг Солнца (год на астероиде) за 4,8 земных года.

Сталкиваясь друг с другом, астероиды дробятся на метеориты.

Астероиды представляют собой малые тела, имеющие в поперечнике диаметр до 1000 км. Всего в астрономических каталогах их зафиксировано более 6000, самым крупным является астероид Церера. Он был открыт в первый день XIX века сицилийским астрономом Пиацци. Открытие носило случайный характер, но послужило толчком к разработке Гауссом классического метода определения орбит по трем наблюдениям и метода наименьших квадратов, благодаря которым удалось вычислить орбиту Цереры спустя почти год после первых наблюдений. В настоящее время число известных астероидов стремительно растет.

Помимо астероидов, движущихся по орбитам, Солнечную систему пересекают кометы. В переводе на русский слово «комета» означает «хвостатая звезда».

Кометами называют небольшие небесные тела, движущиеся в межпланетном пространстве и обильно выделяющие газ при сближении с Солнцем. Кометы – остатки формирования Солнечной системы, переходная ступень к межзвездному веществу. Согласно современным данным, кометы являются побочными продуктами формирования планет-гигантов.

Все или почти все кометы являются составными частями Солнечной системы. Они, как и планеты, подчиняются законам тяготения, но движутся весьма своеобразно. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении (которое называют «прямым») по почти круговым орбитам, лежащим примерно в одной плоскости (эклиптики). Кометы движутся как в прямом, так и обратном направлениях по сильно вытянутым (эксцентричным) орбитам, наклоненным под различными углами к эклиптике. Именно характер движения сразу выдает комету.

Вдали от Солнца кометы обычно не имеют «хвостов», но иногда имеют еле видимую «кому», окружающую «ядро»; вместе их называют «головой» кометы (рис. 2.37). С приближением к Солнцу голова увеличивается и появляется хвост.

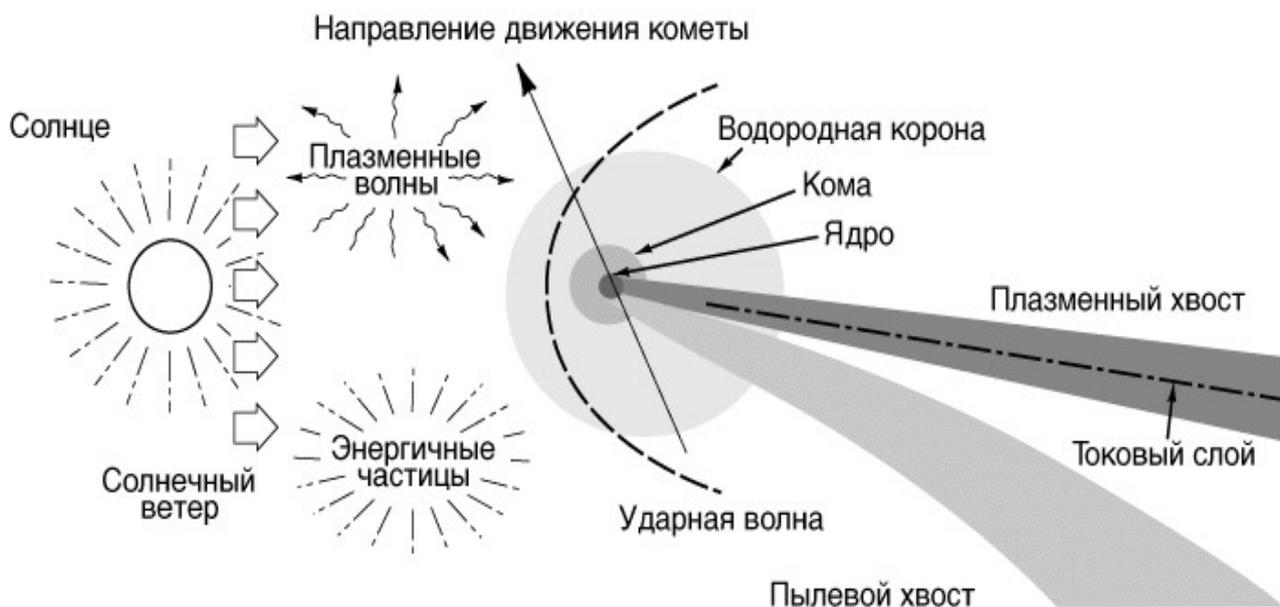


Рисунок 2.37 - Структура кометы

В центре комы располагается ядро – твердое тело или конгломерат тел диаметром в несколько километров. Ядра комет – это остатки первичного вещества Солнечной системы, составлявшего протопланетный диск. Поэтому их изучение помогает восстановить картину формирования планет, включая Землю. Практически вся масса кометы сосредоточена в ядре, она в миллиарды раз меньше земной. Согласно модели Ф. Уиппла, ядро кометы состоит из смеси различных льдов, в основном водяного льда, с примесью замерзших углекислоты, аммиака и пыли. Эту модель подтверждают как астрономические наблюдения, так и прямые измерения с космических аппаратов.

Когда комета приближается к Солнцу, ее ядро нагревается, и льды сублимируются, т.е. испаряются без плавления. Образовавшийся газ разлетается во все стороны от ядра, унося с собой пылинки и создавая кому. Разрушающиеся под действием солнечного света молекулы воды образуют вокруг ядра кометы огромную водородную корону. Помимо солнечного притяжения на разреженное вещество кометы действуют и отталкивающие силы, благодаря которым образуется хвост. На нейтральные молекулы, атомы и пылинки действует давление солнечного света, на ионизованные молекулы и атомы это давление действует сильнее. Это иногда приводит к образованию у кометы двойного хвоста.

Самая известная из всех периодических комет, которая движется по удлиненной эллиптической орбите вокруг Солнца, возвращаясь к Земле каждые 75,5 лет – Комета Галлея. Она наблюдалась 30 раз с 239 г. до н.э. Самое близкое к нам (и наиболее яркое) появление кометы Галлея было отмечено в 837 г. Последний раз она появилась в 1986 г. и в следующий раз будет наблюдаться в 2061 г.

Одна из самых ярких комет XX века – комета Хейла-Боппа (рис. 2.38) выделяется очень большим размером. Она открыта Аланом Хейлом и Томасом Боппом 22 июля 1995 г. По оценкам, ее ядро имеет в поперечнике 90 км, а максимальная длина ионного хвоста составила 148 млн км. Период обращения составляет 2380 лет.



Рисунок 2.38 Комета Хейла-Боппа (24 марта 1997 года)

Кометы живут сравнительно недолго: от нескольких столетий до нескольких тысячелетий, со временем рассыпаются, оставляя после себя облака космической пыли.

Кроме астероидов и комет в межпланетном пространстве беспорядочно движутся небольшие небесные тела, которые довольно часто попадают в земную атмосферу. Самые мелкие из них – метеоры – имеют массу от нескольких десятков килограммов до нескольких граммов, более крупные – метеориты – достигают нескольких десятков тонн. Большинство из них полностью сгорает в верхних слоях атмосферы на высоте 40 –70 км, а самые крупные могут достигать земной поверхности, оставляя на ней кратеры.

2.13 Солнце – ближайшая звезда

Солнце – центральное тело нашей планетной системы, ближайшая к Земле звезда, представляет собой раскаленный плазменный шар, температура поверхности которого около 6000 К, во внутренних слоях она значительно выше. Это гигантский источник энергии: мощность излучения его очень велика – около $3,86 \cdot 10^{23}$ кВт. Ежесекундно Солнце излучает такое количество тепла, которого вполне хватило бы,

чтобы растопить слой льда, окружающий земной шар, толщиной в тысячу км.

По классификации звезд Солнце относится к желтым карликам. Радиус Солнца ~ 691000 км, масса $\sim 2 \cdot 10^{30}$ кг, что составляет $\sim 99,86\%$ массы всей Солнечной системы. Плотность солнечного вещества $\sim 1,4 \cdot 10^{-6}$ г/м³. Из 70 обнаруженных на Солнце химических элементов большую часть массы составляют водород (74%) и гелий (25%).

Звездный (сидерический) период его вращения вокруг собственной оси, определенный по движению точек экватора, составляет 25,4 суток. Вместе со всей Галактикой солнечная система движется вокруг ее центра со скоростью около 200 км/с, совершая полный оборот примерно за 200 миллионов лет.

Солнце играет исключительную роль в возникновении и развитии жизни на Земле. На Землю попадает ничтожная часть солнечной энергии, благодаря которой поддерживается газообразное состояние земной атмосферы, постоянно нагреваются поверхности суши и водоемов, обеспечивается жизнедеятельность животных и растений. Часть солнечной энергии запасена в недрах Земли в виде каменного угля, нефти, природного газа.

В недрах Солнца при огромнейших температурах – около 15 млн. градусов – и чудовищных давлениях протекают термоядерные реакции, которые сопровождаются выделением огромного количества энергии. Одной из таких реакций может быть синтез ядер водорода, при котором образуются ядра атома гелия. Подсчитано, что в каждую секунду в недрах Солнца 564 млн т водорода преобразуются в 560 млн т гелия, а остальные 4 млн т водорода превращаются в излучение. Почти вся энергия Солнца генерируется в его центральной области, откуда переносится излучением, а затем во внешнем слое – передается конвекцией.

Поверхность Солнца (рис. 2.39) излучает потоки невидимых ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, а также элементарных частиц. Хотя количество тепла и света, посылаемого на Землю Солнцем, на протяжении многих

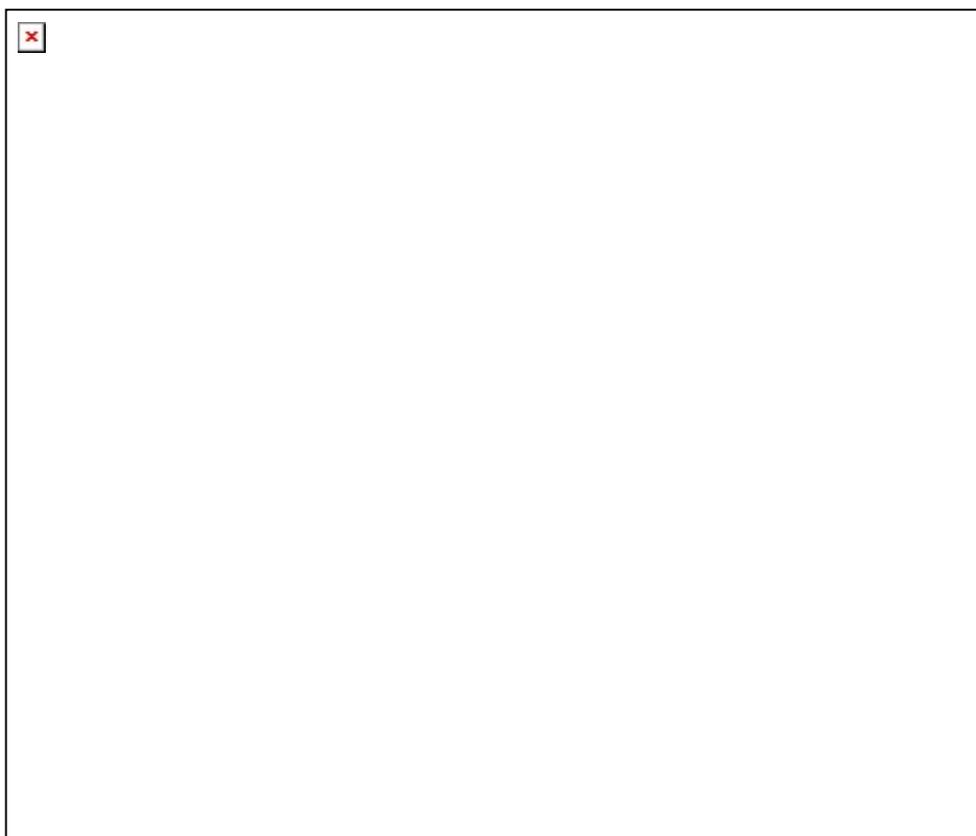


Рисунок 2.39 – Структура Солнца

сотен миллиардов лет остается постоянным, интенсивность его невидимых излучений значительно меняется в зависимости от уровня солнечной активности. Солнечная активность циклически изменяется с периодом в 11 лет. Их периодичность составляет 11 лет. В годы наибольшей активности увеличивается число пятен и вспышек на солнечной поверхности, а на Земле возникают магнитные бури, наблюдаются полярные сияния, усиливается ионизация верхних слоев атмосферы.

Солнце оказывает заметное влияние не только на такие природные процессы, как погода, земной магнетизм, но и на биосферу – животный и растительный мир Земли, в том числе и на человека.

Условно в «атмосфере» Солнца выделяют фотосферу, хромосферу и корону, схематично изображенные на рисунке 2.39.

Конвекционные потоки, поднимаясь от центра и более горячей внутренней части фотосферы, перемешивают нижние более нагретые и внешние более холодные слои солнечной атмосферы. Вследствие этого на ее поверхности периодически образуются и исчезают нестационарные образования – гранулы, факела, вспышки, протуберанцы, темные пятна, появление которых сопровождается магнитными аномалиями. Их количество в наиболее активных областях циклически изменяется. Вместе с ними изменяется и солнечная активность, которая выражается в интенсивности выбрасываемых за пределы Солнца потоков различных видов излучений и элементарных частиц.

Возникающий солнечный ветер (рис. 2.40), состоящий в основном из протонов, электронов и α -частиц, вызывает сильные возмущения вблизи планет, особенно тех, которые обладают магнитным полем (например, Земля, Юпитер). Из-за солнечного ветра Солнце теряет каждую секунду около одного миллиона тонн вещества. Магнитное поле Земли защищает нас и всё живое от губительного воздействия солнечного ветра.

В настоящее время с использованием мощной вычислительной техники построено несколько моделей эволюции Солнечной системы из первичного газопылевого комплекса.

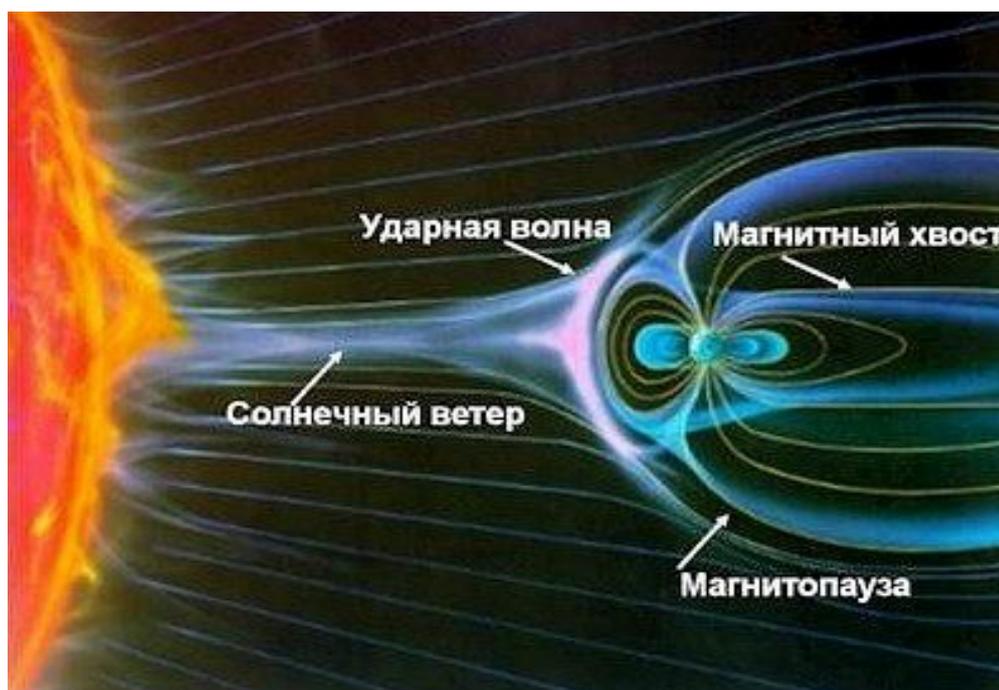


Рисунок 2.40 – Взаимодействие солнечного ветра и магнитосферы Земли

Предположительно его первоначальная масса составляла от 2 до 10 солнечных масс. Под действием сил гравитации он начинал сжиматься, при этом его плотность и температура увеличивались, возникали неоднородности, вследствие которых комплекс разрывался на отдельные фрагменты. Выделилось центральное ядро – протосолнце и экваториальная область, которая с течением времени под действием центробежных сил уплощалась и превращалась в диск – протопланетное облако. Вследствие дальнейшего сжатия протосолнце разогрелось до температуры, при которой стала возможной термоядерная реакция преобразования водорода в гелий, и превратилось в звезду.

К настоящему времени примерно половина водорода в ядре Солнца преобразовалась в гелий. Этот процесс будет продолжаться еще примерно 3,5 млрд лет. Когда водород в ядре Солнца практически полностью превратится в гелий, начнется горение водорода в слое вокруг ядра. При этом Солнце начнет раздуваться. Его радиус увеличится примерно на 40%, а светимость удвоится.

Через полтора миллиарда лет, поверхность Солнца станет в 3.3 раза больше чем сейчас, а температура опустится до 4300 градусов Кельвина. Солнце будет выглядеть с Земли как большой оранжевый шар. Температура Земли при этом

поднимется на 100 градусов и все моря испарятся, так что не останется наблюдателей этой грандиозной картины. В последующие 250 миллионов лет радиус Солнца вырастет в 100 раз, и его светимость возрастет более чем в 500 раз. Оно займет практически пол неба на планете, которая когда-то была Землей.

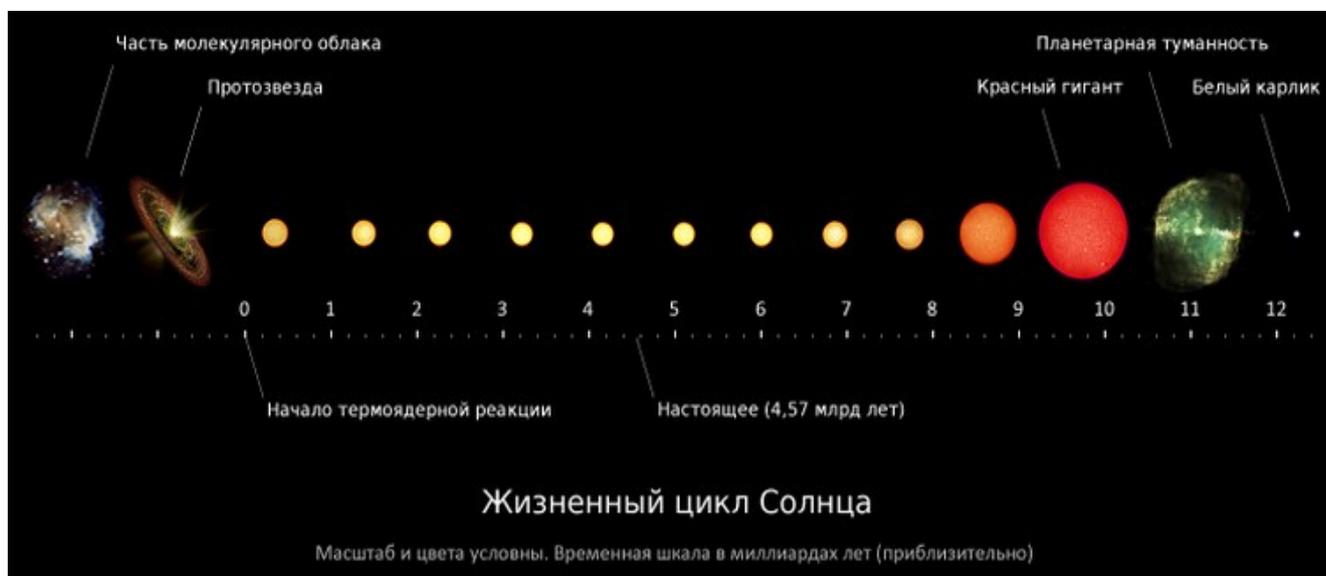


Рисунок 2.41 – Жизненный цикл нашего Солнца

Температура ядра возрастет так высоко, что начнет протекать реакция превращения гелия в углерод. Возможно, этот процесс будет носить взрывной характер и одна треть солнечной оболочки будет рассеяна в космосе. Солнце станет ярче, и все внешние его слои будут унесены в космос очень сильным солнечным ветром. Это явление называют образованием планетарной туманности. Примеры таких объектов часто наблюдаются в космосе.

После этого останется практически только ядро бывшего Солнца, так называемый белый карлик, имеющий массу в два раза меньшую, чем масса современного Солнца, но с ненормально высокой плотностью вещества: 2 тонны на кубический сантиметр. Этот белый карлик будет медленно остывать, превращаться в черный карлик и это будет конец Солнца (рис. 2.41).

Излучение Солнца – основной источник энергии на Земле. Его мощность характеризуется солнечной постоянной – количеством энергии, проходящей через

единичную площадку, перпендикулярную солнечным лучам. На расстоянии в одну астрономическую единицу (то есть на орбите Земли) эта постоянная равна приблизительно $1,37 \text{ кВт/м}^2$.

Проходя сквозь атмосферу Земли, солнечное излучение теряет в энергии примерно 370 Вт/м^2 , и до земной поверхности доходит только 1000 Вт/м^2 (при ясной погоде и когда Солнце находится в зените). Эта энергия используется в различных естественных и искусственных процессах. Так, растения, используя её, посредством фотосинтеза синтезируют органические соединения с выделением кислорода. Прямое нагревание солнечными лучами или преобразование энергии с помощью фотоэлементов может быть использовано для производства электроэнергии (солнечными электростанциями) или выполнения другой полезной работы. Путём фотосинтеза в далёком прошлом сформировались запасы нефти, газа, угля и других видов ископаемого топлива.

3 Естественнонаучные знания о веществе

- Природные запасы сырья.
- Природные запасы нефти, угля, газа.
- Биомасса. Древесина.
- Современные материалы.

3.1 Природные запасы сырья

Основная масса сырья для промышленности добывалась и добывается из недр земной коры. Современным средствам массовой добычи доступна толщина верхнего слоя земной коры составляет от 1 до 2 км. В таком сравнительно тонком слое содержится не менее 20 000 Ткг железа, 40 Ткг² меди, 48 Ткг цинка, 7,2 Ткг свинца и т. д. Более 98 % поверхностного, физически доступного слоя земной коры

² 1 Ткг = 1 триллион кг = 10^{12} кг

составляет вещество, состоящее из всего лишь восьми химических элементов (%): кислород - 47, кремний - 27,5, алюминий - 8,8, железо - 4,6, кальций - 3,6, натрий - 2,6, калий - 2,5 и магний - 2,1.

Содержание химических элементов в земной коре хотя и велико, но из-за рассеянности слишком мало для повсеместной рентабельной добычи. Рентабельные месторождения, где сосредоточены существенные запасы полезных ископаемых, встречаются редко, и они неравномерно распределены по земному шару. Ни одна страна на планете не располагает всеми нужными видами сырья в достаточном количестве. На территории России находятся многие наиболее важные виды ценного природного сырья.

Многие промышленно развитые страны вынуждены ввозить сырье. Например, в США около 1/3 потребностей в марганце, хrome, кобальте, олове и 90 % потребности в алюминиевом сырье удовлетворяются за счет импорта. Все большее количество свинца, цинка, вольфрама, меди, железной руды США приходится импортировать.

Запасы сырья, добываемые с помощью современных технических средств, во всем мире быстро исчерпываются. Ресурсы Земли хотя и велики, но ограничены, поэтому человеческое сообщество не сможет долго развиваться на основе традиционных методов добычи и использования сырья. Добываемые химические элементы после использования не уничтожаются, а переходят в другие соединения, мало пригодные для экономического оборота.

Решающую роль в сбережении природных ресурсов должны сыграть не только новые способы добычи, но и новейшие химические технологии, которые позволят использовать более доступное и дешевое сырье с необычным элементным составом. Можно привести не один пример, когда новые химические технологии спасали от кризиса промышленное производство. Так было с производством стекла. Содовая технология, предложенная в 1789 г., направила в новое русло производство стекла во Франции, для которого применялось ранее калиевое сырье, вырабатываемое из древесины, что привело в свое время к почти полному истреблению лесных массивов во Франции.

Более 80 % мировых сырьевых ресурсов и топлива потребляются в наше время только 1/3 частью населения Земли.

Потребность в сырье очень быстро растет не только в развивающихся, но и в промышленно развитых странах. Такую возрастающую потребность могут удовлетворить:

- разработка новых месторождений, в том числе на морских шельфах, а также добыча сырья, содержащегося в морской воде;
- освоение бедных месторождений;
- утилизация отходов;
- замена дефицитного сырья.

Морские шельфы, находящиеся на глубине до 200 м и занимающие огромные площади, в ближайшем будущем станут источником многих видов сырья.

В недрах Земли содержится достаточное количество металлов, но их доля в соединениях, из которых они могут быть извлечены для промышленных целей, весьма ограничена. При современных масштабах добычи основные запасы таких металлов, как свинец, медь, золото, цинк, олово, серебро и уран уже в ближайшие десятилетия могут быть исчерпаны. В то же время железо, марганец, хром, никель, молибден, кобальт и алюминий будут добываться в достаточном количестве даже в середине XXI в.

Самое необходимое, важное и широко потребляемое из всего металлического сырья – *железо* – четвертый по распространенности в земной коре элемент. Его общие запасы оцениваются примерно в 12 Ткг, а разведанные и используемые мировые запасы составляют всего около 100 Ткг. Наибольшими запасами железных руд располагают Россия (примерно 40 % всех руд), Австралия, Канада, США и Бразилия. В одной только Курской магнитной аномалии сосредоточено около 30 Ткг железных руд, т. е. почти 1/3 известных мировых запасов.

Медь – второй по практической значимости металл. Ежегодная потребность меди составляет около 50 Гкг³. Если учесть, что запасы меди в известных

³ 1 Гкг = 10⁹ кг

месторождениях составляют 210 Гкг – 250 Гкг, а всего может быть добыто 1 Ткг – 2 Ткг, то следует ожидать, что в ближайшем будущем запасы меди будут исчерпаны. Около 37 % залежей меди находится в Чили.

Медь как электропроводящий материал может быть заменена легким металлом – *алюминием*, занимающим третье место по распространенности в земной коре. Хотя в целом запасы алюминия велики – около 8,8 % массы земной коры, однако только 0,008 % этой массы содержится в бокситах, мировые запасы которых оцениваются в 6 Ткг. Примерно 1/3 запасов сосредоточена в Австралии. При ежегодном производстве алюминия 15 Гкг – 30 Гкг и темпах его роста до 9 % запасов бокситов хватит надолго. Тем не менее, в настоящее время разрабатываются методы промышленного извлечения алюминия из повсеместно распространенных и практически неисчерпаемых пород: глины, алюмосиликатов вулканических пород, содержащих до 10 % алюминия.

Запасы другого важнейшего легкого металла – *магния* – достаточно велики – около 2,1 % массы земной коры. С учетом сегодняшних потребностей запасов магния хватит на долгое время.

В обыденной жизни относительно редко встречаются такие металлы, как титан, неодим, литий, рубидий, европий, тантал и другие, но в природе их не так уж мало. Например, природных запасов рубидия примерно в 45 раз больше, чем свинца. Слово «редкий» часто означает, что тот или иной металл добывается в относительно небольших количествах, так как известны очень небольшие пригодные для его рентабельной разработки месторождения.

Титан – коррозионностойкий металл. Иногда его считают достойным соперником алюминия и стали. Применение титана в химической промышленности за последние десятилетия резко возросло.

Тантал – необходимый компонент особо прочных кислото- и термостойких сплавов.

Платина, палладий и родий широко применяются в качестве катализаторов. Существенная часть родия и палладия извлекается из радиоактивных отходов. Таким же способом можно получить теллур-99 – весьма ценный материал для

производства сверхпроводников и предотвращения коррозии металлов и сплавов. Например, при весьма незначительной концентрации (до 0,1 мг/л) теллура железные изделия не ржавеют ни в водных, ни в солевых растворах даже при повышенной температуре.

Предполагается, что добыча сырья некоторых металлов уже в ближайшем будущем существенно возрастет за счет запасов на морском шельфе. На глубине менее 130 м находятся морские отложения, содержащие благородные и тяжелые металлы: олово, золото, платину, железо, вольфрам, хром и др. Например, железные и марганцевые тихоокеанские конкреции содержат в среднем около 25 % марганца и железа, а концентрация никеля, меди, кобальта и титана составляет 1,5–3,5 %. Общие запасы таких конкреций составляют более 1500 Ткг, при ежегодном пополнении в 0,01 Ткг.

В морских водах Земли растворены около 4,5 Ткг урана, примерно по 3 Ткг марганца, ванадия и никеля, 6 Ткг золота (около 1000 кг на каждого жителя планеты!). Однако концентрация их сравнительно мала. Тем не менее, если в будущем промышленное опреснение морской воды будет производиться в больших масштабах, то отходы солей, обогащенные в 3–4 раза, могут стать сырьем, вполне пригодным для извлечения содержащихся в нем металлов.

Если металлы представляют практический интерес преимущественно в элементном состоянии, то *неметаллы – сера, фосфор, азот, кислород, хлор и др.* – ценны в образуемых ими соединениях. Несмотря на возрастающий спрос на различные химические продукты, огромные запасы неметаллического сырья вполне достаточны для обеспечения химической промышленности в течение относительно длительного периода времени.

Кроме элементной серы и серной руды – пирита (FeS_2), широко применяемого для производства серы, многие содержащие серу минералы встречаются в больших количествах и во многих местах земной поверхности. вполне рентабельной является добыча и переработка гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ангидрита (CaSO_4) и кизерита ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). В перспективе баланс серы будет сохраняться в результате переработки отходящих газов сернистых производств, количество серы в которых

существенно превышает потребности промышленности.

Доступные для разработки современными средствами фосфорные месторождения содержат около 60 Ткг фосфорного сырья P_2O_5 . Около 2/3 промышленной фосфорной продукции приходится на страны СНГ и США.

Один из важнейших видов неметаллического сырья – *азот*. Он входит в состав белков, широко применяется для производства удобрений и других промышленных продуктов. Хотя в земной коре доля азота сравнительно мала (около 0,03 %), а его расходы относительно велики, проблема истощения вряд ли возникнет, поскольку окружающая нас атмосфера содержит около 78 % азота.

Не менее важным химическим сырьем является *кислород*. Многие химические реакции – процессы окисления – протекают при прямом или косвенном участии этого элемента. Кислород – это самый распространенный элемент. Его доля в земной коре составляет приблизительно 47 %. Однако значительная часть кислорода связана в виде различных оксидов, в том числе и продуктов сгорания. Атмосферный кислород составляет лишь около 0,013 % общего количества. Однако этого достаточно для полного превращения в оксид органической массы углерода, которая примерно в 1650 раз превосходит ныне существующую. Запасы кислорода постоянно обновляются благодаря процессам жизнедеятельности растений. Например, 1 га леса поставляет около 60 тонн кислорода в год. Кислород пополняется и при ультрафиолетовом расщеплении паров воды в атмосфере.

С увеличением объема производства соляной кислоты и винилхлорида потребность в следующем неметаллическом сырье – *хлоре* – постоянно возрастает. Запасов хлорного сырья вполне достаточно. Огромное количество хлора имеется в соляных залежах и в морской воде, одна тонна которой содержит 30 кг NaCl.

Все большее практическое значение для развития общества приобретают искусственные строительные материалы: *гипс, цемент, бетон и др.* Необходимое для таких материалов сырье (песок, гравий, щебень, глина, галька, известняк, доломит) имеется в сравнительно больших количествах повсеместно. Проблема заключается не в количестве сырья, а в его территориальном расположении.

Для производства большинства химических продуктов требуется *вода*. Она

служит растворителем, теплоносителем и исходным сырьем для получения кислорода и водорода.

Каковы же водные ресурсы нашей планеты? Океаны, моря, реки, озера и лед покрывают около 75% поверхности Земли. Если все количество воды, по некоторым оценкам составляющее 1386 млн м³, равномерно распределить по поверхности земного шара, то толщина слоя воды окажется равной примерно 2700 м. На долю же пресной воды в такой водяной массе приходится всего 2,5%. Расходуется лишь небольшая часть пресной воды, совершающей непрерывный круговорот в природе. В то же время водные ресурсы неравномерно распределены, и часть их находится в непригодном для непосредственного потребления состоянии из-за большого содержания минеральных солей (что определяется природными условиями) и из-за высокой степени загрязнения. Поэтому водоснабжение населения сопряжено с проблемами транспортировки, очистки и сохранения чистоты природных вод.

Углерод по распространенности в природе занимает тринадцатое место. На его долю приходится 0,087 % массы земной коры, или 20 000 Ткг, из которых около 99,5 % содержится в карбонатных породах (карбонатах кальция и магния); 0,47 % составляет диоксид углерода в атмосфере и в воде, 0,02% приходится на уголь, нефть и газ и 0,01 % – на биосферу.

Рациональное использование запасов углерода возможно при выполнении следующих условий:

- химические технологии должны обеспечить синтез разнообразных необходимых соединений из любого имеющегося углеродного сырья;
- для химической промышленности следует применять огромные запасы повсеместно встречающихся карбонатов;
- извлекать углерод, связанный в органических ископаемых соединениях, для энергетики.

В действительности и энергетика, и химическая промышленность интенсивно потребляют горючие ископаемые – в основном уголь, нефть и газ. Причем получение углеводородов из нефти и газа экономически гораздо более выгодно, чем из угля. Производительность труда в нефтехимии примерно в 12–16 раз выше, чем в

химии карбонатов.

Быстрыми темпами растет потребление природного газа. Он используется для производства электроэнергии и бытовых нужд, а также как сырье для промышленного производства ацетилен, формальдегида, метанола, синильной кислоты, водорода и т. п. Общие ресурсы природного газа оцениваются в 120000 млрд м³. Из них на территории России обнаружено около 80 000 млрд м³. При потреблении 1500 млрд м³ в год, природного газа, как полагают некоторые ученые, хватит приблизительно на 80 лет. По другим оценкам, истощение запасов природного газа произойдет гораздо раньше.

На смену нефти и природному газу придет уголь, и лидирующее место займет химия угля. В последние десятилетия разрабатываются эффективные методы переработки угля. В частности, предложен способ эффективного производства моторного топлива из угля. Запасы угля хотя и огромны, но все-таки ограничены.

Чего же следует ожидать после истощения богатых ресурсов природного газа, нефти и угля? Вероятно, большее внимание будет уделяться химии карбонатов. Химические превращения карбонатов станут энергетически более приемлемыми. Уже наметились пути уменьшения затрат энергии при их переработке. На стадии разработки находится каталитический метод превращения углекислого газа CO₂ воздуха в простые органические соединения без высоких температур и давления. Не следует забывать о 2 Ткг углерода, накопленного в биосфере. Растительный мир Земли можно рассматривать как непрерывно работающие химические фабрики, потребляющие энергию Солнца. При разумном хозяйствовании их продукции может хватить на продолжительный период времени. В этой связи фотосинтез как важнейший природный процесс должен стать объектом пристального внимания ученых и разработчиков.

Полезные сырьевые запасы Земли при современных темпах их потребления быстро истощаются. Одновременно накапливается огромное количество отходов промышленных предприятий, городов и многочисленных населенных пунктов. Одна из главных задач современных промышленных и хозяйственных предприятий – включить отходы в промышленный цикл, что, естественно, будет способствовать

сохранению природных ресурсов.

Среди многообразия вторичного сырья металлы занимают первое место по потреблению. За счет них покрывается существенная доля потребностей промышленности.

Весомый сырьевой потенциал представляют зола и шлаки, остающиеся после сжигания угля. Лишь незначительное количество таких отходов находят применение, в то время как на их ликвидацию расходуются большие средства. Определенную часть золы, например, можно было бы использовать в качестве наполнителя цемента. Так, 1,3 тонны золы бурого угля, извлеченной из дымовых газов, заменяет 1 тонну цемента. Кроме того, такая зола содержит 5–30 % окиси железа, около 30 % извести и заметное количество коксованного остаточного угля. Железная руда, известь и кокс – это главные сырьевые компоненты для металлургии. Следовательно, большое практическое значение имеет извлечение железа и силикатных материалов из зольного и шлакового вторичного сырья.

Из нефтяных отходов в хозяйственный цикл возвращается 25–35 %, хотя уровень повторного их применения может быть гораздо выше.

В настоящее время выпускаются большие объемы продукции из пластмасс. Однако не все виды пластмасс поддаются утилизации. Если полистирол, поливинилхлорид и другие пластмассы успешно возвращаются в промышленность (из них изготавливают различного рода покрытия) то полиуретан и различные искусственные волокна гораздо труднее поддаются переработке.

Сбор и переработка вторичного сырья, конечно, требуют вполне определенных капиталовложений, но следует помнить, что применение некоторых видов вторичного сырья обходится все же дешевле, чем переработка первичного сырья, накопленного в течение длительного времени в недрах Земли. Утилизация вторичного сырья, т. е. обеспечение новой жизни старым вещам, предметам и изделиям, – вовсе не признак бедности, а свидетельство, прежде всего, разумного ведения хозяйства в государственном масштабе.

3.2 Природные запасы нефти, угля, газа

Существуют четыре основных вида ископаемых энергоносителей: каменный уголь, нефть, природный газ, уран. В таблице 3.1 приведены примерные значения теплотворной способности этих видов топлива.

Таблица 3.1 - Теплотворная способность ископаемых топлив

Топливо	Теплотворная способность, ГДж
1 т каменного угля	30,5
1 т нефти	46,6
1000 м ³ природного газа	38,5
1 т бензина	47,0

Каменный уголь представляет собой смесь углеродсодержащей массы, воды и некоторых минералов. Он образуется из торфа в результате длительных бактериологических и биохимических процессов. В превращении торфа в различные виды каменного угля большую роль играют температура и давление. Действие проточных вод приводит к появлению в пластах каменного угля большего или меньшего количества инородных минералов, которые перемешиваются с углеродсодержащей массой. Эта масса защищена от воздействия воздуха накрывающим ее пластом породы.

Существуют два способа разработки месторождений каменного угля. При разработке открытым способом пласт каменного угля очищается от слоя настиляющей породы с помощью экскаваторов, которые используются затем для погрузки угля на транспортные средства. При разработке каменного угля подземным способом сооружается вертикальная шахта или горизонтальная выработка (штольня) в склоне горы, ведущие к пласту каменного угля. Каменный уголь извлекается из пласта посредством взрывной отбойки или с помощью механических рыхлителей и затем перегружается в вагонетки или на транспортеры.

Нефть является природной смесью углеводородов, которая при обычном

давлении находится в жидком состоянии, однако она содержит растворенные летучие углеводороды, которые высвобождаются и образуют скопления (шапки) в верхней (ближней к поверхности земли) части залежи.

При переработке нефти получают лигроин, смазочные масла, мазут и нефтяной кокс.

Мазут представляет собой смесь тяжелых жидких углеводородов, остающихся после перегонки нефти. Его состав зависит от состава сырой нефти и технологии ее перегонки. Наряду с каменным углем и природным газом, мазут используется в качестве топлива в коммунальном хозяйстве и в промышленности. Он давно вытеснил каменный уголь как топливо для морских и речных судов.

Нефтяной кокс - твердая компонента, остающаяся после перегонки нефти. Эта твердая масса обычно содержит от 5 до 20% летучих веществ, от 80 до 90% связанного углерода, около 1% золы и немного серы. Нефтяной кокс находит применение в ряде отраслей промышленного производства, например, как сырье для изготовления угольных электродов и пигментов для красителей. Он представляет большую ценность как источник тепла, поскольку имеет высокую теплотворную способность. В больших количествах нефтяной кокс используется как асфальтовый гудрон.

Природный газ является смесью углеводородов, состоящей главным образом из представителей метанового ряда и содержащей небольшие добавки других газов, таких, как азот, двуокись углерода, сероводород и иногда гелий. Обычно основным в природном газе является метан, однако иногда имеются значительные примеси этана и, в меньшей степени, более тяжелые углеводороды.

В природе встречаются газы, почти целиком состоящие из двуокиси углерода, однако такие газы не обладают свойством горючести. Различают два типа природных горючих газов – сухие и влажные. Сухие газы состоят в основном из метана и иногда содержат также этан и пропан, однако они не содержат более тяжелых углеводородов, которые могут конденсироваться при сжатии. Влажные горючие газы содержат различные количества природного газолина, пропана и бутана, которые можно извлечь посредством сжатия или экстрагирования.

Газоконденсаты состоят в основном из пропана и бутана, которые извлекаются из природного газа в отстойниках. Их получают также на нефтеперерабатывающих заводах, где они называются сжиженными очистными газами. Газы любого происхождения, обладающие высокой летучей способностью, легко преобразовать в жидкое состояние, повышая давление. Затем эти конденсаты можно транспортировать через трубопроводы и в железнодорожных и автоцистернах. Их можно хранить под землей в искусственных или естественных резервуарах или на поверхности земли в специальных резервуарах.

Таблица 3.2 - Рейтинг стран по запасам природных ресурсов

Страна	Общая стоимость ресурсов, триллионов \$	Запасы нефти, баррелей, млрд.	Запасы природного угля триллионов м ³	Запасы древесины, миллионов акров
Россия	75,7	60	47,58	1950
США	45	-	272,5	750
Саудовская Аравия	34,4	266,7	258,5	-
Канада	33,2	178,1	-	775
Иран	27,3	136,2	991,6	-
Китай	23	-	-	450
Бразилия	21,8	-	-	1200
Австралия	19,9	-	-	369
Ирак	15,9	115	111,9	-
Венесуэла	14,3	99,4	170,9	-

«-» означает, что страна не входит в десятку стран богатейших по этому ресурсу.

В современных энергетических установках, основанных на принципе ядерного деления, в качестве топлива используется **уран**. Уран добывается из земных недр, где его доля составляет приблизительно $4 \cdot 10^{-6}$. Урановая руда

перерабатывается и обогащается; в топливе для атомного реактора концентрация изотопа урана с массовым числом 235 должна составлять 2 % – 4 %. Отработанное ядерное топливо можно переработать и снова получить некоторые расщепляемые материалы. Кроме того, на основе концепции реактора-размножителя (бридера) можно намного более эффективно использовать природный уран, преобразуя нерасщепляемый изотоп урана с массовым числом 238, в расщепляемый плутоний-239. В этом процессе и торий, присутствующий в природном ядерном топливе, также можно преобразовать в расщепляемый изотоп урана. В природе уран-235 встречается в незначительных количествах, так что нужды в ядерном топливе будут, по-видимому, удовлетворяться с помощью бридерных реакторов.

3.3 Биомасса. Древесина

Биомасса – один из потенциальных источников энергоресурсов. Из нее в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий (анаэробы – организмы живущие в отсутствии атмосферного кислорода – многие бактерии, некоторые черви, моллюски), ежегодно в атмосферу выделяется 500 млн т – 800 млн т метана, что эквивалентно 0,6 млн т – 1,0 млн т высококачественной нефти. Однако практическое применение анаэробных процессов для производства метана как источника энергии из биомассы, включающей различные растительные отходы (древесные отходы, побочные сельскохозяйственные продукты, пищевые отходы и т. п.), сдерживается относительно небольшой их скоростью и высокой чувствительностью к кислотности среды.

Применение биомассы как источника углеводородного топлива или химического сырья особенно важно, если учесть, что в составе атмосферы наблюдается повышение концентрации углекислого газа, приводящего к парниковому эффекту. Сжигание биомассы не приводит к существенному нарушению баланса углекислого газа в атмосфере: весь углерод биомассы, превращающийся при ее сгорании в углекислый газ, извлекается из воздуха в процессе роста биомассы. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере за

последние десятилетия обуславливается сжиганием чрезвычайно большого количества минерального топлива.

Возможно, в скором будущем в результате специальных операций генной инженерии удастся выращивать растения, пополняющие продовольственные ресурсы и биомассу. Такие растения будут интенсивно расти при повышенном потреблении углекислого газа, что естественно будет сдерживать увеличение углекислого газа в атмосфере.

Древесина - сравнительно твердый и прочный волокнистый материал, скрытая корой основная часть стволов, ветвей и корней деревьев и кустарников. Состоит из бесчисленных трубковидных клеток с оболочками в основном из целлюлозы, прочно сцементированных пектатами кальция и магния в почти однородную массу. В природном виде используется в качестве строительного материала и топлива, а в размельченном и химически обработанном виде – как сырье для производства бумаги, древесноволокнистых плит, искусственного волокна.

В состав древесины входит ряд сложных органических соединений. Полный химический анализ показывает, что она содержит около 50% углерода, 6% водорода и 44% кислорода. Стенка клетки имеет сетчатую структуру из взаимосвязанных длинноцепных молекул целлюлозы, наполненную другими углеводородами (гемицеллюлозами), а также лигнином и различными экстрактивными веществами. Цементирующим межклеточным веществом являются в основном пектаты кальция и магния, а в клеточных полостях, особенно в древесине лиственных пород, накапливаются смолы, камеди, жиры, танины, пигменты и минеральные вещества. В состав древесины входит 45 % – 60 % целлюлозы, 15 % – 35 % лигнина и 15 % – 25 % гемицеллюлоз. Количество инородных, экстрактивных веществ в значительной мере зависит от породы и неодинаково в заболони и ядровой древесине. Содержание минеральных веществ (зольность) древесины обычно значительно меньше 1%.

Лесные массивы – не только источник громадных природных энергоресурсов, но и основные поставщики кислорода, необходимого для обеспечения жизнедеятельности чрезвычайно большого множества живых организмов.

Лесная древесина – превосходный строительный материал и органическое

сырье для производства многих ценных продуктов.

Для разных целей используется чуть больше половины растительной массы – древесины. Ветки, пни, листья деревьев остаются в лесу, а опилки, стружка чаще всего составляют отходы деревообрабатывающей промышленности. В производстве целлюлозы лишь 1/4 общей биомассы деревьев переходит в конечный продукт, при этом теряется большое количество весьма ценных ароматических соединений. В этой связи одна из важнейших задач потребителей древесины – более эффективная ее переработка.

Древесина служит сырьем не только для бумажной промышленности, но и для производства строительных и столярных пиломатериалов, белковой массы, активированного угля, множества медикаментов и т. п. Но все-таки большая часть древесины идет на производство бумаги и картона. Отработана технология переработки использованной бумаги и картона, и их утилизация особенно важна: 50 тыс. тонн макулатуры экономят 120 тыс. м³ древесины и тем самым сберегают 500 гектар леса. К сожалению, таким ценным вторичным сырьевым материалом часто пренебрегают.

Часто лесные массивы истребляются пожарами или беспощадно вырубаются. Например, в Бразилии ежегодно вырубается около 15 тыс. м³ тропического леса. Во многих странах древесина – один из основных источников тепловой энергии.

Россия – единственная в мире лесопромышленная страна, где занятые под леса площади не уменьшаются, а растут. Причина в том, что за последние годы вырубка леса у нас существенно сократилась. Из России теперь не отгружается бесплатно крепезный лес шахтам Донбасса, шпалы железным дорогам Средней Азии и ценные породы дерева мебельным фабрикам Польши и Венгрии.

Древесина сегодня, как это не удивительно, в огромных количествах используется как топливо, даже в развитых странах. Это происходит в относительно холодной Финляндии, лидирующей в использовании древесины на топливо, и в теплой Франции, где сжигается почти четверть заготавливаемой в стране древесины (французы очень любят сидеть у камина!). Но особенно много древесины идет на дрова в бедных странах Азии и Африки, где в сельских районах нередко нет ни газа,

ни электричества и дерево – единственный источник тепла для отопления жилища и приготовления пищи.

В Бангладеш, например, на топливо используется почти вся добываемая древесина, в результате в самом ближайшем будущем этой стране грозит настоящая экологическая и энергетическая катастрофа. Весьма тяжелая ситуация складывается и в Индии, где на дрова переводят более 90% добываемой древесины. Ведь там дрова идут не только на приготовление пищи и на отопление, но и на огромные костры (как правило, из ценных пород дерева), в которых по традиции сжигают умерших.

В России, несмотря на суровый климат и отнюдь не повсеместный комфорт, на дрова переводится не более 21 % добываемой древесины. Одна из причин – рост цены на лесоматериалы из тех пород дерева, которые идут на производство мебели.

Однако, основная и постоянно увеличивающаяся ценность лесов – это их способность поглощать углекислый газ и выделывать кислород. Промышленные выбросы углекислоты от заводов, электростанций и автомобилей уже давно не полностью компенсируются фотосинтезом земной растительности. Накапливаясь в атмосфере, вредные газы не только становятся причинами кислотных осадков и ускоренной коррозии металлов, но и способны вызвать на нашей планете глобальное изменение климата. Грозящее ей потепление чревато заметным поднятием уровня Мирового океана, а, следовательно, затоплением миллионов квадратных километров земли и многих десятков городов.

Избежать этой опасности можно разными способами, к примеру, оснащать производства системами, поглощающими углекислоту и вредные газы. Однако это очень дорого, тогда как леса очищают воздух бесплатно. Уже подсчитано, что один гектар леса поглощает такое количество вредных газов, на техническую очистку от которого надо затратить **более** трех тысяч долларов. В Организации Объединенных Наций выдвигалась идея о необходимости введения налога на углекислоту с тем, чтобы тратить эти средства на сохранение лесов. Однако большинство стран предпочло использовать очистительные способности чужих лесов задаром.

3.4 Современные материалы

Современные достижения естественных наук и, прежде всего физики, химии, биологии позволили создать материалы, обладающие уникальными свойствами. Сегодня эти материалы с успехом применяются во всех отраслях промышленности, строительстве, медицине, информационных технологиях и прочно вошли в нашу жизнь. К ним, в первую очередь, относятся искусственно созданные композиционные материалы, которые состоят из двух или более компонентов, различающихся по составу и разделенных выраженной границей.

Чаще всего они производятся путем использования порошковых технологий.

Компонент, непрерывный во всем объеме композиционного материала, называется матрицей. Компонент прерывистый, разделенный в объеме матрицы, называется арматурой. Матрица придает требуемую форму изделию, защищает арматуру от механических повреждений и других воздействий среды. В качестве матриц в композиционных материалах могут быть использованы металлы и их сплавы, полимеры органические и неорганические, керамические, углеродные и другие материалы.

Свойства матрицы определяют технологические параметры процесса получения композиционного материала и его эксплуатационные характеристики: плотность, удельную прочность, рабочую температуру, сопротивление усталостному разрушению и воздействию агрессивных сред. Армирующие или упрочняющие компоненты равномерно распределены в матрице. Они, как правило, обладают высокой прочностью, твердостью и модулем упругости и по этим показателям значительно превосходят матрицу. Вместо термина армирующий компонент используется часто термин наполнитель.

Композиционные материалы классифицируют по геометрии наполнителя, расположению его в матрице, природе компонентов.

По геометрии наполнителя композиционные материалы подразделяются на три группы:

- с нуль-мерными наполнителями, размеры которых в трех измерениях имеют

один и тот же порядок;

- с одномерными наполнителями, один из размеров которых значительно превышает два других;
- с двумерными наполнителями, два размера которых значительно превышают третий.

По схеме расположения наполнителей также выделяют три группы композиционных материалов:

- с одноосным (линейным) расположением наполнителя в виде волокон, нитей, нитевидных кристаллов в матрице параллельно друг другу;
- с двухосным (плоскостным) расположением армирующего наполнителя, матов из нитевидных кристаллов, фольги в матрице в параллельных плоскостях;
- с трехосным (объемным) расположением армирующего наполнителя и отсутствием преимущественного направления в его расположении.

По природе компонентов композиционные материалы разделяются на четыре группы:

- композиционные материалы, содержащие компонент из металлов или сплавов;
- композиционные материалы, содержащие компонент из неорганических соединений оксидов, карбидов, нитридов и др.;
- композиционные материалы, содержащие компонент из неметаллических элементов, углерода, бора и др.;
- композиционные материалы, содержащие компонент из органических соединений эпоксидных, полиэфирных, фенольных и др.

Свойства композиционных материалов зависят не только от физико-химических свойств компонентов, но и от прочности связи между ними. Максимальная прочность достигается тогда, когда между матрицей и арматурой образуются твердые растворы или химические соединения.

В композиционных материалах с нуль-мерным наполнителем наибольшее распространение получила металлическая матрица. Композиты на металлической основе упрочняются равномерно распределенными дисперсными частицами. Такие

материалы обладают изотропными свойствами. В них матрица воспринимает всю нагрузку, а дисперсные частицы наполнителя препятствуют развитию пластической деформации. Эффективное упрочнение достигается при содержании 5...10 % частиц наполнителя. Армирующими наполнителями служат частицы тугоплавких оксидов, нитридов, боридов, карбидов.

Дисперсионно упрочненные композитные материалы получают методами порошковой металлургии или вводят частицы армирующего порошка в жидкий расплав металла или сплава.

Широкое распространение получили *материалы порошковой металлургии*. *Порошковая металлургия* это область техники, охватывающая процессы получения порошков металлов и металлоподобных соединений и процессы изготовления из них изделий без расплавления.

Характерной особенностью порошковой металлургии является применение исходного материала в виде порошков, из которых прессованием формуется изделия заданной формы и размеров. Полученные заготовки подвергаются спеканию при температуре ниже температуры плавления основного компонента.

Основными достоинствами технологии производства изделий методом порошковой технологии являются:

- возможность изготовления деталей из тугоплавких металлов и соединений, когда другие методы использовать невозможно;
- значительная экономия металла за счет получения изделий произвольной формы, в минимальной степени нуждающихся в последующей механической обработке (отходы составляют не более 1-3 %);
- возможность получения материалов максимальной чистоты;
- простота технологии порошковой металлургии.

Методом порошковой технологии изготавливают *пористые материалы*: антифрикционные и фрикционные, фильтры; конструкционные детали, работающие при высоких температурах и в агрессивных средах. Отличительной особенностью этих материалов является наличие равномерной объемной пористости, которая позволяет получать определенные эксплуатационные свойства.

Промышленное применение нашли композиционные материалы на основе алюминия, упрочненные частицами оксида алюминия (Al_2O_3). Их получают прессованием алюминиевой пудры с последующим спеканием. Дисперсионно упрочненные сплавы, как правило, сохраняют эффект упрочнения до температуры $\sim 0,8$ от температуры плавления. Они удовлетворительно деформируются, легко обрабатываются резанием, свариваются аргонодуговой и контактной сваркой. Из них выпускают полуфабрикаты в виде листов, профилей, труб, фольги, а также лопатки компрессоров, вентиляторов и турбин, поршневые штоки.

В композиционных материалах одномерные наполнители в форме нитевидных кристаллов, волокон, проволоки скрепляются матрицей в единый монолит. Важно, чтобы прочные волокна были равномерно распределены в пластичной матрице. Для армирования композиционных материалов используют непрерывные дискретные волокна с размерами в поперечном сечении от долей до сотен микрометров.

Материалы, армированные нитевидными монокристаллами, были созданы в начале семидесятых годов прошлого века для авиационных и космических конструкций. Основным способом выращивания нитевидных кристаллов является выращивание их из перенасыщенного пара (ПК-процесс). Для производства особо высокопрочных нитевидных кристаллов оксидов и других соединений осуществляется рост по П-Ж-К – механизму: направленный рост кристаллов происходит из парообразного состояния через промежуточную жидкую фазу. Создание нитевидных кристаллов осуществляется также вытягиванием жидкости через фильеры. Прочность кристаллов зависит от сечения и гладкости поверхности.

Композиционные материалы этого типа перспективны как высокожаропрочные материалы. Для увеличения к.п.д. тепловых машин лопатки газовых турбин изготавливают из никелевых сплавов, армированных нитями сапфира (Al_2O_3), это позволяет значительно повысить температуру на входе в турбину (предел прочности сапфировых кристаллов при температуре $1680^\circ C$ выше 700 МПа).

Сопла ракет из порошков вольфрама и молибдена упрочняют кристаллами сапфира в виде войлока или отдельных волокон, в результате чего удается удвоить

прочность материала при температуре 1650 °С. Армирование пропиточного полимера стеклотекстолитов нитевидными волокнами также увеличивает их прочность. Перспективно упрочнение стекла неориентированными нитевидными кристаллами.

Для армирования композиционных материалов применяют металлическую проволоку из сталей разного состава, вольфрама, ниобия, титана, магния – в зависимости от условий работы. Стальная проволока перерабатывается в тканые сетки, которые используются для получения композиционных материалов с ориентацией арматуры в двух направлениях.

Легкие металлы упрочняют волокнами бора, карбида кремния. Особенно ценными свойствами обладают углеродистые волокна, их применяют для армирования металлических, керамических и полимерных композиционных материалов.

Эвтектические композиционные материалы – сплавы эвтектического или близкого к эвтектическому состава, в которых упрочняющей фазой выступают ориентированные кристаллы, образующиеся в процессе направленной кристаллизации. В отличие от обычных композиционных материалов, эвтектические получают за одну операцию. Направленная ориентированная структура может быть получена на уже готовых изделиях. Способами направленной кристаллизации получают композиционные материалы на основе алюминия, магния, меди, кобальта, титана, ниобия и других элементов, поэтому они используются в широком интервале температур.

В *полимерных композиционных материалах* матрицу образуют полимеры, служащие связующими для арматуры, которая может быть в виде волокон, ткани, пленок, стеклотекстолита. Формирование полимерных композиционных материалов осуществляется прессованием, литьем под давлением, экструзией, напылением.

Широкое применение находят смешанные полимерные композиционные материалы, состоящие из металлов и полимеров, дополняющих друг друга по свойствам. Например, подшипники, работающие в условиях сухого трения, изготавливают из комбинации фторопласта и бронзы, что обеспечивает

самосмазываемость и отсутствие ползучести. К настоящему времени созданы материалы на основе полиэтилена, полистирола с наполнителями в виде асбеста и других волокон, обладающие высокими прочностью и жесткостью.

Антифрикционные материалы (пористость 15 % - 30 %), широко применяющиеся для изготовления подшипников скольжения, представляющих собой пористую основу, пропитанную маслом. Масло поступает из пор на поверхность, и подшипник становится самосмазывающимся, не требуется подводить смазку извне. Это существенно для чистых производств (пищевая, фармацевтическая отрасли). Такие подшипники почти не изнашивают поверхность вала, шум в 3-4 раза меньше, чем от шариковых подшипников. Для изготовления используются бронзовые или железные порошки с добавлением графита (1 % - 3 %). Подшипники работают при скоростях трения до 6 м/с при нагрузках до 600 МПа. При меньших нагрузках скорость скольжения может достигать 20 м/с - 30 м/с. Коэффициент трения подшипников – 0,04 - 0,06. Для изготовления используются бронзовые или железные порошки с добавлением графита (1 % - 3 %).

Разработаны подшипниковые спеченные материалы на основе тугоплавких соединений (боридов, карбидов и др.), содержащие в качестве твердой смазки сульфиды, селениды и гексагональный нитрид бора. Подшипники могут работать в условиях вакуума и при температурах до 500 °С.

Фрикционные материалы (пористость 10 % - 13 %) предназначены для работы в муфтах сцепления и тормозах. Условия работы могут быть очень тяжелыми: трущиеся поверхности мгновенно нагреваются до 1200 °С, а материал в объеме – до 500 °С - 600 °С. Спеченные многокомпонентные материалы могут работать при скоростях трения до 50 м/с на нагрузках 350 МПа - 400 МПа. Коэффициент трения при работе в масле – 0,08–0,15, при сухом трении – до 0,7.

По назначению компоненты фрикционных материалов разделяют на группы:

- основа – медь и ее сплавы – для рабочих температур 500 °С – 600 °С;
- железо, никель и сплавы на их основе – для работы при сухом трении и температурах 1000 °С – 1200 °С;
- твердые смазки – предотвращающие микросхватывание при торможении и

предохраняющие фрикционный материал от износа (свинец, олово, висмут, графит, сульфиты бария и железа, нитрид бора);

- материалы, обеспечивающие высокий коэффициент трения – асбест, кварцевый песок, карбиды бора, кремния, хрома, титана, оксиды алюминия и хрома и др.

Из фрикционных материалов изготавливают тормозные накладки и диски. Так как прочность этих материалов мала, то их прикрепляют к стальной основе в процессе изготовления (припекают к основе) или после (приклепывают, приклеивают и т.д.).

Фильтры (пористость 25 % – 50 %) из спеченных металлических порошков по своим эксплуатационным характеристикам превосходят другие фильтрующие материалы, особенно когда требуется тонкая фильтрация. Они могут работать при температурах от $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, быть коррозионностойкими и жаропрочными (можно очищать горячие газы). Спекание позволяет получать фильтрующие материалы с относительно прямыми тонкими порами одинакового размера.

Изготавливают фильтры из порошков коррозионностойких материалов: бронзы, нержавеющей стали, никеля, серебра, латуни и др. Для удовлетворения запросов металлургической промышленности разработаны материалы на основе никелевых сплавов, титана, вольфрама, молибдена и тугоплавких соединений. Такие фильтры работают тысячи часов и поддаются регенерации в процессе работы. Их можно продуть, протравить, прожечь.

Фильтрующие материалы выпускают в виде чашечек, цилиндров, втулок, дисков, плит. Размеры колеблются от дисков диаметром 1,5 мм до плит размерами 450 мм на 1000 мм. Наиболее эффективно применение фильтров из нескольких слоев с различной пористостью и диаметром пор.

“Потеющие сплавы” – это материалы, через стенки которых к рабочей наружной поверхности детали поступает жидкость или газ. Благодаря испарению жидкости температура поверхности понижается (лопатки газовых турбин). Сплавы выпускаются на основе порошка нихрома с порами диаметром до 10–12 мкм при пористости 30 %. Сплавы этого типа используются и для решения обратной задачи:

крылья самолетов покрывают пористым медно-никелевым слоем и подают через него на поверхность антифриз, препятствующий обледенению.

Пеноматериалы – материалы с очень высокой пористостью (95 % – 98 %). Например, плотность вольфрама 19300 кг/м^3 , а пеновольфрама – всего 3000 кг/м^3 . Такие материалы используют в качестве легких заполнителей и теплоизоляции в авиационной технике.

Типовыми порошковыми деталями из *конструкционных порошковых материалов* являются кулачки, корпуса подшипников, ролики, звездочки распределительных валов, детали пилющих и вычислительных машин и другие. В основном это слабонагруженные детали, их изготавливают из порошка железа и графита. Средненагруженные детали изготавливают или двукратным прессованием – спеканием, или пропиткой спеченной детали медью или латуной. Детали сложной конфигурации (например, две шестерни на трубчатой оси) получают из отдельных заготовок, которые насаживают одну на другую с натягом и производят спекание. Для изготовления этой группы деталей используют смеси железо – медь – графит, железо – чугун, железо – графит – легирующие элементы.

Особое место занимают шестерни и поршневые кольца. Шестерни в зависимости от условий работы изготавливают из железо – графита или из железо – графита с медью или легирующими элементами. Снижение стоимости шестерни при переходе с нарезки зубьев на спекание порошка составляет 30-80 %. Пропитка маслом позволяет обеспечить самосмазываемость шестерни, уменьшить износ. Для повышения износостойкости делают двухслойные кольца: во внешний слой вводят хром и увеличивают содержание графита. Применение таких колец увеличивает пробег автомобильного двигателя, уменьшает его износ и сокращает расход масла.

Высоколегированные порошковые стали, содержащие 20 % хрома и 15 % никеля, используют для изготовления изделий, работающих в агрессивных средах.

Спеченный титан и его сплавы используют в виде полуфабрикатов (лист, трубы, прутки). Титановый каркас пропитывают магнием. Такие материалы хорошо обрабатываются давлением.

Спеченные алюминиевые сплавы используют для изготовления поршней

тяжело нагруженных двигателей внутреннего сгорания и других изделий, длительное время работающих при повышенных температурах, благодаря их повышенной жаропрочности и коррозионной стойкости.

Керамикометаллические материалы (*керметы*) содержат более 50 % керамической фазы. В качестве керамической фазы используют тугоплавкие бориды, карбиды, оксиды и нитриды, в качестве металлической фазы – кобальт, никель, тугоплавкие металлы, стали.

Керметы отличаются жаростойкостью, износостойкостью, твердостью, прочностью. Они используются для изготовления деталей конструкций, работающих в агрессивных средах при высоких температурах (например, лопаток турбин, чехлов термопар).

Электротехнические порошковые материалы делятся на материалы для разрывных контактов и материалы для скользящих контактов.

Материалы разрывных контактов должны быть тепло- и электропроводными, эрозионностойкими при воздействии электрической дуги, не свариваться в процессе работы. Чистых металлов, удовлетворяющих всем этим требованиям, нет. Изготавливают контактные материалы прессованием с последующим спеканием или пропиткой пористого тугоплавкого каркаса более легкоплавким металлом (например, вольфрам пропитывают медью или серебром).

Тяжелонагруженные разрывные контакты для высоковольтных аппаратов делают из смесей вольфрам – серебро – никель или железо – медь. В низковольтной и слаботочной аппаратуре широко используют материалы на основе серебра с никелем, оксидом кадмия и другими добавками, а также медно – графитовые материалы.

Скользящие контакты широко используют в приборах, коллекторных электрических машинах и электрическом транспорте (токосъемники). Они представляют собой пары трения, и должны обладать высокими антифрикционными свойствами, причем контакт должен быть мягче, чем контртело и не изнашивать его, так как заменить скользящий контакт проще, чем коллектор или привод. Для обеспечения антифрикционности, в состав смесей для скользящих контактов вводят

твердые смазки – графит, дисульфид молибдена, гексагональный нитрид бора. Большинство контактов электрических машин изготавливают из меди с графитом. Для коллекторных пластин пантографов используют бронзографитовые контакты. Контакты приборов изготавливают из серебра с графитом, серебра с палладием, никелем, дисульфидом молибдена, вольфрама с палладием.

Различают магнитомягкие и магнитотвердые *порошковые материалы*. *Магнитомягкие* – это материалы с большой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой, легко намагничиваются и теряют намагниченность при снятии магнитного поля. Основной магнитомягкий материал – чистое железо и его сплавы с никелем и кобальтом. Для повышения электросопротивления легируют кремнием, алюминием. Для улучшения прессуемости сплавов вводят до 1 % пластмассы, которая полностью испаряется при спекании. Пористость материалов должна быть минимальной.

Отдельно выделяется группа *магнитодиэлектриков* – это частицы магнитомягкого материала, разделенные тонким слоем диэлектрика – жидкого стекла или синтетической смолы. Таким материалам присущи высокое электрическое сопротивление и минимальные потери на вихревые токи и на перемагничивание. Изготавливаются в результате смешивания, прессования и спекания, особенностью является то, что при нагреве частицы магнитного материала остаются изолированными и не меняют формы. За основу используют чистое железо и его сплавы.

Магнитотвердые материалы – материалы с малой магнитной проницаемостью и большой коэрцитивной силой для изготовления постоянных магнитов. Магниты массой до 100 г изготавливают из порошковых смесей такого же состава, как литые магниты: железо – алюминий – никель (альни), железо – алюминий – никель – кобальт (альнико). После спекания этих сплавов обязательна термическая обработка в магнитном поле.

Высокие магнитные свойства имеют сплавы редкоземельных металлов (церий, самарий, празеодим) с кобальтом и сплавы железа с неодимом и бором. Магниты из сплавов редкоземельных металлов с кобальтом сохраняют свои свойства при

температурах выше комнатной и используются в авиационной и космической технике. Магниты из сплавов на основе неодима и железа широко используются в бытовой технике при температурах близких к комнатной.

В настоящее время получают распространение новые материалы, получаемые с помощью нанотехнологий. Среди них следует выделить фуллерены, нанотрубки, графен, графан, квазикристаллы.

Одним из наиболее важных и удивительных открытий XX века стало открытие *фуллеренов* – новой формы существования углерода. Семейство фуллеренов включает целый ряд атомных кластеров C_n ($n > 20$), представляющих собой построенные из атомов углерода замкнутые выпуклые многогранники с пяти- и шестиугольными гранями. Наименьшим из реально получаемых в чистом виде фуллеренов является C_{60} (рис. 3.1) со структурой правильного усеченного икосаэдра, в котором все пятиугольные грани отделены друг от друга шестиугольными. Вслед за C_{60} в ряду фуллеренов идет C_{70} , а после C_{70} теоретически возможно существование фуллеренов с любым четным числом атомов углерода, так называемых «высших фуллеренов». C_{60} является наиболее распространенным и изучаемым фуллереном.

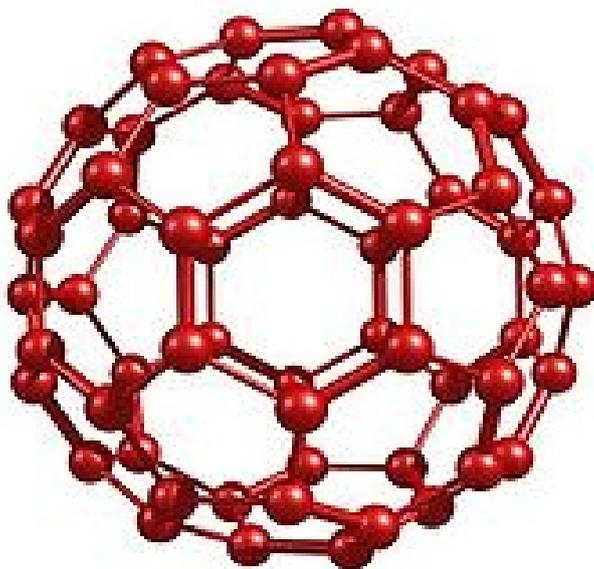


Рисунок 3.1 – Фуллерен C_{60}

С точки зрения химии, фуллерены дают богатые возможности для получения

различных классов производных. Внедрение атомов и малых кластеров внутрь углеродного каркаса приводит к эндодральным фуллеренам, из которых наиболее интересны металлофуллерены.

Известны продукты присоединения к фуллеренам атомов водорода и галогенов, органических радикалов, происходит также присоединение циклов, получены фуллерен-содержащие полимерные материалы и многосферные соединения фуллеренов.

Практический интерес к фуллеренам лежит в разных областях. В настоящее время создаются биологически активные производные фуллерена, которые находят применение в биологии и медицине в качестве антиоксидантов, противоаллергических средств, эффективных средств лечения ВИЧ. Фуллереновые добавки используются при получении искусственных алмазов, аккумуляторов и электрических батарей. Следует отметить, что присутствие фуллерена C_{60} в минеральных смазках инициирует на поверхностях образование защитной фуллерено-полимерной плёнки толщиной 100 нм. Образованная плёнка защищает от термической и окислительной деструкции, увеличивает время жизни узлов трения в аварийных ситуациях в 3-8 раз, термостабильность смазок до 400 °С – 500°С и несущую способность узлов трения в 2-3 раза, расширяет рабочий интервал давлений узлов трения в 1,5-2 раза, уменьшает время приработки контртел.

Легирование C_{60} небольшим количеством щелочного металла приводит к образованию материала с металлической проводимостью, который при низких температурах переходит в сверхпроводящее состояние. Исследуются возможности использования фуллеренов в качестве фоторезиста и материала для полупроводниковой техники.

Углеродные нанотрубки (рис. 3.2) - это протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров (при этом существуют технологии, позволяющие сплести их в нити неограниченной длины), состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей и заканчивающиеся обычно полусферической головкой, которая может рассматриваться как половина молекулы фуллерена.

В настоящее время подобные структуры получены из нитрида бора, карбида кремния, окислов переходных металлов и некоторых других соединений.

Возможные применения нанотрубок: сверхпрочные нити; композитные материалы; транзисторы; нанопровода; прозрачные проводящие поверхности; топливные элементы; соединения между биологическими нейронами и электронными устройствами в новейших нейрокомпьютерных разработках; искусственные мышцы; капсулы для активных молекул, для хранения металлов и газов; нанопипетки; миниатюрными датчиками для обнаружения молекул в газовой среде или в растворах с ультравысокой чувствительностью; светодиоды; дисплеи и многое другое.

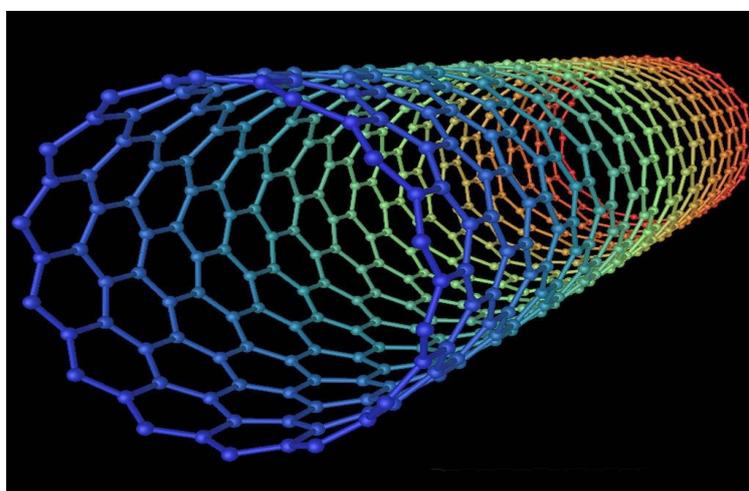


Рисунок 3.2 - Нанотрубка

Графен – двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом. Это самый тонкий материал. Он примерно в 200 раз прочней стали и проводит электричество при комнатной температуре лучше, чем любой другой материал известный человечеству. Высокая подвижность носителей заряда делает его перспективным материалом для использования в самых различных приложениях, в частности, как будущую основу нанoeлектроники и возможную замену кремния в интегральных микросхемах.

Графан (рис. 3.3) – двумерный материал, в котором один атом углерода связан с одним атомом водорода и тремя атомами углерода. Химическая формула $(\equiv\text{CH})_n$. Является гидрогенизированным графеном.

В отличие от своего предшественника графена, обладающего уникально высокой проводимостью, графан – изолятор. Превращение графена из великолепного проводника в изолятор учёные осуществили, присоединив к каждому атому углерода по атому водорода. Новый материал графан обладает той же кристаллической решёткой, что и графен, лишь с меньшим размером ячейки. Важно, что все свойства исходного материала – графена — можно восстановить простым нагревом (отжигом) графана.

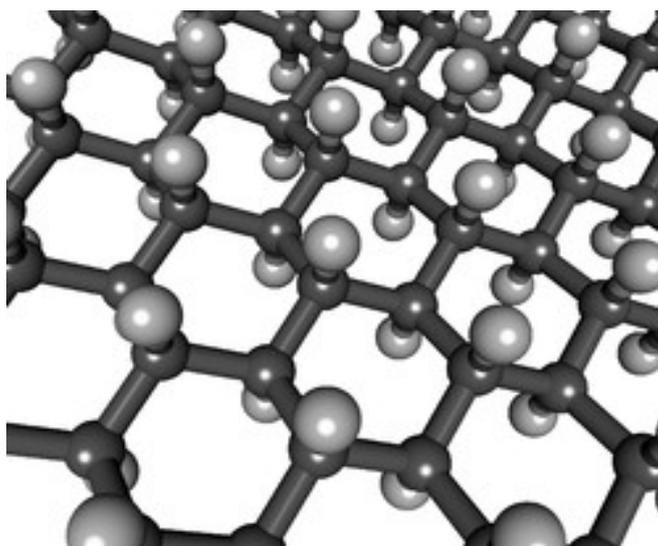


Рисунок 3.3 - Структура графана

Исследователи уверены, что модификация физических свойств графена с помощью химических реакций открывает почти неограниченную перспективу его применения в электронике. Тонко настраивая электронные свойства материала, можно будет производить любые электронные компоненты и устройства из единого, по-настоящему универсального материала. Например, подложка и межкомпонентные соединения могут быть из отлично проводящего графена, а полупроводниковые компоненты – из его химических модификаций.

Благодаря своим свойствам и малой массе, графан поможет решить проблему хранения водорода. А это, как известно, главное препятствие, стоящее на пути зарождающейся водородной энергетики.

Квазикристаллы – твёрдые тела, характеризующиеся особым типом упаковки атомов с икосаэдрической симметрией (то есть с осями 5-го порядка), запрещённой в

классической кристаллографии, и наличием дальнего порядка (рис. 3.4). Квазикристаллы сочетают высокую твердость, износоустойчивость и коррозионную стойкость с низкой теплопроводностью и низким коэффициентом трения. Они обладают способностью укреплять композитные материалы (например, для получения сверхпрочных сталей — иголок для операций по глазам). При охлаждении квазикристалл становится изолятором, а при нагреве – проводником. В настоящее время известны сотни видов квазикристаллов.

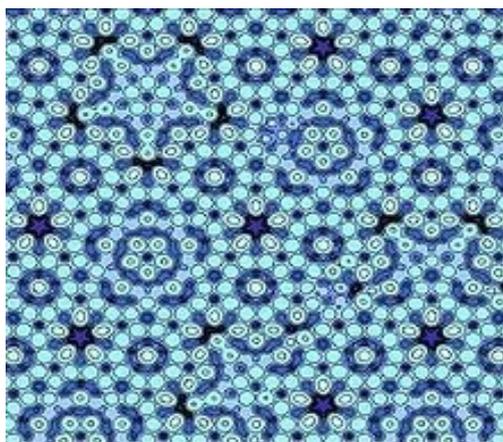


Рисунок 3.4 - Атомная модель квазикристалла Al-Pd-Mn

Естественные науки достигли в наше время поистине грандиозных успехов. Физический мир, доступный исследованию, охватывает ныне фантастический диапазон масштабов от 10^{-24} м (элементарные частицы) до 10^{26} м (метагалактика – часть Вселенной, доступная современным методам исследования).

Список использованных источников

1. Солопов, Е. Ф. Концепции современного естествознания / Е. Ф. Солопов. – М. : Владос, 2004.
2. Гусейханов, М. К. Концепции современного естествознания : учебник / М. К. Гусейханов, О. П. Раджабов. – М. : Дашков, 2004 – 692 с.
3. Лавриненко, В. Н. Концепции современного естествознания : учебник / В.

П. Лавриненко, В. П. Ратников. – изд. перераб. и доп., - М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2002. – 303 с.

4. Лобачев, А. И. Концепции современного естествознания : учебник / А. И. Лобачев. – М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2001 – 239 с.

5. Баблюянс, А. Молекулы, динамика, жизнь / А. Баблюянс. – М. : Мир, 1990.

6. Бейзер, А. Основные представления современной физики / А. Бейзер. – М. : Атом-издат, 1973.

7. Берже, П. Порядок и хаос / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. – М. : Мир, 1991.

8. Биология : учебник / под ред. Н.Б. Чебышева. – М. : ВУНМЦ, 2000.

9. Вернадский, В. И. Труды по философии естествознанию / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 2000.

10. Горелов, А. А. Концепция современного естествознания / А. А. Горелов – М. : Центр, 1997.

11. Добров, Г. М. Прогнозирование науки и техники / Г. М. Добров. – М : Наука, 1997.

12. Дубнищева, Т. Я. Концепция современного естествознания: учебник для вузов / М. Ф. Жукова. – М. : Маркетинг, Новосибирск: ЮКЭА, 2000.

13. Дубнищева, Т. Я. Концепция современного естествознания: метод. рекомендации / Т. Я. Дубнищева. – Новосибирск: ЮКЭА, 1997.

14. Дягилев, Т. Я. Концепции современного естествознания / Т. Я. Дягилев – М. : ИМПЭ, 1998.

15. Зельдович, Я. Ю. Строение и эволюция вселенной /Я. Ю. Зельдович, Новиков И. Д. – М : Наука, 1995.

16. Канке, В. А. Концепции современного естествознания : учебник / В. А. Канке. –2-е изд. – М. : ЛОГОС, 2002 – 368 с.

17. Карпенков, С. Х. Концепции современного естествознания : практикум / С. Х. Карпенков. – М. : ЮНИТИ, 1998.

18. Карпенков, С. Х. Концепции современного естествознания : учебник для вузов / С. Х. Карпенков. – М. : Высшая шк., 2000.

19. Лоскутов, А. Ю. Введение в синергетику / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. – М. : Наука, 2000.
20. Масленникова, И. С. Концепции современного естествознания : учеб. пособие / И. С. Масленникова Т. А., Шапошникова А. М. Дыбов. – СПб. : ГИЭА, 1998.
21. Пехов, А. П. Биология с основами экологии : учебник для вузов / А. П. Пехов. – СПб. : Лань, 2000.
22. Пригожин, И. Порядок и хаос / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Мир, 1999.
23. Рузавин, Г. И. Концепции современного естествознания / Г. И. Рузавин. - М. : ЮНИТИ, 2002.
24. Трофимов, Г. А. Концепции современного естествознания. Словарь терминов и определений / Г. А. Трофимов, Д. Ф. Счастливец. – СПб. : УЭ и Ф, 1997.
25. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. – М. : Мир, 2000
26. Кононович, Э. В. Общий курс астрономии. 2-е изд., испр. - М.: Едиториал УРСС, 2004. - 544 с.
27. Клищенко, А. П. Астрономия / А. П. Клищенко, В. И. Щупляк. - М. : 2004. - 224 с.
28. Рандзини, Д. Космос. Справочник. М.: 2002. - 320 с.
29. Ридпат, Я. Звезды и планеты. Атлас звездного неба. М.: 2004. - 400 с.
30. Лесков, И. А. Все о планетах и созвездиях : Атлас-справочник. / И. А. Лесков. - СПб.: 2007. - 208 с.
31. Майлс, Л. Астрономия и космос : Энциклопедия / Л. Майлс, А. Смит. М.: 2002. — 98 с.
32. Якушова, А. Ф. Общая геология / А. Ф. Якушова, В. Е. Хаин, В. И. Славин. - М. : Изд-во МГУ.: 1988. - 448 с.
33. Эндрес, А. Экономика природных ресурсов : Учебник / А. Эндрес, И. Квернер «Питер». 2004. - 256 с.