

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**ЗЕМЛЯ — ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
(ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОТ АНТИЧНЫХ ВРЕМЕН
ДО СЕГОДНЯШНИХ ДНЕЙ)**

Учебное пособие для вузов

Составитель
Л. Д. Стахурлова

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2011

Утверждено научно-методическим советом биолого-почвенного факультета 13 октября 2010 г., протокол № 2

Рецензент д-р биол. наук, проф. Л. А. Яблонских

Учебное пособие подготовлено на кафедре почвоведения и управления земельными ресурсами биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов биологического отделения биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета.

Для специальности 020201 — Биология

Содержание

Введение	4
1. Мир в представлении древних	6
1.1. История развития представлений об окружающем мире в античной натурфилософии	6
2. Развитие представлений об окружающем мире в Средние века	18
3. Окружающий мир в эпоху Возрождения и Новое время	20
4. Развитие взглядов на окружающий мир в XVIII—XIX вв.	27
Вопросы для самоконтроля	29
5. Современные представления о Вселенной, Галактиках и звездах	30
5.1. Структура Вселенной	33
6. Происхождение и структура Солнечной системы	38
6.1. Характеристика Солнца	43
6.2. Положение Земли в Солнечной системе	47
6.3. Движения Земли и их географические следствия	47
6.4. Возраст Земли	52
6.5. Луна — естественный спутник Земли	53
6.6. Календарь	55
Вопросы для самоконтроля	57
Список литературы	58

Введение

Исследование и обобщение самых различных научных фактов, накопленных за исторический период человечеством, свидетельствуют о том, что окружающая среда — не случайное скопление предметов и явлений, а закономерная и целостная система, в которой и предметы, и явления неразрывно связаны между собой, зависят друг от друга и обуславливают друг друга. Вот почему ни одно явление в природе не может быть понято, если рассматривать его вне связи с другими. Каждое явление воздействует на все остальные, а вся совокупность их влияет на каждое в отдельности.

Во Вселенной и на Земле все постоянно преобразуется. Природа в целом вечна и бесконечна, отдельные ее тела преходящи: они возникают, развиваются и погибают, т.е. превращаются в другие предметы. Так, вспыхивают и гаснут светила, меняются очертания созвездий, распадаются и соединяются атомы, на протяжении геологических эпох неоднократно гибнут старые и возникают новые миры животных и растений. Человек в природе выступает, с одной стороны, как биологическая часть её, с другой стороны как активный её преобразователь. В начале своего развития влияние человека на окружающую среду не отличалось от влияния животного. В природе существовало относительное равновесие. Так, растения создавали органическое вещество, очищали атмосферу от избытка углекислоты, насыщали биосферу кислородом. Человек и животные разрушали органическое вещество, минерализовали его, при этом забирали из окружающей среды кислород, выделяя при дыхании углекислый газ. В процессе эволюции огромные массы органического вещества в недрах Земли превращались в горючие ископаемые, в гумус почвы, поддерживая и обеспечивая при этом ее плодородие.

Изменения в окружающей среде произошли 10—12 тысяч лет назад, и связаны они, в основном, с хозяйственной деятельностью человека. Ведь

человеческое общество не только пользуется естественными благами природы, но и подчиняет их своим интересам.

Таким образом, в условиях усложняющегося взаимодействия природы и общества, когда очевидным становится следствие антропогенеза в отношении природной среды, центральное положение в современном естествознании должна занять «Наука о Земле», объединяющая географию, геологию, геофизику, геохимию, экологию, планетологию и другие дисциплины. В XIX веке такое «всеобщее землеведение» было названо Э. Геккелем «пангеологией», а затем Н. Гротом «геономией».

Наука о Земле охватывает все отрасли знания о нашей планете, являясь в то же время не их суммой, а обобщающей системой, включающей в себя данные фундаментальных наук — физики, химии, астрономии и других дисциплин. Экология — наука о взаимодействии природы и общества — связывает науки о Земле между собой и биологией и дает выход в науки о человеке и человечестве. Данные наук о Земле непосредственно обосновываются и включаются в экологическую проблематику.

Наша планета как сложное естественное тело выступает не только исторической, но и динамической системой с многоступенчатыми процессами саморегуляции, а также накопления, хранения и передачи информации.

Основными компонентами Земли, мониторинг которых осуществляется в настоящее время с помощью космических съемок, является атмосфера (A), гидросфера (H), криосфера (C), литосфера (L) и биосфера (B). Эти компоненты образуют биогеофизическую систему S ($S = A \cup H \cup C \cup L \cup B$). Каждый из этих компонентов имеет существенно разные характеристики и связан с другими с помощью самых разнообразных физико-химических процессов. Солнечное излучение является первичным внешним фактором, определяющим энергию движения данной системы.

Знание происхождения и эволюции Земли как планеты Солнечной системы, условий образования и развития земной коры, её строения и состава во взаимодействии с внешними оболочками (гидросферой, атмосферой, биосферой) и внутренними оболочками (мантией и ядром) составляет необходимое звено мировоззрения. Оно позволяет понять, как осуществляется переход от неорганического мира к органическому, как эволюционируют живые организмы, и вместе с ними изменяется окружающая среда.

1. Мир в представлении древних

В Древнем мире возможность оперировать знанием имел не каждый, а только посвященный. Само знание и его источники окутаны мистикой, его происхождение неясно. Известно, что становлению научного знания в истории человеческой культуры предшествует мифология, отличаясь целостностью представления, мифология выступает прообразом различных форм знания. Она охватывает помимо религии зачатки философии, политических учений, формы искусства и научных представлений о мире и человеке. Так, в Месопотамии и Египте наблюдения за небом составляли прерогативу жрецов и связывались с астрологией.

1.1. История развития представлений об окружающем мире в античной натурфилософии

В древности у разных народов были различные представления о Земле и ее форме. Так, индусы представляли себе Землю в виде плоскости, лежащей на спинах слонов; жители Вавилона — в виде горы, на западном склоне которой находится Вавилония; евреи — в виде равнины, но в некоем месте небесный купол соединяется с земной твердью. Однако своим

появлением и развитием науки о Земле во многом обязаны древним грекам, представлявшим мир в виде круглой лепешки с Грецией в центре.

В античном мире, начиная с VII—VI вв. до н. э. мифологии противостоит философия, которая в объяснении мира и природных явлений опирается на разум и умозрение (натурфилософия). Отвергая мифы и пророчества, она характеризуется поиском **первозлемента**, обеспечивающего единство и многообразие наблюдаемого мира. Натурфилософия как первая система естествознания имеет большую историю, которая, начавшись в Древней Греции, завершается в XVII в. вместе с созданием И. Ньютоном классической механики. В центре внимания древнегреческих философов — строение и гармония космоса, органичной частью которого выступают не только наблюдаемые явления, но и скрытые сущности. Поэтому поиск первоэлемента у древних греков имеет две традиции: **стихийно-материалистическую и идеалистическую. Стихийно-материалистическая** традиция восходит к мифологии, где утверждаются **четыре основные стихии: вода, земля, огонь и воздух**. Зарождается идея выделить одну стихию в качестве основания всего существующего и обосновать его необходимость. Впервые эту идею выразил **Фалес** из Милета (625—547 гг. до н. э.), считавший первоэлементом **воду**, поскольку невозможно найти абсолютно сухое тело. До наших дней дошли только названия его произведений: «О началах», «О солнцестоянии», «О равноденствии», «Морская астрология». Ему приписывалось открытие годового вращения Солнца на фоне неподвижных звезд, определение времени солнцестояния и равноденствий. Он утверждал, что Луна светит не своим светом, а небесные тела представляют собой воспламенившуюся землю. Всю небесную сферу Фалес разделил на пять зон, ввел календарь, определив продолжительность года в 365 дней и разделив его на 12 месяцев по 30 дней, при этом пять дней выпали, что было характерно для египетского летоисчисления.

Им было предсказано время полного для Ионии солнечного затмения (28 мая 585 г. до н. э.). Фалес сформулировал популярные в античном мире мировоззренческие изречения или афоризмы (гномы): «Больше всего пространство, потому что оно все в себе содержит», «Сильнее всего необходимость, ибо она имеет над всем власть», «Мудрее всего время, потому что оно все открывает». В Милете, где он появился уже в преклонном возрасте, основал первую древнегреческую натурфилософскую школу.

Ученик и последователь Фалеса **Анаксимандр** был автором первого философского сочинения в прозе «О природе», которое положило начало многим одноименным трудам греческих философов. О жизни Анаксимандра нет сведений, однако известно, что он ввел в Элладе солнечные часы, представляющие собой вертикальный стержень, установленный на размеченной горизонтальной площадке; построил модель небесной сферы — глобус, начертил географическую карту («географическая доска» Анаксимандра из Милета, VI в до н. э.). В сильно искаженном виде на карте изображены очертания берегов и морей, искажены очертания Апеннинского полуострова. Анаксимандр расширил представление о первоэлементе до понятия «**архэ**». Он выдвинул идею абстрактного умозрительного основания космоса, полагая в качестве первоэлемента **апейрон** (беспредельное, неопределенное). Это начало, безразличное ко всем стихиям, но нечто им всем общее, благодаря чему возможно взаимное превращение воды, земли, воздуха и огня.

Анаксимандру принадлежит идея естественного возникновения гармонии космоса из некоторой неопределенной массы, находящейся в постоянном круговом вращении, а также идея о бесконечности космоса во времени. Испытывая вращательное движение, апейрон выделяет противоположности — влажное и сухое, холодное и теплое. Парные комбинации этих свойств образуют землю, воду, воздух, огонь. В центре собирается

самое тяжелое — Земля, окруженная водной, воздушной и огненной сферами. Под действием небесного огня часть воды испаряется, и Земля выступает из Мирового океана, так возникает суша. Небесная сфера разрывается на три кольца, полые внутри и наполненные огнем. В нижнем кольце много отверстий (наподобие обода колеса), сквозь которые просматривается заключенный в нем огонь. Это звезды. В среднем кольце только одно отверстие. Это Луна. В верхнем кольце также одно отверстие. Это Солнце. Отверстия способны полностью или частично закрываться. Так происходят солнечные и лунные затмения. Сами кольца вращаются вокруг Земли. С ними вращаются и отверстия. Анаксимандру принадлежит и первая гипотеза о происхождении жизни и человека. Живое зарождается на границе моря и суши из ила под воздействием небесного огня. Первые живые существа жили в море, затем некоторые из них вышли на сушу и сбросили с себя чешую. От морских животных произошел человек. Он зародился и развился до взрослого состояния внутри какой-то громадной рыбы, затем вышел на сушу.

Ученик Анаксимандра **Анаксимен** в своем сочинении «О природе» первоэлементом считал **воздух**. Беспредельный воздух — начало мира, а также тела и души. Все возникает из воздуха через его разряжение и сгущение. Разряжение воздуха связано с нагреванием, а сгущение с охлаждением. В натурфилософской картине Анаксимена Земля неподвижна, а светила движутся воздушными вихрями. Солнце — это земля, которая раскалилась от своего быстрого движения. Плоские Земля и небесные светила парят в воздухе подобно листьям. В картине мироздания Анаксимен поместил звезды далее Луны и Солнца, состояние погоды связал с активностью Солнца, что соответствует современным представлениям.

Гераклит Эфесский создал третье в античной философии сочинение «О природе». Первоэлементом он считал **огонь**. Космос всегда был, есть и бу-

дет живым огнем, мерами загорающимся и мерами потухающим. В современном естествознании аналогом такого первоначала выступает плазма, которая предшествует образованию химических элементов. Гераклит вводит в натурфилософию представление о неустраимости движения как изменения («Все течет, и ничто не остается на месте», «В одну реку нельзя войти дважды»). Источником движения выступает борьба противоположностей, приводящая к постоянной смене состояний. Его концепция непрерывного изменения материального космоса предполагала круговорот вещественных стихий: огня, воды, воздуха, земли. Согласно Гераклиту Вселенная конечна, и мир един. Единство космоса определяется всеобщим законом — **логосом**, которому подчиняется все, включая богов, природу, людей. В поздней античной и европейской культуре логос Гераклита истолковывался как «судьба», «вечность», «мудрость», «закон», «необходимость».

Идеалистическая традиция в древнегреческой натурфилософии также восходит к мифологии и древней магии. Её начало связано с именем **Пифагора** (вторая половина VI в. до н. э.). — математика, философа, религиозного и политического деятеля. Отсутствие сведений не позволяет точно указать вклад Пифагора в развитие научной мысли. Но созданное им учение **пифагореизм** — важная страница античной натурфилософии, он представлен целым рядом исторических имен и засвидетельствован множеством фрагментов. Пифагорейцы первыми стали рассматривать числовые отношения как ключ к пониманию Вселенной. Именно в пифагореизме формируется принцип, ставший фундаментальным для современной науки: точное знание возможно лишь на основе математики. Позже в IV в. до н. э., пифагорейские представления о математической природе научного знания получили четкое выражение и обоснование в сочинениях Платона, систематизировавшего и соединившего различные области математики в единую систему наук.

Выдающимся пифагореистом был **Гиппас**, который учил, что начало всему **огонь**, а число соответствует гераклитовскому логосу. Позже **Филолай** развил эту идею в космологии, считая, что в центре мироздания находится огонь, который более совершенен, чем Земля. Этот огонь — не Солнце, а некий Центральный огонь. Из него возникает все. Филолаю приписывается очередное сочинение «О природе», в котором проводится мысль о движении Земли вокруг Центрального огня по наклонному кругу, вокруг этого центра движутся также Луна, Солнце и пять планет (известных в то время). Солнце он представлял не раскаленным телом, а холодной кристаллической массой, которая отражает свет Центрального огня, невидимого с Земли. Луна подобна Земле и населена животными и растениями, более красивыми и крупными, чем земные. Лунный день равен земному дню. В космологии Филолая есть придуманное тело **антихтон** (противоземлие), которое он ввел, чтобы было десять небесных тел. По свидетельству Аристотеля, пифагорейская картина мира существовала в двух видах: **геоцентрическом** (Пифагор) и **негеоцентрическом** (Филолай).

В **геоцентрической** картине большое значение придавалось гармонии сфер. Согласно Пифагору, планеты, двигаясь сквозь **пневму** (смесь воздуха и огня, позднее такое беспредельное в чистом виде было названо **эфиром**), издают монотонные звуки разных типов в зависимости от своего размера, скорости движения и удаленности от Земли, занимающей центральное положение. Сатурн издает самый низкий звук. Луна — самый высокий и пронзительный. В совокупности тона создают гармоничное звучие. Более позднему пифагореизму свойственна **негеоцентрическая** картина мироздания, в которой Земля имеет сферическую форму, вращается вокруг себя самой и вокруг Центрального огня.

Ксенофан, яркий представитель элейской школы, учил, что первичными началами являются **вода и земля**. Материя, состоящая из этих элемен-

тов, не уничтожается и не возникает, мир существует вечно. Поэтому истинным началом всех вещей (первозлементом) является неизменное, неподвижное бытие, сохраняющаяся сущность, Бог.

В V—IV вв. до н. э. складываются две противоположные мировоззренческие концепции: **элементаризм** и **атомистика**.

Элементаризм — это учение о строении космоса, выдвинутое **Эмпедоклом**. Наблюдаемый мир — производное от четырех основных первородных элементов: земли, воды, огня, воздуха. Разнообразие вещей объясняется различным сочетанием элементов, а изменения в физическом мире — их перемещением.

Эмпидокл вводит в натурфилософию идею сохранения материи, утверждая: «Ничто не может произойти из ничего, и никак не может то, что есть уничтожиться». Мир представляет собой то полное единство (гармонию), то бессвязное множество, и это чередование повторяется бесконечно. Ему принадлежит догадка о причине солнечных затмений (Луна находится между Солнцем и Землей), а также о материальной природе и конечной скорости света. Он полагал, что свет вытекает из светящегося тела, пребывает сначала в промежуточном пространстве между небесной твердью и землей, затем приходит к нам. Это движение остается незамеченным вследствие своей скорости.

Эмпидокла можно считать античным эволюционистом, поскольку он считал, что развитие живого мира и человека прошло несколько этапов, в результате сохранились только жизнеспособные виды. Вначале путем самозарождения появились растения, затем животные, возникшие естественным путем из земли. Именно жизнеспособностью Эмпидокл объяснял целесообразное устройство организмов.

В одно время с Эмпидоклом — **Анаксагор**, ученик Анаксимеда, выдвинул учение о неразрушимых элементах, число которых бесконечно. Он

выдвинул космогоническую концепцию, согласно которой видимая Вселенная — результат длительного и закономерного развития, исходный пункт которого — первичное состояние, представлявшее собой бесформенную и лишенную движения смесь вещей. Учение Анаксагора называют стихийной атомистикой, поскольку оно содержит идею корпускулярного строения мира. Однако ученый отрицал пустоту, считая, что все вещи образуются через трансформацию уже существующих вещей. Его идея «все во всем», выделяющая непрерывность мира, конструктивно развивается и в современной квантовой физике.

Атомистическое учение развивается в милетской школе **Левкиппом** и его учеником **Демокритом**, а впоследствии **Эпикуром**. В качестве материального первоэлемента космоса в их учении выступает атом, который представляет собой абстрактную единицу, с которой связывается неизменное, вещественно оформленное начало. Единство и качественное многообразие мира зависит от соединения атомов, разнообразия возникающих конфигураций. Картина мира в атомизме предполагает два начала: атомы и пустоту, которая в противоположность атому изменчива, невещественна, бесформенна. Пустота необходима для движения атомов и соединения их в разнообразные сложные структуры.

В космологию атомисты внесли идею о множестве миров и их естественном порождении. Возникновение миров происходит не беспричинно. Каждый мир замкнут, шарообразен и покрыт хитоном из крючковатых атомов, но число миров бесконечно. Наш мир один из многих.

В отношении нашего мира атомисты следуют геоцентрической картине, полагая, что Земля одинаково удалена от всех оболочек космоса, а потому неподвижна. Вокруг Земли движутся звезды, которые являются достоянием нашего мира, а не другими мирами.

Мировоззренческие идеи пифагорейской натурфилософии и элейской школы, которые отличались абстрактностью и резко противостояли натурализму практической и обыденной жизни, были развиты **Платоном** и его учеником Аристотелем.

Согласно Платону первоэлементами космоса выступают **эйдосы** — бестелесные и неизменные прообразы вещей, они образуют особый, истинный мир, противостоящий миру материи, в котором из-за постоянного движения, изменения, рождения и гибели нет ничего определенного. Платон высказывает идею о взаимопревращениях природных элементов, предполагая, что сложные элементы меняют свою внутреннюю структуру, распадаясь на более простые. Эта идея до сих пор составляет фундаментальный принцип естествознания.

Аристотель в своей натурфилософии соединил все основные идеи Античности, создав систему понятий, которые стали фундаментальными в развитии научной мысли. Он впервые попытался определить понятие движения, ввел такие понятия как материя, сущность, энергия, взаимодействие, целесообразность, создал систематическую науку о природе физику и науку о рассуждении и методе познания — аналитику. Аристотель впервые назвал физиками всех философов, занимающихся вопросами строения космоса и поиском природных первоэлементов.

Учение Аристотеля о формах движения легло в основание первой физической картины мира, которая не подвергалась изменению вплоть до XVI в. Согласно аристотелевской физике, в центре космоса находится Земля, поскольку именно к центру Земли направлены все естественные формы движения. Совершенные формы движения присущи небесным телам, первопричина их движения — Бог, который понимается как перво-двигатель. Совершенное движение происходит по кругу. Несовершенные движения имеют некруговой путь. С именем Аристотеля связана идея не-

прерывности материи. Он отрицал пустоту, полагая, что пространство (аналог пустоты) непрерывно по протяженности, а время — по последовательности. Аристотелю принадлежит и первая методика научного исследования природы, в которой он выделил три важнейших этапа: 1) отнесение исследуемого предмета (явления) к некоторому общему роду (классификация); 2) выяснение его строения, формы и источника движения, а также целей (анализ); 3) формулирование понятия идеального объекта — эталона определенного рода вещей (идеализация).

Аристотель представлял космос как мир, конечный в пространстве и состоящий из кристально прозрачных сфер, несущих звезды и планеты. Движение этих сфер наблюдается с Земли как движение планет и звезд. Неподвижная Земля имеет форму шара и занимает центральное положение. Область между орбитой Луны и Землей характеризуется беспорядочным движением, подвержена постоянным изменениям и превращениям. Формы движения тел в этой области несовершенны, конечны, а сами тела состоят из четырех элементов: земли, воды, воздуха и огня. Земля занимает центральное место во Вселенной как самое тяжелое тело. Над ней располагаются оболочки воды, воздуха и огня. Область между орбитой Луны и крайней сферой — область равномерных движений. С крайней сферой соприкасается «перводвигатель Вселенной».

В своей натурфилософии и космологии Аристотель не признает ни начала, ни конца мира, считая, что ни время, ни движение не могли иметь начала, так же как никогда не будут иметь конца.

В конце IV в. до н. э. Греция потеряла свою самостоятельность под натиском македонских царей. В 332 г. до н. э. Александр Македонский основал новый город в Египте — Александрию. В связи с упадком Афин после смерти Александра сюда переместился центр научной мысли Древнего мира. Здесь была создана знаменитая александрийская библиотека и

основано первое в истории специальное учреждение, где обучали известным в то время наукам и занимались различными исследованиями — Мусейон (прототип нынешней академии наук).

Расцвет александрийской науки приходится на III—I вв. до н. э. В александрийской школе высказывается идея **гелиоцентрического строения космоса**. Этому предшествует учение пифагорейцев и Гераклида Понтийского, ученика Платона, искавшего объяснение странному поведению планет, которые для земного наблюдателя то движутся вперед, то останавливаются, то отступают назад. Если допустить, что все планеты вращаются вокруг Земли, то самым странным образом ведут себя Венера и Меркурий. Они находятся между Землей и Солнцем, но нам вовсе не кажется, что они движутся вокруг Земли. Гераклит объяснил такое поведение вращением этих планет вокруг Солнца, но продолжал утверждать, что Солнце вращается вокруг Земли.

Оформление гелиоцентрической идеи связано с именем **Аристарха Самосского**, который жил в Александрии в период царствования Птолемея. Впервые в Древнем мире, в своей работе «О величии Солнца Луны и о расстоянии между ними» он утверждал, что Солнце много больше Земли. Земля — одна из планет, которая движется вокруг Солнца. Земля вращается вокруг своей оси и делает оборот вокруг Солнца за один год. Между Солнцем и Землей имеется огромное расстояние, но еще более значительное расстояние между Солнцем и другими звездами, которые неподвижны. Система Аристарха и система Коперника почти полностью совпадают. И это не случайно. Коперник хорошо знал астрономические учения древности и в своей основополагающей работе «Об обращении небесных сфер» цитирует Филолая, Гераклита, Аристарха, подчеркивая, что именно эти воззрения заставили его самого подумать о вращении Земли.

Гипотеза Аристарха вызвала много возражений и нападок за то, что он представил Землю в движении, поскольку нельзя представить в движении то, что по природе неподвижно. Возражения Аристарху высказывал Архимед, легендарный ученый и инженер. Создав модель астрономической сферы, он считал равноправными две точки зрения: геоцентрическую, которая опиралась на физику Аристотеля, и гелиоцентрическую, выдвинутую Аристархом. Позднее известный в поздней Античности астроном Гиппарх, выполнивший большую работу по составлению звездной карты, сформулировал принцип, вошедший в науку как принцип эмпирической проверяемости гипотез: недостаточно создать гипотезу, нужно убедиться, соответствует ли она фактам. Гиппарх, пробуя объяснить гипотезу Аристарха, установил ошибки в движении планет. Позже в XVI в., на том же основании Н. Копернику возражал Т. Браге до тех пор, пока И. Кеплер не открыл, что орбиты планет эллиптические, а Солнце находится в одном из центров эллипса. Но эти открытия случились гораздо позже.

В Александрийской натурфилософии был огромен научный авторитет Аристотеля, его сторонники не поддерживали Аристарха и геоцентрическая система, развитая **Птолемеем** во II в. до н. э. в его сочинении «Альмагест» подвела итог состоянию античной астрономии, определив её дальнейшее развитие на тысячелетие и просуществовала до XIV века.

Правильное представление о фигуре Земли позволило греческим ученым произвести её измерения. Попытки измерить Землю предпринимались не один раз. Но более точные результаты дало измерение, произведенное выдающимся греческим математиком, астрономом и географом во II в. до н. э. **Эратосфеном Киренским**, измерив угловое отклонение Солнца от зенита в Александрии в $7^{\circ} 30'$, тогда как в Сиене (современный Асуан) оно было в зените. При этом $7^{\circ} 30'$ составили такую долю от 360° , какую составляет расстояние 800 км между городами от полной длины

окружности Земли. Так он получил длину — 40 000 км, сейчас она составляет 40 075,696 км. Поскольку длина равна $2\pi R$, определил радиус Земли в 6400 км.

В настоящее время все расстояния определены достаточно точно и разными методами. Радиолокационные наблюдения позволяют определить расстояния до небесных тел Солнечной системы. Этим методом уточнены расстояния до Луны, Венеры, Меркурия, Марса, Юпитера.

В связи с распространением христианской культуры, в I—II вв. до н. э. начался упадок Александрийской школы, затем постепенно уступает греческая (эллинская) школа.

2. Развитие представлений об окружающем мире в Средние века

Приход феодализма и зарождение новой религии — христианства — привели к господству схоластики, богословия и инквизиции. Европа к началу XV века знала об окружающем мире меньше, чем Архимед.

В Средние века в развитии науки выделяют три периода. Раннее Средневековье (VI—IX вв.) — темное время, упадок образования. Средний период (X—XII вв.) — постепенно пробуждается интерес к наукам, переводят труды античных классиков, появление университетов (Парижский, Болонский, Оксфордский, Кембриджский). Зрелое Средневековье (XIII—XIV вв.) — высокий уровень образованности, расцвет науки и искусства, подготовка эпохи, получившей название Возрождение.

В Средневековье утверждается мировоззренческая позиция: все, что наблюдаем, — иллюзия, видимость. Вселенная и все, что мы видим, лишь символическое выражение божественного, находящегося за пределами мира замысла. Каждое явление во всем своем многообразии определен — воплощение некоего общего замысла. Задача познания — постиже-

ние потустороннего значения каждой из деталей мироздания, ее роли в божественном замысле. Каждая вещь — символ. Ни одно явление не открывает само себя, а только указывает на иной, высший смысл.

Поэтому цель естествознания в средневековой традиции — не описание явления природы, а его символическое истолкование. Разрабатывается телеологическая модель объяснения, которая полностью заменяет поиск естественных действующих причин, что было характерно для античной натурфилософии. Понимание человека в средневековой теологии отличается от античного; человек — не органичная часть космоса, он поставлен Богом вне природы. Согласно замыслу, человек выше космоса и должен быть его господином, но из-за грехопадения положение человека зависит от Божьей милости.

В Средневековье формируется новое отношение к человеческому труду. Появилось стремление облегчить труд человека с помощью природных сил. К числу изобретений средневековой техники можно отнести; введение трехпольной системы земледелия, использование тяжелого плуга, усовершенствование оружия. Главным местом технического развития в XIII в. стали монастыри, которые были своего рода фабриками по производству полезных продуктов, а также лабораториями, где обучались и экспериментировали. Возникает особое отношение к опыту, который дает проверенное знание.

Таким образом, за тысячу лет Средневековья тотальное влияние церкви на духовную и социальную жизнь изменило отношение человека к природе и к самому себе, создав мировоззренческие предпосылки нового стиля познания природы. Возникает целый ряд понятий и принципов, выступающих фундаментальными основаниями в науке Нового времени: понятие пустоты, бесконечного пространства, бесконечного движения (прямолинейного), требование устранить из объяснения природы целевую причину, ограничиться только действующей. К концу эпохи Средневековья, в эпоху Возрождения пробуждается интерес к изучению Вселенной.

3. Окружающий мир в эпоху Возрождения и Новое время

Эпоха Возрождения начинается со второй половины XV в., когда в Западной Европе происходит ряд социально-экономических изменений, которые сопровождаются переменами в устроении, в отношении к человеку, ремеслам, наукам, а также к античному наследию. Во Франции это период Ренессанса, в Германии — период Реформации. На протяжении нескольких столетий углубляется процесс отделения, обособления государства, науки, искусства, образования от материально-экономической и духовной власти церкви. Утверждается светская власть в виде абсолютной монархии. В это время зарождаются современные европейские нации, оформляются основы современного буржуазного общества, закладывается фундамент мировой торговли и крупной промышленности.

В Античности высшим родом деятельности считалось созерцание, ему отдавалось предпочтение перед деятельностью практической, суетной. Созерцание (и наука) наделялось сакральным значением, поскольку оно приобщает человека к самой сущности природы, к тому, что всегда есть, к вечности. В Средние века приоритетной деятельностью было спасение души. В эпоху Возрождения собственная деятельность человека (индивидуума) приобретает оттенок сакральности. Человек становится господином природы. Он своей деятельностью не только удовлетворяет непосредственные земные нужды, но творит вечное бытие — красивое и жалкое, великое и ничтожное и самого себя.

Выдающиеся открытия этого времени связаны с именами Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, Р. Декарта, И. Ньютона.

В своем знаменитом труде «Об обращениях небесных сфер» **Н. Коперник** (1473—1543) излагает гелиоцентрическую систему мира, противостоящую признанной системе Птолемея. Он согласен с Птолемеем только в том, что Земля и небесный свод имеют сферическую форму. В «Малом

комментарии относительно установленных гипотез о небесных движениях» Коперник формулирует семь постулатов.

1. Не существует одного центра для всех небесных орбит или сфер.

2. Центр Земли не является центром мира, но только центром тяготения лунной орбиты.

3. Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного в центре мира.

4. Отношение радиуса земной орбиты к радиусу Вселенной меньше, чем отношение радиуса Земли к радиусу земной орбиты. Радиус Земли можно принять за исчезающе малую величину по сравнению с размером Вселенной, но такой же исчезающе малой величиной является земная орбита.

5. Все движения, наблюдаемые у небесной тверди, принадлежат не ей самой, а Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными.

6. Все замечаемые нами у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета. Таким образом, Земля имеет несколько движений.

7. Кажущиеся прямые и попятные движения планет принадлежат не им, а Земле. Таким образом, одно это движение достаточно для объяснения большого числа видимых в небе неравномерностей.

Николай Коперник утверждает, что Вселенная сравнима с бесконечностью, так же как земная орбита сравнима с точкой. И Вселенная, и земная орбита таковы по отношению друг к другу. Он не доказывает бесконечность Вселенной, но допускает эту бесконечность, поскольку такое предположение подкрепляет его идею о вращении Земли.

Взгляды Н. Коперника и его гелиоцентрическая система мира сыграли решающую роль в становлении и развитии астрономии — науки о движе-

нии небесных тел и физики — науки о движении в целом. Его идеи развил **Джордано Бруно** (1548—1600) — итальянский философ-материалист. Он отстаивал мысль о бесконечности Вселенной и бесчисленности миров в ней. Считал, что звезды во Вселенной могут служить солнцами для других миров, подобных Земле.

Постулат Н. Коперника о вращении Земли ставил под сомнение теорию естественных и насильственных движений Аристотеля. Сам Коперник не мог предложить новой теории движения, поэтому вынужден был признать, что Земля, не будучи центром мира, является все же центром тяготения. Возникло сомнение: каким считать движение Земли — естественным или насильственным. Сохраняя основные принципы физики Аристотеля, Коперник ввел новое понятие тела, которое, «пребывая в своем природном месте и в целостности», движется равномерными круговыми движениями, уподобляясь покоящемуся. Такое объяснение было причиной того, что гелиоцентрическая система допускалась только в качестве абстрактной гипотезы и не признавалась большинством ученых до тех пор, пока не была создана кинематика на основе принципа инертности Г. Галилея.

Стремление к опытному исследованию природы в Новое время (XVI—VII вв.) привело к образованию новых социальных структур — научных обществ и академий наук. Таковыми были: Академия тайн природы в Неаполе, возникшая в 1560 г., Академия деи Линчеи, учрежденная в 1603 г., членом которой был Галилей. Лондонское королевское общество, основанное в 1660 г., Парижская академия наук, открытая в 1666 г. и др. В рамках этих обществ формируется новая в науке фигура ученого-экспериментатора.

Галилео Галилей (1564—1642) — итальянский мыслитель, физик, основоположник классической механики, астроном и математик — выступил одним из основателей экспериментального естествознания. Став профессором математики Падуанского университета, он развернул активную научно-

исследовательскую деятельность в области механики и астрономии: установил законы движения свободно падающих тел и сформулировал понятие об инерциальном движении и механический принцип относительности. Галилей изобрел зрительную трубу, увеличивавшую в 32 раза, которая позволила впервые увидеть пятна на Солнце, кратеры на Луне, спутники Юпитера. Он разглядел бесчисленное скопление звезд, образующих Млечный Путь. В исследовании природных явлений, в частности движения тел, Галилей опирается на эксперимент. Известны его опыты с определением скорости падения тел разной массы, в которых он использовал Пизанскую башню. С его именем справедливо связывают становление механистической картины мира.

Галилео Галилей считал исходным пунктом в познании природы наблюдение, а основой науки — опыт.

Астрономические открытия Галилея стали наглядным доказательством истинности гелиоцентрической системы Коперника и идеи Дж. Бруно о физической однородности Земли и неба. Открытие звездного состава Млечного Пути явилось косвенным доказательством бесчисленности миров во Вселенной. Свои идеи он изложил в труде «Диалоге о двух главнейших системах мира — Птолемеевой и Коперниковой» (1632). Это сочинение послужило поводом для обвинения его в ереси. Католическая церковь терпела учение Коперника в качестве гипотезы и считала, что доказать его невозможно. Открытия Галилея подрывали прежнюю веру в совершенство космоса. Его труды были включены в список запрещенных книг. В 1633 г. ученый предстал перед судом инквизиции и был вынужден публично отречься от учения Н. Коперника. До конца жизни Г. Галилей считался узником инквизиции, и только в 1992 г. папа римский Иоанн Павел II объявил решение суда ошибочным и реабилитировал ученого.

Новый крупный шаг в развитии естествознания ознаменовался открытием законов движения планет немецким астрономом **Иоганном**

Кеплером 1571—1630). Он не мог обратиться к эксперименту, и поэтому для определения орбит и законов движения планет вынужден был воспользоваться многолетними систематическими наблюдениями движения планеты Марс, сделанными датским астрономом Т. Браге (1546—1601). И. Кеплер остановился на гипотезе, что траекторией Марса, как и других планет, является не окружность, а эллипс. Результаты наблюдений Т. Браге соответствовали этой гипотезе и, следовательно, подтверждали её, поэтому можно было уверенно распространить полученный результат на орбиты других планет. Так, полагая, что астрономия и физика тесно связаны, Кеплер создает динамическую модель Вселенной, которая заменяет формальную схему античной космологии природным законом движения планет. В модели Вселенной Кеплера основой небесной механики становится физическая реальность, а не математическая схема. Геометрическое описание движения основывается на данных наблюдения за реальным движением планет. Цель Кеплера показать, что небесная машина является не видом божественного живого существа, а подобна часовому механизму, поскольку все ее многочисленные движения инициируются одной телесной силой, подобно тому, как в часовом механизме все приводится в движение грузилом.

Значение законов механики, открытых Галилеем и его современником Кеплером, который придал строгую математическую форму законам движения планет вокруг Солнца, велико. Впервые в истории человеческой культуры понятие закона природы приобретает собственно научное содержание. Стремясь объяснить устройство Вселенной, Галилей утверждал, что Бог, когда-то создавший мир, поместил Солнце в центр мира, а планетам сообщил движение по направлению к Солнцу, изменив в определенной точке их прямой путь на круговой. На этом деятельность Бога завершилась. С тех пор природа обладает собственными объективными закономерностями, изучение которых —

дело только науки. Такого деистического взгляда на природу придерживались многие мыслители XVII—XVIII веков.

Учение **Рене Декарта** (1596—1650) о природе получило название картезианской физики. В её основание легли принцип относительности перемещения и взаимодействия, а также космогоническая концепция о естественном происхождении и развитии Солнечной системы, которое обусловлено только свойствами материи и движением её разнородных частиц. Космогоническая гипотеза Декарта известна как теория вихрей. В ней предполагалось наличие во Вселенной материального круга одновременно и совместно движущихся тел. Вселенная, согласно Декарту, имеет три области: первая — вихрь вокруг Солнца, вторая — вихри вокруг звезд, третья — все, что находится вне первых двух областей. Земля вместе со своим вихрем движется по орбите вокруг Солнца, вращаясь вокруг своей оси.

Большое значение наблюдениям и эксперименту придавал **Исаак Ньютон** (1643—1727) — английский математик, механик, астроном, и физик, создатель классической механики, член, а в последующем президент Лондонского королевского общества. Он разработал (независимо от Г. Лейбница) дифференциальное и интегральное исчисления. Открыл дисперсию света, хроматическую абберацию, исследовал интерференцию и дифракцию, развил корпускулярную теорию света, высказал гипотезу, сочетавшую корпускулярные и волновые представления, построил зеркальный телескоп. Сформулировал основные законы классической механики. Открыл закон всемирного тяготения, который лег в основание теории движения небесных тел — небесной механики. Пространство и время считал абсолютными. Работы Ньютона намного опередили общий научный уровень его времени, были мало понятны современникам.

Ньютоновская механика обобщила модели и законы таких видов механического движения как колебания маятника, свободное падение тел, дви-

жение тел по наклонной плоскости, по окружности, движение планет. Важнейшими понятиями в его системе выступают пространство и время. Ньютон рассматривает их как самостоятельные реальности, не влияющие друг на друга и не зависящие от материального мира и его движения. В своих трудах он выделил два рода пространства и времени: абсолютное и относительное. Абсолютное пространство всегда остается одинаковым и неподвижным. Относительное пространство — это трехмерное пространство, которое характеризуется рядоположенностью и мерой, определяется нашими чувствами по положению относительно некоторых тел. В обыденной жизни именно это трехмерное пространство принимается за неподвижное. Абсолютное время — истинно математическое время, по своей сущности, безотносительно к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся или обыденное время есть точная или изменчивая, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, постигаемая чувствами, как то: час, день, месяц, год.

Ньютон опровергал вихревую концепцию Декарта, он разделял пространство и материю, считая реальным существование абсолютного пространства, а причиной реального движения — силы. Материя пассивна, активной силой природы выступает тяготение. На Земле оно выражается силой тяжести, в космосе — в виде космического притяжения.

Теория движения небесных тел, созданная Ньютоном на основе закона всемирного тяготения, была сразу признана в Англии, но встретила противодействие в Европе последователями Декарта. Окончательно теория небесной механики Ньютона подтвердилась открытием планеты Нептун в 1846 г., которая была «вычислена» У. Лаверье на основе закона всемирного тяготения.

4. Развитие взглядов на окружающий мир в XVIII—XIX вв.

В XVIII веке утверждается социальный статус науки как особой сферы деятельности. Академии наук становятся центрами культуры и общественного прогресса. Ведущими центрами естествознания становятся Парижская, Берлинская и Петербургская академии наук. В это время возникает ряд космогонических концепций, излагаемых в популярной форме трактата об истории неба. Как известно, первая гипотеза формирования Солнечной системы из первичной туманности была предложена Декартом в 1644 г. (монистическая теория). Шведский астроном и математик **Э. Сведенборг** предложил гипотезу о происхождении планет из вещества звезд благодаря действию центробежных сил и высказал предположение, что Млечный Путь — это гигантское скопление звездных систем.

В 1745 г. французский ученый **Жорж Луи де Бюффон** (1707—1788) сформулировал теорию, согласно которой планеты Солнечной системы образовались в результате столкновения Солнца с близко проходившей большой кометой или звездой и представляют собой осколки Солнца (дуалистическая теория).

Под влиянием идей Ньютона и Бюффона сформировались естественно-научные взгляды немецкого философа **Иммануила Канта** (1724—1804). Опираясь на механику Ньютона, он выдвигает теорию естественной истории неба и делает попытку применить принципы механики не только к объяснению строения Солнечной системы, но и к ее возникновению, и развитию. Кант предположил, что Солнце, а затем и планеты сформировались из холодной пылевой туманности. Благодаря упорядоченному вращательному движению вокруг возникшего центрального сгущения образовалось Солнце, а вокруг меньших сгущений — планеты. Кант поставил вопрос о возникновении Вселенной. Он полагал, что сформировавшееся

мироздание движется к своей гибели, но в противовес этому в других местах Вселенная будет создавать новые миры. Из анализа имеющихся данных Кант сделал удивительно верные выводы о возможности существования планет далее Сатурна и даже о том, что его кольца состоят из метеоритов, причем подобные кольца могут быть и у других планет.

Спустя десятилетия, в 1796 г., на основании развития методов небесной механики Ньютона, французский ученый **Пьер Симон Лаплас** (1749—1827) математически доказал устойчивость Солнечной системы и ускорение движения Луны, предсказал возможность существования коллапсирующих звезд, выдвинул концепцию о происхождении Солнечной системы. Лаплас предположил, что первоначальная туманность была газовой и очень горячей, находящейся в состоянии медленного вращения. Сжимаясь, под действием силы всемирного тяготения, туманность вследствие закона сохранения момента количества движения вращалась все быстрее и быстрее. Из-за больших центробежных сил в экваториальном поясе, от него последовательно отделились кольца. В дальнейшем кольца конденсировались, образуя планеты, а затем образовалось Солнце.

Несмотря на существенные различия между двумя гипотезами, общим является представление о том, что Солнечная система возникла в результате закономерного развития туманности. В истории естествознания эта теория имела широкое признание и получила название **небулярной концепции Канта — Лапласа**. Она оставалась первой ротационной гипотезой вплоть до конца XIX в.

Проблемами астрономии в XVIII в. успешно занимаются и математики **А. Клеро, Д'Аламбер**, их усилиями разработаны математические методы, которые позволили вычислить массу Земли и Солнца; расстояние между ними, оценить размеры Солнечной системы и расстояние до звезд.

У. Гершелем были открыты и систематизированы звездные туманности, его каталог включал около 2500 туманностей.

В 1845 г. **У. Парсонс** обнаружил спиралевидную структуру туманностей, открытых У. Гершелем. Это породило поток новых гипотез о природе звездных туманностей, действующих в них силах, а также о происхождении небесных объектов. **Эрнст Хладни** (1756—1827), развивая идею единства вещества во Вселенной, предложил концепцию происхождения метеоритов как остаточного строительного материала планетных систем. В 1846 г. **И. Галле** открыл новую планету — Нептун, основываясь на предсказаниях и вычислениях У. Леверье. Это открытие завершило оформление и всеобщее признание первой научной картины мира на основе классической механики.

В 1842 г. **Х. Доплер**, наблюдая спектры звезд, которые содержат те же цветные линии, что и земные источники света, установил, что частота света зависит от движения источника света и от движения наблюдателя. При точном измерении оказалось, что спектральные линии звезд несколько сдвинуты в сторону фиолетового конца спектра. Причем в течение половины года все спектральные линии звезд сдвинуты в сторону фиолетового конца, а в следующую половину — в сторону красного. Эти наблюдаемые сдвиги в спектре звезд получили название **эффекта Доплера**, который оставался загадкой вплоть до начала XX века.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково значение наук о Земле в современном естествознании?
2. Каким образом наука о Земле связана с биологией?
3. Что входит в состав биогеофизической системы?
4. В чем состоит мировоззренческое значение наук о Земле?
5. Выделите основные исторические этапы в развитии натурфилософии.
6. Кому принадлежала первая классификация наук?
7. Какой вклад в развитие естествознания внесли работы Н. Коперника, Г. Галилея, И. Кеплера, Р. Декарта, И. Ньютона?
8. В чем сущность небулярной теории Канта — Лапласа?

5. Современные представления о Вселенной, Галактиках и звездах

Основные положения современной космологии (релятивистской) — науки о строении и эволюции Вселенной стали складываться в 20-х годах XX века.

А. Эйнштейн (1878—1955) на основе теории относительности предложил модель Вселенной, представляющую собой замкнутое трехмерное пространство, конечное по объему и неизменное во времени. В 1922 г. российский математик **А. А. Фридман** (1888—1925), исходя из постулата об однородности Вселенной, на основе уравнений общей теории относительности получил интересный вывод; искривленное пространство не может быть стационарным, оно должно или расширяться, или сжиматься. Этот принципиально новый результат нашел свое подтверждение в 1929 г., после обнаружения американским астрономом **Э. Хабблом** красного смещения спектральных линий в излучениях окружающих нас галактик. **Красное смещение** объясняется на основе эффекта Доплера, который гласит, что при удалении от нас какого-либо источника колебаний, воспринимаемая нами частота колебаний уменьшается, а длина волны увеличивается. При излучении линии спектра сдвигаются в сторону более длинных красных волн. Это смещение определяется скоростью удаления галактик, которая, в свою очередь, пропорциональна расстоянию до галактики: $V = H \times r$ (закон Хаббла), где r — расстояние до галактики, H — постоянная Хаббла. Отношение r / V позволяет установить, как давно начали «разбегаться» галактики. В этой связи первоочередной задачей выступают исследования расширения Вселенной и определения ее возраста по продолжительности расширения. Из результатов наблюдения следует,

что скорость разбегания галактик увеличивается примерно на 75 км/с на каждый миллион парсек (1 парсек равен 3,3 светового года: световой год — это расстояние, проходимое светом в вакууме за 1 земной год). При данной скорости экстраполяция к прошлому свидетельствует о том, что возраст Вселенной оценивается в 13,7 млрд лет.

По мере развития естествознания и особенно ядерной физики выдвигаются различные гипотезы о физических процессах на разных этапах космологического расширения. Теорию первоначально очень плотной и очень горячей Вселенной первым в 1948 году развил **Г. А. Гамов**, американский ученый российского происхождения. Эта теория называется **теорией Большого взрыва**. Основные черты этой теории сохранились до сих пор, хотя и испытали определенную модернизацию.

Предполагается, что первоначально Вселенная находилась в условиях, которые трудно вообразить на Земле. Такое расширение должно начаться с некоторой сингулярной точки, в которой должна быть сконцентрирована вся материя. Поэтому состояние материи в этой точке должно удовлетворять специфическим условиям. *Эти условия характеризуются наличием высокой температуры и давления в сингулярности, в которой была сосредоточена материя. Такое допущение вполне согласуется с установлением расширения Вселенной, которое могло начаться, когда она находилась в очень горячем состоянии и постоянно охлаждалась по мере расширения. Такая модель «горячей» Вселенной впоследствии была названа стандартной.* Начальная температура внутри сингулярности превышала 10^{13} градусов по абсолютной шкале Кельвина, в которой начало шкалы соответствует 273 градусам шкалы Цельсия. Плотность материи равнялась бы приблизительно 10^{93} г/см³. Такую величину трудно вообразить. В подобном состоянии неизбежно должен был произойти «большой взрыв», с которым связывают начало эволюции в стандартной

модели Вселенной, называемой также моделью «**большого взрыва**». Из этой модели следуют два вывода: 1) химический состав наблюдаемой части Вселенной в среднем одинаков. Вещество в ней на 77 % состоит из водорода и на 22 % — из гелия (такое значительное количество гелия невозможно объяснить термоядерными реакциями в звездах); 2) в сегодняшней Вселенной должно наблюдаться слабое электромагнитное излучение, сохранившее память о начальном этапе развития Вселенной и поэтому названное **реликтовым**.

В 1964 году американские астрофизики **А. Пензиас** и **Р. Вильсон** экспериментально обнаружили фоновое электромагнитное излучение (реликтовое), одинаковое по всем направлениям и не зависящее от времени суток. Это излучение эквивалентно излучению абсолютно черного тела с температурой около 3 К. Оно наблюдается на волнах длиной от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Происхождение реликтового излучения связывают с эволюцией Вселенной, которая в прошлом имела очень высокую температуру и плотность.

Модель горячей Вселенной получила признание в качестве стандартной модели. Однако почему произошел Большой взрыв, эта модель не объясняет. Остаются без ответа вопросы об асимметрии вещества и антивещества во Вселенной, о причинах образования галактик.

Важный шаг на пути понимания самого раннего этапа эволюции Вселенной был сделан в 2000 г. в лаборатории Центра европейских ядерных исследований (Женева). Было получено новое состояние материи — кварк-глюонная плазма. Предположили, что в таком состоянии Вселенная находилась первые 10 мкс после большого взрыва. До сих пор удавалось охарактеризовать эволюцию материи на стадии не ранее трех минут после взрыва, когда уже сформировались ядра атомов.

5.1. Структура Вселенной

Вселенная — это весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Часть Вселенной, доступная исследованию современными астрономическими средствами, называется Метагалактикой.

В 1963 г. на границе наблюдаемой Вселенной, удаленной от нас на миллиарды световых лет, были обнаружены интересные объекты, получившие название **квазаров**. Квазары выделяют огромную энергию, примерно в 100 раз превосходящую энергию излучения самых гигантских галактик. Какие физические процессы могут приводить к выделению столь колоссального количества энергии, пока неясно.

Центральными объектами структуры Вселенной являются **галактики**, слово «галактика» (от греч. galaktikos — млечный) появилось для обозначения звездной системы, к которой принадлежит Солнце. В современном понимании галактика — скопление звезд и звездных систем, которое имеет свой центр притяжения (ядро). Пространство галактики пронизано магнитными полями, космическими лучами, потоками нейтрино. Одна галактика включает до 10^{13} звезд. Метагалактика содержит несколько миллиардов галактик, которые образуют группы (несколько галактик), скопления (сотни галактик) и сверхскопления (тысячи галактик). Одиночные галактики встречаются редко. В пространстве Вселенной галактики распределены по всем направлениям равномерно. Среднее расстояние между группами и скоплениями галактик в 10—20 раз больше размеров самих галактик.

В структурном отношении выделяют разные формы галактик: сферические, спиралевидные, эллиптические, сплюснутые, неправильные. Наибольшее распространение во Вселенной получили спиральные галактики. Они имеют ядро, в котором сконцентрировано до 10 % массы всей галакти-

ки. Ядро галактики — главный источник энергии. Спиралевидные галактики считаются самыми молодыми и энергетически мощными. В таких галактиках вокруг ядра группируются старые звезды и массивные облака межзвездного газа. Средние по возрасту и молодые звезды располагаются в диске и спиральных рукавах. Звезды и звездные системы в галактиках движутся по орбитам. В них сосредоточено от 97 до 99,9 % вещества галактики.

Звезды — это газовые шары, которые светят собственным светом (в отличие от планет). Отдельные группы звезд — созвездия — выделяли еще в древности, в их названиях отражены образ мыслей, предания, легенды и жизнь разных народов. Сейчас на звездном небе выделено 88 созвездий с четко обозначенными границами. Созвездия служат фоном, на котором изучаются и описываются положения перемещающихся по небу тел. Созвездия, по которым проходит годовой путь Солнца, относят к **полюсу Зодиака**. В древности в него входили 12 созвездий, отсюда деление года на 12 месяцев, так как Солнце проходит участок каждого из них за месяц, т.е. по 30 градусов дуги. Сейчас путь Солнца проходит через 13 созвездий (стало «заходить» в созвездие Змееносца).

В оценке размеров звезд исходят из массы Солнца. **Сверхгиганты** имеют массу равную 60 массам Солнца, а размеры превышают размеры Солнца в десятки и сотни раз. **Звезды-карлики** значительно уступают по своим размерам Солнцу. Некоторые из них меньше Земли и ее спутника Луны. Вещество их отличается чрезвычайно высокой плотностью. Еще большей плотностью обладают **нейтронные звезды**. Их диаметр всего 20—30 км, а средняя плотность вещества более 100 млн т/см^3 . Нейтронные звезды, быстро вращаясь, излучают импульсы, поэтому и называются **пульсарами**. Если масса ядра звезды превышает две массы Солнца, то его сжатие силами гравитации происходит неудержимо. В результате возникает **черная дыра** — массивный объект, из которого не могут вылетать

частицы или фотоны. О его существовании можно судить лишь по сильному гравитационному притяжению.

Звездные спектры содержат большое число линий поглощения, что говорит о наличии в звездах различных химических элементов. Как показывает спектральный анализ, в наружных слоях звезд преобладает водород, на втором месте — гелий. Так, на каждые 10 тысяч атомов водорода приходится тысяча атомов гелия, примерно 10 атомов кислорода, немного меньше углерода и азота и всего один атом железа.

Источник светимости звезды — термоядерные реакции преобразования водорода в гелий, протекающие при высоких температурах. В результате этих реакций образуется достаточно устойчивое гелиевое ядро. Происходящие в нем процессы поддерживают устойчивое состояние звезды. По характеру свечения выделяют: **переменные звезды**, которые меняют свой блеск и спектр излучения, **красные гиганты**. В результате распада красных гигантов формируются **желтые и белые карлики**. Звезды характеризуются различными поверхностными температурами: «холодные» звезды с температурой 3—4 тыс. градусов — красного цвета; Солнце с температурой поверхности до 6 тыс. градусов имеет желтоватый цвет. Самые горячие звезды — с температурой выше 12 тыс. градусов имеют белый и голубоватый цвет.

Продолжительность жизни звезд различна: от нескольких миллионов до миллиардов лет.

В галактических системах выделяют такие объекты как **протозвезды**, которые имеют низкую температуру и состоят из слабо светящегося газа. Протозвезда — начальное состояние в рождении звезды, образующееся в результате конденсации космического вещества, вызванной действием гравитационных и магнитных сил.

Расстояния до звезд измеряют методом **паралакса**. Здесь единицами длин служат парсек и световой год.

Стационарное состояние звезды зависит от ее массы. Расчеты показывают, что если исходная масса звезды больше 1,4 массы Солнца, то внутреннее давление газов и плазмы не компенсирует сил тяготения и происходит гравитационный коллапс, который может привести к взрыву и выбросу ядер тяжелых элементов в космос в виде рассеянного вещества. Колоссальная энергия, выделяющаяся при таком взрыве, фиксируется в астрофизике как вспышка **сверхновой звезды**. После взрыва сверхновой звезды формируются звезды второго поколения и иного начального состава; к ним относится и наше Солнце. Предполагается, что часть массы сверхновой звезды продолжает существовать в виде особого невидимого космического объекта черной дыры или в виде нейтронной звезды в зависимости от исходной массы.

Вспышку сверхновой звезды наблюдали китайские астрономы еще в 1054 г. в созвездии Тельца. Так, остатки оболочки этой звезды образовали Крабовидную туманность. Она является мощным источником излучения, что свидетельствует о происходящих внутри нее интенсивных процессах. Со временем она рассеется в пространстве. Вспышки сверхновых звезд наблюдали примерно раз в 150—300 лет в каждой галактике. Установлено, что с момента рождения нашей Галактики вспыхнуло около миллиарда сверхновых звезд.

На небе в ясную безлунную ночь хорошо видна яркая белесоватая полоса — это наша Галактика — **Млечный Путь**. При вечерних наблюдениях он простирается через созвездия Скорпиона, Стрельца, Орла и дальше вверх к созвездиям Лебедя, Цефея и Кассиопеи: при утренних — через созвездия Персея, Возничего, Тельца, Близнецов, Ориона и Большого Пса. В южном полушарии он проходит через созвездия Паруса, Киля, Южного

Креста и Центавра. Таким образом, Млечный Путь образует на небе полный круг, который греки называли молочным кругом. Его население составляют около 200 млрд старых и молодых звезд (Солнце одна из них), которые вращаются вокруг галактического центра. В центре находится скопление звезд с сильным радиоисточником (рис. 1). Предполагают, что это черная дыра с массой в миллион солнечных масс.

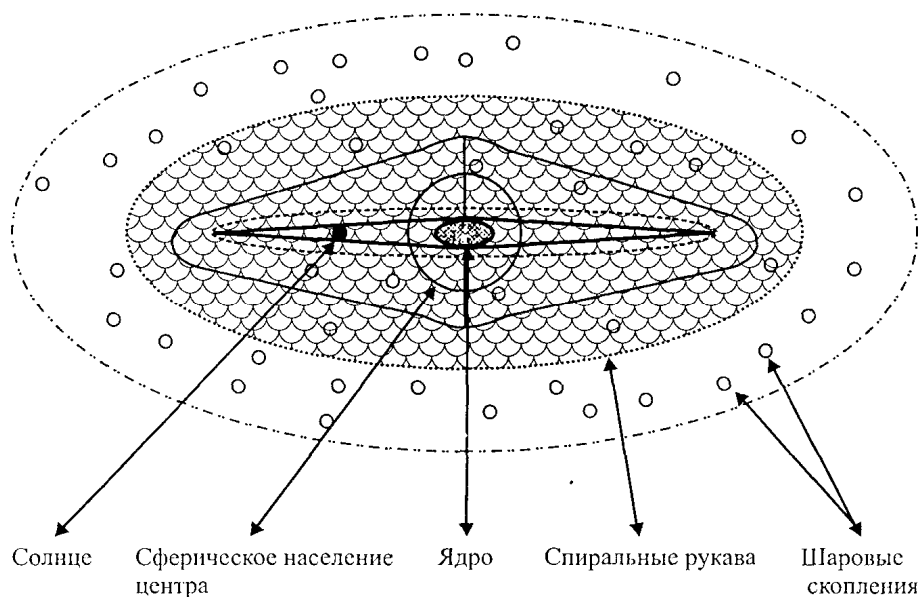


Рис. 1. Строение галактики Млечный Путь

В 1938 году шведский ученый Б. Линдбланд и голландский астрофизик Я. Оорт установили факт принадлежности Солнца к Млечному Пути. Оно расположено на расстоянии 30 тыс. световых лет от центра (на периферии, в ее спиральном рукаве). Скорость движения Солнечной системы вокруг центра галактики составляет 240 км/с. Галактический год, в течение которого Солнце делает полный оборот вокруг центра Млечного Пути, длится 230 млн лет.

Ближайшие к нам галактики — Магеллановы Облака (в Южном полушарии) и туманность Андромеды (в Северном полушарии).

6. Происхождение и структура Солнечной системы

Научные концепции возникновения и эволюции Солнечной системы появились более 250 лет назад. В основном конкурировали две из них. Первая связана с гипотезами о катастрофическом, «одномоментном» выбросе вещества из Солнца с образованием планет. Это гипотезы о критическом сближении Солнца и большой кометы (Ж. Бюффон, XVIII в.) или звезды (Д. Джинс, Г. Джеферсон, Т. Чемберлен и Ф. Мультон, XX в.), или, будучи двойной звездой, Солнце столкнулось с массивным космическим объектом и вторая звезда послужила материалом для образования планет (Б. Рассел, XX в.). Вторая гипотеза объединяет представления о длительном формировании Солнечной системы за счет универсального для Вселенной процесса «комкования» первоначально разряженной космической среды в локальные плотные космические тела за счет гравитационных сил (Р. Декарт, XVII в., И. Кант и П. Лаплас, XVIII в.).

Первой естественно-научной космогонической гипотезой о происхождении Солнечной системы считают небулярную концепцию Канта — Лапласа. Однако она не объясняла наблюдаемого распределения момента количества движения между центральным телом — Солнцем и 8 планетами разных размеров и масс.

Российский ученый **О. Ю. Шмидт** в 1944 г. предложил **метеоритную гипотезу**, согласно которой Солнце при обращении вокруг центра Галактики захватило своим притяжением холодное облако пыли, из которого сформировались допланетные тела — планетезимали. В гипотезе Шмидта была снята проблема распределения количества движения в Солнечной системе. Трудностей в объяснении вращения планет не возникало, поскольку первоначальный момент вращения захваченного облака мог быть большим.

Академик **В. Г. Фесенков** считал, что образование планет связано с переходом от одного типа ядерных реакций в глубинах Солнца к другому. Однако, какая концепция соответствует действительности решить сложно, поскольку все выдвинутые концепции имеют недостатки и носят характер гипотезы.

В настоящее время о Солнечной системе известно достаточно много из астрономических наблюдений, астрофизических исследований, из фактических данных, собранных космическими аппаратами, а также полученных в результате исследований космического излучения и метеоритов, попадающих на Землю. В этой связи наиболее влиятельной является концепция шведских астрономов **Х. Альвена** и **С. Аррениуса**. Они исходят из представления о некотором едином механизме планетообразования на основе гравитационных, электромагнитных и магнитогидродинамических взаимодействий, происходящих в горячей плазме. Закономерное действие единого механизма проявляется в образовании планет, а затем их спутников. К моменту образования планет должны сложиться определенные условия. Центральное тело — Солнце уже должно существовать и обладать магнитным полем, превышающим некоторое критическое значение. Звездная окрестность должна содержать разряженную плазму. Ученые считают, что материал для планет имел внешнее происхождение. Мощное гравитационное поле молодого Солнца притянуло поток газопылевых частиц межзвездного пространства. Так возникла область вторичных тел Солнечной системы.

Вышеназванная концепция подтверждается сравнительными исследованиями изотопного состава вещества метеоритов, Солнца и Земли: обнаружены совпадения изотопного состава метеоритов и Земли и отклонения в одноименном ряду изотопов Земли и Солнца. Это говорит о том, что в истории Солнечной системы существовали первоначальная газово-

пылевая туманность и некоторая часть вещества с иным изотопным составом, поступившая из другого газово-пылевого облака. Смешение двух облаков, произошедшее более 4,5 млрд лет назад, положило начало образованию Солнечной системы.

Солнечная система представляет собой группу планет, их спутников, множество астероидов и метеоритов. С учетом физических характеристик все планеты делятся на две группы: землеподобные — Меркурий, Венера, Земля, Марс и планеты-гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Планеты земной группы состоят из силикатов и алюмосиликатов и отличаются высокой плотностью, в среднем $5,5 \text{ г/см}^3$. Планеты-гиганты состоят из водорода и гелия, а средняя плотность их вещества близка к плотности воды. Самая дальняя от Солнца планета — Плутон, открытая в марте 1930 г., по своим размерам близка к астероидам. Она состоит из центрального тела и спутника. Плутон — малоизученная планета, поэтому ученые расходятся во мнении, к какой группе ее отнести.

Все планеты вращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости, называемой **эклиптикой**. Они светят отраженным светом и по своему размеру и массе значительно меньше Солнца. Планеты имеют спутники: у Земли и Плутона — по одному спутнику, у Марса и Нептуна — по два, Уран имеет 5 спутников, Сатурн — 32, Юпитер — 39. Характерные параметры планет земной группы (в долях от соответствующих характеристик Земли) представлены в табл. 1. Самая массивная из планет земной группы — Земля, её масса $5,89 \times 10^{24} \text{ кг}$, средняя плотность Земли $5,52 \text{ г/см}^3$.

Малые планеты — астероиды. Между орбитами Марса и Юпитера обращается вокруг Солнца множество космических тел — это астероиды. Большинство астероидов — карлики. Самый крупный астероид был открыт в 1801 г. итальянским астрономом Лд. Пиацци и назван Цере-

рой, его диаметр 770 км. Происхождение астероидов пока не известно. Согласно одной гипотезе, они представляют собой осколки бывшей планеты, но более вероятно то, что астероиды никогда не были частями одного тела, а образовались в процессе сгущения пылевой среды в результате взаимного притяжения составляющих их частиц. Сейчас известно более 3000 малых планет, вращающихся вокруг Солнца в среднем на расстоянии 2,75 а. е. Структуру пояса астероидов определяет возмущающее влияние соседних планет, в основном Юпитера и Марса. Общая масса малых планет составляет 0,001 % массы Земли, они не имеют правильных форм, о химическом составе можно судить по выпадению метеоритов из этого пояса. Астероиды диаметром более 1 км и с орбитами, пересекающими орбиту Земли, составляют 43 % и могут столкнуться с ней. Над проблемой защиты от астероидной опасности работают ученые Европы, России, США. Так, 7 января 2002 г. астероид VB5 пролетел на расстоянии от Земли всего 823 тыс. км.

Кометы — это глыбы твердого вещества, состоящие из различных видов льда — замерзших воды, метана, аммиака и углекислого газа. В эту ледяную смесь заключены песчаная пыль, крупные камни и куски металла. Кометы движутся вокруг Солнца по орбите, имеющей форму вытянутого эллипсоида и даже парабол. При приближении к Солнцу лед начинает испаряться и вокруг ядра кометы образуется оболочка, которая под действием светового давления и солнечного ветра отталкивается в сторону от Солнца, образуя **хвост кометы**.

Этот хвост может тянуться на сотни миллионов километров. Сейчас известно почти 1000 комет, некоторые из них возвращаются к Солнцу, а другие, появившись раз, уходят в межзвездное пространство. Так, комета Галлея, открытая в 1786 г., возвращается каждые 76,03 года. Самое последнее ее появление происходило в 1985—1986 гг. Комета Шумей-

кер-Леви, открытая в 1993 г., в июле 1994 г. столкнулась с Юпитером (выделив энергию в тротиловом эквиваленте 1 Мт) и закончила свое существование.

Т а б л и ц а 1

Планеты Солнечной системы

Планета	Среднее расстояние от Солнца, а.е.	Радиус, км	Период обращения вокруг Солнца, годы	Масса	Плотность
Меркурий	0,4	2439	0,24	0,06	0,72
Венера	0,72	6052	0,62	0,82	0,94
Земля	1	6371	1	1	1
Марс	1,52	3378	1,88	0,11	0,74
Юпитер	5,2	—	11,86	318	0,24
Сатурн	9,54	—	29,46	95,1	0,12
Уран	19,18	—	84,01	14,6	0,24
Нептун	30,07	—	164,8	17,2	0,23

Подобное, но меньших масштабов произошло на Земле 30 июня 1908 г. В районе Подкаменной Тунгуски снежный шар диаметром 120 м (вторичный фрагмент ледяного ядра кометы Энке) столкнулся с атмосферой Земли и на высоте 8—9 км взорвался (выделив энергию равную 450 Хиросимам), получив название Тунгусского метеорита. Считают, что 65 млн лет назад с Землей столкнулось ледяное ядро диаметром 10 км, в результате на полуострове Юкатан образовался ударно-взрывной кратер. Поскольку кометы несут до 30 % пыли, которая при взрыве поднимается вверх и закрывает Солнце, то примерно через 4 месяца температура на Земле снизилась до -50°C . Американские ученые полагают, что именно с этой катастрофой связана гибель динозавров. Открытие все новых комет продолжается.

Метеоры и метеориты. Видимый след в небе, оставляемый вспыхнувшим объектом при его вхождении в атмосферу, называется **метеором**. Это

световое явление еще называют «падающими звездами». Иногда метеорное тело при движении в атмосфере не успевает испариться и достигает поверхности Земли. Этот остаток называют **метеоритом**. За год на Землю попадает около 2000 метеоритов. Они бывают каменные, железные и железокаменные. Поверхность Земли покрыта метеоритными кратерами, заметны более 130 кратеров ударно-взрывного происхождения диаметрами до 400 км. Крупнейший метеорит находится в Западной Африке, его масса оценивается в 100 000 т; Сихотэ-Алинского метеорита, упавшего в дальневосточной тайге, — 23 т. Полагают, что метеориты части астероидов. Изотопный метод показал, что возраст метеоритов достигает 4,5 млрд лет, что согласуется с данными о возрасте Земли и Солнечной системы в целом.

6.1. Характеристика Солнца

Солнце находится в центре Солнечной системы, в нем сосредоточено 99,866 % всей массы Солнечной системы, однако 98 % момента количества движения сосредоточено в планетах. Солнце — обычная звезда, со средней продолжительностью жизни 10 млрд лет. Оно вращается вокруг своей оси, но на разных гелиографических широтах скорость его вращения различна: на экваторе Солнце делает оборот за 25 суток, вблизи полюсов — за 33. Различные скорости вращения возможны только потому, что Солнце — плазменный шар, его радиус примерно 696 тыс. км, плотность — около $1,4 \text{ г/см}^3$, температура поверхности составляет около 6000 К, ускорение свободного падения на Солнце равно 274 м/с^2 .

В структуре Солнца различают внутреннее ядро — гелиевое с температурой, равной 15 000 000 К. В ядре сосредоточено более 50 % массы Солнца, тогда как радиус ядра составляет 25 % от радиуса Солнца. В состав Солнца входят водород, составляющий 73 % по массе и гелий — 25

% . Остальные 2 % — более тяжелые элементы (Fe, S, Mg, N, Si и др.). Источник солнечной энергии — термоядерные процессы превращения водорода в гелий, которые совершаются в центральных областях Солнца (рис. 2). Далее следует **фотосфера**, так условно называют поверхность Солнца. Поверхность Солнца никогда не бывает спокойна. Наблюдаемые подвижные пятна свидетельствуют о сильных вертикальных движениях солнечного вещества. Выше слоя фотосферы располагается солнечная атмосфера, в ней выделяют две части: хромосферу и солнечную корону. Нижний слой — **хромосфера**. В этой зоне происходят постоянные вспышки солнечного газа, похожие на языки пламени. **Солнечная корона** имеет протяженность 12—13 млн км. Температура газов в солнечной короне достигает 1,5 млн К. Эта часть Солнца хорошо наблюдается во время полных солнечных затмений.

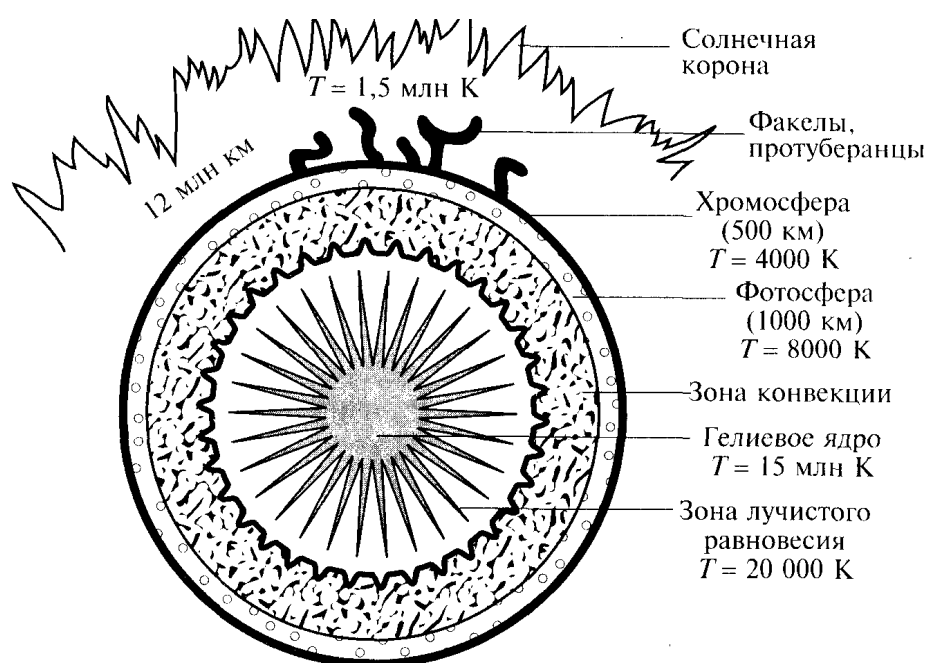


Рис. 2. Внутренняя структура Солнца

Солнечный ветер представляет собой поток плазмы (протоны и электроны с альфа-частицами и ионизированными атомами углерода, кислорода и других элементов). Его скорость вблизи Земли достигает 400—500 и даже 1000 км/с.

Солнце излучает все типы электромагнитных волн, начиная с радиоволн и кончая гамма-лучами. В атмосферу нашей планеты поступает очень мало заряженных частиц, так как магнитное поле Земли бронирует её поверхность. Но даже малая часть заряженных частиц способна вызвать возмущения в магнитном поле. Так, когда потоки заряженных частиц, порожденные солнечными вспышками, достигают Земли, они создают в полярных областях изумительный мерцающий свет — северное сияние. **Солнечная постоянная** — это количество солнечной энергии, поступающей на 1 м² поверхности атмосферы, расположенной перпендикулярно солнечным лучам.

Солнце обладает сильным магнитным полем, полярность которого изменяется один раз в 11 лет. Эта периодичность совпадает с 22-летним циклом нарастания и убывания солнечной активности, когда формируются солнечные пятна с диаметром в среднем 66 000 км. Они обычно сопровождаются группой светлых полосок — факелов. Видимые на диске волокна названы **протуберанцами**. Это массы более плотного и холодного газа, поднимающиеся над хромосферой на сотни и тысячи километров. Кроме оптического и рентгеновского излучения, Солнце излучает потоки частиц — **корпускул**. Солнечные корпускулярные потоки оказывают большое воздействие на верхние слои атмосферы нашей планеты.

Все процессы на Земле испытывают влияние космических циклов, связанных с движением Солнца в пространстве Вселенной. Периодичность кругового движения Солнца вокруг центра Галактики влияет на внутреннее состояние Солнечной системы. Галактический цикл (150—200 млн лет), связанный

с орбитальным движением Солнца вокруг центра Галактики, совпадает с циклическими процессами горообразования на Земле и наиболее крупными изменениями в органическом мире. Космические циклы с периодом 680 и 40 млн лет связаны с обращением Солнца вокруг центра местной звездной системы в созвездии Геркулеса и пересечении плоскости Галактики. Цикл в 40 млн лет совпадает с продолжительностью некоторых геологических периодов, относящихся к разным эрам: силурийского и пермского периодов в палеозое; мелового и юрского в мезозое; палеогенового в кайнозое.

Активность Солнца влияет на процессы, происходящие на Земле. Установлено её влияние на погоду и климат, на геофизические оболочки. Возникновение магнитных бурь также связано с активностью Солнца. Вспышки и резкие изменения магнитных полей на Солнце приводят к возмущениям в солнечном ветре, изменяя давление на земную магнитосферу. Во время вспышек из солнечной атмосферы в межпланетное пространство выбрасываются потоки заряженных частиц, энергии которых намного больше энергии частиц солнечного ветра. Когда поток солнечных высокоскоростных частиц достигает Земли, происходит сжатие магнитосферы, нарушающее ее динамическое равновесие с ионосферой. В результате сложных преобразований энергии ударной волны в магнитосфере и ионосфере на поверхности Земли возникают значительные колебания естественных электромагнитных полей. Сильные колебания электромагнитного поля Земли называют **магнитными бурями**, или **геомагнитными возмущениями**. Им отводится роль агентов влияния солнечной активности на процессы в биосфере, а также на организм человека и через него на жизнь человеческого общества.

Продолжительность жизни Солнца определяется превращением водорода в гелий в его недрах. Расчеты показали, что атомного горючего должно хватить еще на 5 млрд лет. Когда запасы водорода снизятся, гелиевое ядро будет сжиматься, а внешние слои, наоборот, расширяться, и

Солнце превратится сначала в «красного гиганта», а затем в «белого карлика», пройдя обычный путь эволюции звезды.

6.2. Положение Земли в Солнечной системе

Земля — наиболее крупный и сложный динамический объект из всех внутренних планет Солнечной системы. Фигура Земли представляет собой трехосный эллипсоид и отличается от эллипсоида вращения. По данным измерений, Земля — сплюснутый у полюсов шар (**геоид**); его полярный радиус меньше экваториального на 21,382 км из-за влияния центробежной силы, возникающей в результате вращения Земли вокруг своей оси. Сжатие Земли составляет $1/298,3$ м. В тех случаях, когда не требуется высокая точность, средний радиус Земли принимают равным 6371 км. Площадь поверхности — 510 100 000 км². Длина экватора 40 075 696 км. Длина меридиана 40 008 550 км.

Шарообразная форма Земли обуславливает закономерное уменьшение угла падения солнечных лучей на земную поверхность в направлении от экватора к полюсам. В результате этого происходит уменьшение в том же направлении количества солнечной энергии, получаемой земной поверхностью, и связанная с этим важнейшая закономерность географической оболочки — широтная зональность.

Земля находится на таком расстоянии от Солнца, при котором приливное трение невелико и планета быстро вращается вокруг своей оси.

6.3. Движения Земли и их географические следствия

Земля одновременно вращается вокруг своей оси, движется вокруг Солнца, около общего с Луной и около общего для всей Солнечной системы центров тяжести, а также в составе Солнечной системы перемещает-

ся вокруг ядра Галактики. Однако для жизни на планете главными процессами являются осевое и орбитальное движения нашей планеты.

Земля вращается с запада на восток против часовой стрелки и делает полный оборот вокруг оси за 23 ч 56 мин 4,1 с (звездные сутки). За земную ось принимают воображаемую прямую линию, вокруг которой вращается Земля. Земная ось пересекается с земной поверхностью в двух точках, называемых полюсами — Северным и Южным.

Экватор — большой круг, образованный пересечением Земли, перпендикулярный оси вращения на расстоянии, равном от обоих полюсов. Если мысленно пересечь Землю рядом параллельных экватору плоскостей, на земной поверхности появятся линии, называемые **параллелями**, имеющими направление запад—восток.

При мысленном пересечении Земли плоскостями, проходящими через ось ее вращения, на поверхности Земли возникают линии, называемые **меридианами**, имеющие направление север—юг. Линейная скорость вращения всех точек на одном меридиане уменьшается от экватора к полюсам.

Период полного осевого вращения Земли — сутки. Они приняты за естественную единицу измерения времени.

Отрезок времени, за который Земля делает оборот вокруг своей оси по отношению к Солнцу, называют **истинными солнечными сутками**. Солнечные сутки несколько длиннее звездных, что объясняется одновременным вращением Земли вокруг оси и ее движением вокруг Солнца. В то же время Земля при своем движении по орбите меняет скорость: находясь ближе к Солнцу (в перигелии), движется быстрее, а дальше (в афелии) движется медленнее. Это приводит к тому, что продолжительность истинных солнечных суток в течение года неодинакова. Для удобства истинное солнечное время заменяют средним солнечным, которое всегда равно

24 ч. За начало суток принимают момент нижней кульминации среднего Солнца, т.е. полночь.

Сутки начинаются одновременно на всем меридиане. Каждый меридиан имеет свое местное время, и чем восточнее он расположен, тем раньше начинаются на нем сутки. Вращаясь, Земля за 1 час поворачивается на 15° , поэтому на меридианах, отстоящих друг от друга на 15° , местное время отличается на 1 час. Если расстояние между меридианами 1° , разница во времени 4 мин. Местное время неудобно из-за различий во времени соседних пунктов, расположенных на разных меридианах, поэтому в конце XIX в. ввели **поясное время**, разделив всю поверхность Земли на 24 часовых пояса по 15° каждый. При переходе границы время меняется на 1 час.

Начальный пояс проходит по обе стороны от нулевого меридиана, называемого **Гринвичским**. Время начального меридиана принято в качестве **всемирного времени**. Границы поясов не везде проведены по меридианам, а с учетом политических, административных и хозяйственных границ.

С целью экономии электроэнергии и более полного использования населением солнечного освещения в утренние часы во многих странах, в том числе и в России, в конце марта стрелки часов переводили на 1 час вперед. Это время называется летним. В конце октября стрелки переводили на 1 час назад — это зимнее время, соответствующее поясному. В 2011 году отменено зимнее время в России.

*При переезде из одного часового пояса в другой стрелки часов нужно перевести вперед, если движетесь на восток, или назад, если движетесь на запад. В конце кругосветного путешествия с запада на восток стрелки будут переведены вперед на 24 ч, т.е. одни сутки будут «потерянными». Чтобы при перелете из одного полушария в другое счет времени был правильным, установили условную линию — **линию перемены дат**. Она проходит по 180° -му меридиану в Тихом*

океане и не пересекает сушу. При пересечении этой линии с востока на запад одни сутки из счета выбрасываются, т.е. после 1 сентября наступит 3, а при пересечении этой линии с запада на восток на следующий день повторится то же число.

Земля, вращаясь вокруг своей оси, в то же время движется вокруг Солнца со средней скоростью 30 км/с. При такой большой скорости она совершает полный оборот вокруг Солнца за 365 суток 5 ч 48 мин 46 с. Этот период называется **астрономическим годом**. Путь, по которому Земля движется вокруг Солнца, называется **орбитой**. Орбита представляет собой замкнутую кривую, имеющую форму эллипса длиной 940 млн км. Солнце находится не в центре, а смещено в сторону — в один из фокусов, поэтому расстояние от Земли до Солнца меняется в зависимости от положения Земли на орбите.

Времена года на Земле существуют по той причине, что земная ось не находится под прямым углом к плоскости орбиты. При движении по орбите направление земной оси не меняется и всегда направлено в сторону Полярной звезды (рис. 3).

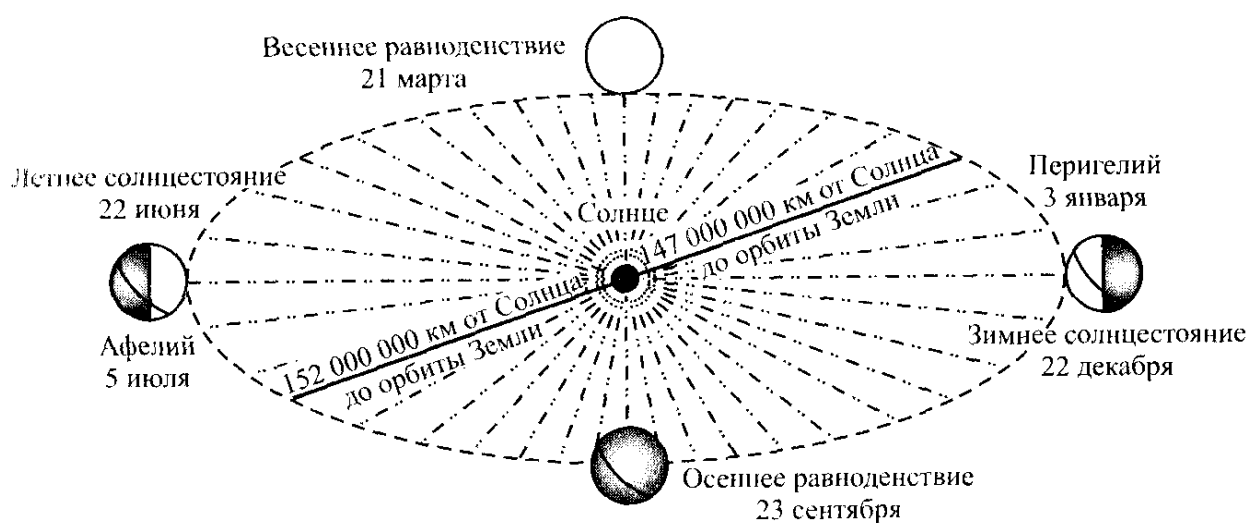


Рис. 3. Схема движения Земли вокруг Солнца

21 марта в результате наклона земной оси к плоскости орбиты день и ночь могут быть равны на всех широтах только в тот момент, когда земная ось лежит в светораздельной плоскости, а светораздельная линия проходит через географические полюса. Это **день весеннего равноденствия**. Затем каждый день вплоть до 21 июня Солнце в полдень бывает в зените в более северных точках планеты. В Северном полушарии лето наступает, когда Северный полюс наклонен в сторону Солнца. 22 июня называют **днем летнего солнцестояния**. Солнце находится в зените на параллели $23^{\circ} 27'$ с. ш. Эту параллель называют Северным тропиком — тропиком Рака. В это время самая большая продолжительность светлой части суток, она не меняется в течение нескольких дней. В это же время на параллели $66^{\circ} 33'$ с. ш. вплоть до 90° Земля оказывается полностью освещенной и при вращении не попадает в тень. Смены дня и ночи не происходит. Это время называют полярным днем.

После 22 июня все эти явления происходят в обратном порядке до тех пор, пока 23 сентября Солнце вновь не окажется в полдень в зените на линии экватора и линия, отделяющая освещенное полушарие от неосвещенного, не пройдет через полюса. Это **день солнечного (осеннего) равноденствия**.

Земля продолжает движение по орбите и все больше поворачивается к Солнцу своим Южным полушарием. 22 декабря Солнце в полдень находится в зените в самых южных точках на параллели $23^{\circ} 27'$ ю. ш., которую называют южным тропиком — тропиком Козерога. Это второе солнцестояние в году — лето в Южном полушарии. В это время к северу от Северного полярного круга бывает полярная ночь, а к югу от Южного полярного круга — полярный день.

6.4. Возраст Земли

Установить возраст Земли оказалось возможным после открытия явления радиоактивности. Стало понятно, что радиоактивные ядра распадаются с постоянной скоростью, не зависящей от изменения окружающих физико-химических условий. В природе есть элементы, содержащиеся в минералах, радиоактивный распад которых используется в геологическом летоисчислении. Это U^{238} , U^{235} , Th^{232} , K^{40} , Rb^{87} , C^{14} .

Абсолютный возраст горной породы определяется из количественного соотношения в ней радиоактивного элемента и продуктов его распада.

Длительное время считали, что самым древним горным породам Земли 3,8—3,9 млрд лет. Они обнаружены в Восточной Сибири, в Западной части Гренландии, в Антарктиде. Позже в Австралии в песчаниках возрастом 2,9 млрд лет обнаружили минерал циркон, которому 4,3 млрд лет. Циркон попал в песчаники при разрушении более древних пород.

В результате обработки земных и лунных образцов пород, метеоритов установлен их возраст — 4,55 млрд лет. Этот возраст был определен на основе изотопных отношений $Pb-206/Pb-207$. Итак, предполагают, что землеподобные планеты имеют возраст 4,6—4,55 млрд лет, а возраст Солнца 4,65—4,6 млрд лет.

По мере разработки методик ядерной геохронологии удалось определить границы распространения горных пород разного возраста.

Относительный возраст пород оценивается достаточно просто в одном геологическом разрезе, поскольку каждый налегающий пласт образовался позднее того пласта, на который он ложится. Этот стратиграфический метод применяют и при сравнении возраста пород в разных разрезах, однако приходится привлекать данные палеонтологии для сопоставления возрас-

та слоев, так как для каждого отрезка геологической истории имеются свои характерные представители вымершей флоры и фауны.

В 1881 г. на Международном геологическом конгрессе была принята геохронологическая шкала, были введены термины: мегацикл, эра, период, эпоха, век, время. Хотя это разделение условно, но на рубеже соседних эр или периодов происходили существенные геологические преобразования, а каждое подразделение обладало качественным своеобразием.

6.5. Луна — естественный спутник Земли

Подобно тому, как Земля обращается вокруг Солнца, вокруг Земли движется **Луна** — естественный спутник нашей планеты, расположенный на расстоянии 384 000 км. Диаметр Луны в 4 раза, а масса в 81 раз меньше Земли, поэтому сила тяготения на Луне примерно в 6 раз меньше земной. Слабая сила притяжения не позволяет Луне удержать плотную атмосферу и сохранить на её поверхности воду. У Луны очень слабое магнитное поле и нет железного ядра.

Луна покрыта рыхлым слоем реголита, состоящего из фракций магматических пород. Минералогический состав лунных пород близок к земным базальтам, но отличается по содержанию оксидов железа и титана. Реголит — хороший теплоизолятор, не позволяющий проникнуть резким колебаниям температур (от +130 до –170 °C) глубже нескольких десятков сантиметров. Так, в течение лунного дня, который длится 15 земных суток, лучи Солнца накаляют лунный грунт вблизи экватора до 130 °C. В течение ночи, которая длится также 15 земных суток, грунт остывает до –70 °C. Рельеф Луны образуют горные хребты, кольцевые горы-кратеры и равнинные области, называемые морями, на которых наблюдаются отдельные мелкие кратеры метеоритного происхождения.

В отдельных местах лунной поверхности зафиксировано небольшое истечение вулканических газов.

Луна делает полный круг на небе за 27 суток 7 часов 43 минут — это звездный месяц, называемый сидерическим.

Происхождение Луны — предмет ряда гипотез. Предполагают, что 1) образование Луны из того же газово-пылевого облака шло одновременно с Землей; 2) Земля вращалась очень быстро и сбросила часть своего вещества; 3) произошел захват Луны как постороннего тела Землей; 4) произошел скользящий удар о Землю космического тела, масса которого соответствует массе Марса и выброс вещества мантии Земли в околоземное пространство с последующим формированием Луны из этого вещества. Так как состав лунных пород близок составу мантийного вещества Земли, последняя гипотеза пользуется наибольшей популярностью.

Под действием притяжения Луны тело Земли испытывает упругую деформацию, принимая форму симметричного яйца, вытянутого по направлению к Луне вдоль линии, соединяющей центры Земли и Луны. Особенно заметной деформации подвергается водная оболочка Земли. В наиболее близкой к Луне точке океанической поверхности и в диаметрально противоположной образуется вспучивание водной массы (приливный выступ), а на круге, расположенном посередине между этими точками перпендикулярно к линии Земля — Луна, возникает понижение водной поверхности.

Вследствие вращения Земли приливные выступы превращаются в приливную волну, которая обходит вокруг земного шара, перемещаясь навстречу вращению Земли, т.е. с востока на запад. Прохождение через какое-нибудь место гребня волны создает здесь прилив, прохождение впадины волны — отлив. В течение лунных суток бывает два повышения и два понижения уровня моря. Промежуток времени между двумя смежны-

ми самыми высокими (или самыми низкими) стояниями уровня равен 12 ч 25 мин. Во время новолуния и полнолуния, когда Солнце и Луна расположены почти на одной прямой, приливообразующие влияния обоих космических тел складываются, и приливы на Земле достигают наибольшей высоты. Когда направления на Луну и Солнце образуют прямой угол, их влияния вычитаются, и приливы на Земле наименьшие.

Приливная волна, бегущая по Мировому океану навстречу вращению Земли, замедляет это вращение. Вследствие тормозящего эффекта приливного трения земные сутки постепенно становятся длиннее на 1 с в каждые 40 тыс. лет.

6.6. Календарь

Система отчета длительных промежутков времени, в которой установлен определенный порядок счета дней в году и указано начало отчета называется **календарем**. Основной предпосылкой появления календаря, было развитие связи трудовых процессов с ритмикой природы — сменой дня и ночи, фаз Луны, времен года и т.п., отсюда и необходимость измерять время. В основу измерения времени положены три фактора, характеризующих движение небесных тел; вращение Земли вокруг своей оси, обращение Луны вокруг Земли и движение Земли вокруг Солнца. На их основе установлены единицы измерения больших промежутков времени; астрономический год — **365 суток 5 ч 48 мин 46 с, 1 синодический месяц** (промежуток времени между одинаковыми фазами Луны) — **29 суток 12 ч 44 мин 3 с**.

Современный календарь берет начало с древнеримского солнечного календаря, который был введен 1 января 45 г до н. э. Юлием Цезарем — отсюда название **юлианский**. Средняя продолжительность года в юлиан-

ском календаре была принята равной 365 суткам. Для удобства три года подряд считались по 365 дней, а четвертый — 366 дней (высокосный). Вследствие того, что продолжительность юлианского года больше астрономического на 11 мин 14 с, то к XVI в. накопилась ошибка в 10 суток — день весеннего равноденствия наступал не 21 марта, а 11 марта. Эта ошибка была исправлена в 1582 г. указом папы римского Григория XIII, по которому счет дней был передвинут на 10 суток вперед и день после 4 октября предписывалось считать пятницей, но не 5, а 15 октября. Так весеннее равноденствие вновь было возвращено на 21 марта, и календарь стал называться **григорианским** (новый стиль). Разница между старым и новым календарями для XVII в. — 11 суток, XIX в. — 12 суток и для XX в. — 13 суток.

Григорианский календарь в разных странах был введен в разное время. В большинстве европейских стран в конце XVI в. В России счет времени велся от «сотворения мира», после принятия христианства в X в. Год начинали 1 марта, когда приступали к сельскохозяйственным работам. Указом Петра I от 15 декабря 1699 г. в России в 1700 г. были введены христианское летоисчисление и начало года с 1 января от Рождества Христова, т.е. был принят юлианский календарь, которым пользуется Русская православная церковь до настоящего времени. Григорианский календарь был введен в России после Октябрьской революции в 1917 г. Декретом Совета Народных Комиссаров от 24 января 1918 г. была введена поправка в 13 суток, и после 31 января 1918 г. считалось не 1, а 14 февраля. Дни недели в обоих календарях совпадают. Григорианский календарь имеет ряд недостатков: неодинаковая продолжительность месяцев (28, 29, 30, 31 день), неравенство кварталов (90, 91, 92), несогласованность чисел месяцев по дням недели. Поэтому еще в XIX в. обсуждался вопрос о реформе календаря.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое Вселенная, какие объекты ее составляют?
2. Как связаны общая теория относительности и модель расширяющейся Вселенной?
3. Какие наблюдения подтвердили модель Большого взрыва?
4. Что такое Галактика, каковы форма и строение галактик. Где находится Солнечная система?
5. Что такое звезды и какие они бывают? Каковы источники энергии звезд. Какова перспектива эволюции Солнца?
6. Какие основные концепции возникновения и эволюции Солнечной системы Вы знаете?
7. Какова структура Солнечной системы?
8. Что представляет собой Солнце. Что такое солнечный ветер и солнечная постоянная? Как зарождаются магнитные бури?
9. Каково положение Земли в Солнечной системе?
10. Возраст Земли?
11. Что принято за естественную единицу измерения времени. Что такое истинные солнечные сутки, для чего ввели поясное время, где проходит Гринвичский меридиан?
12. За какое время Земля совершает полный оборот вокруг Солнца и как называется путь, по которому Земля движется вокруг Солнца?
13. Какое влияние на Землю оказывает Луна?
14. Какие гипотезы о происхождении Луны Вы знаете?
15. Какие движения Земли легли в основу календаря, какие календари используют сейчас, в чем их недостатки?

Список литературы

1. Бялко А. В. Наша планета — Земля / А. В. Бялко. — М. : Наука, 1989.
2. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания / Т. Я. Дубнищева. — М. : Академия, 2006.
3. Жизнь в окружающей среде / под ред. Г. Я. Ягодина. — М. : Наука, 1995.
4. Калесник С. В. Основы общего землеведения / С. В. Калесник. — М. : Издательство Министерства просвещения РСФСР, 1955.
5. Карпенков С. Х. Концепции современного естествознания / С. Х. Карпенков. — М. : Академ. проект, 2005.
6. Короновский Н. В. Геология / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. — М. : Академия, 2008.
7. Космическое землеведение / под ред. В. А. Садовниченко. — М. : Изд-во МГУ, 1992.
8. Кравец А. С. Наука как феномен культуры / А. С. Кравец. — Воронеж : Изд-во ВГУ, 1998.
9. Лозовский В. Н. Концепции современного естествознания / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2004.
10. Никонова М. А. Землеведение и краеведение / М. А. Никонова, П. А. Данилов. — М. : Академия, 2002.
11. Шипунова О. Д. Концепции современного естествознания / О. Д. Шипунова. — М. : Гардарики, 2006.

12. Фишер Д. Рождение Земли / Д. Фишер. — М. : Высшая школа, 1990.

Учебное издание

ЗЕМЛЯ — ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
(ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОТ АНТИЧНЫХ ВРЕМЕН
ДО СЕГОДНЯШНИХ ДНЕЙ)

Учебное пособие для вузов

Составитель

Стахурлова Лариса Дмитриевна

Редактор И. Г. Валынкина

Подписано в печать 31.03.2011. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Усл. печ. л. 3,4.
Тираж 100 экз. Заказ 1480.

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета.
394000, г. Воронеж, пл. им. Ленина, 10. Тел. (факс) +7(4732) 598-026

<http://www.ppc.vsu.ru>; e-mail: pp_center@ppc.vsu.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии
Издательско-полиграфического центра
Воронежского государственного университета.
394000, Воронеж, ул. Пушкинская, 3