

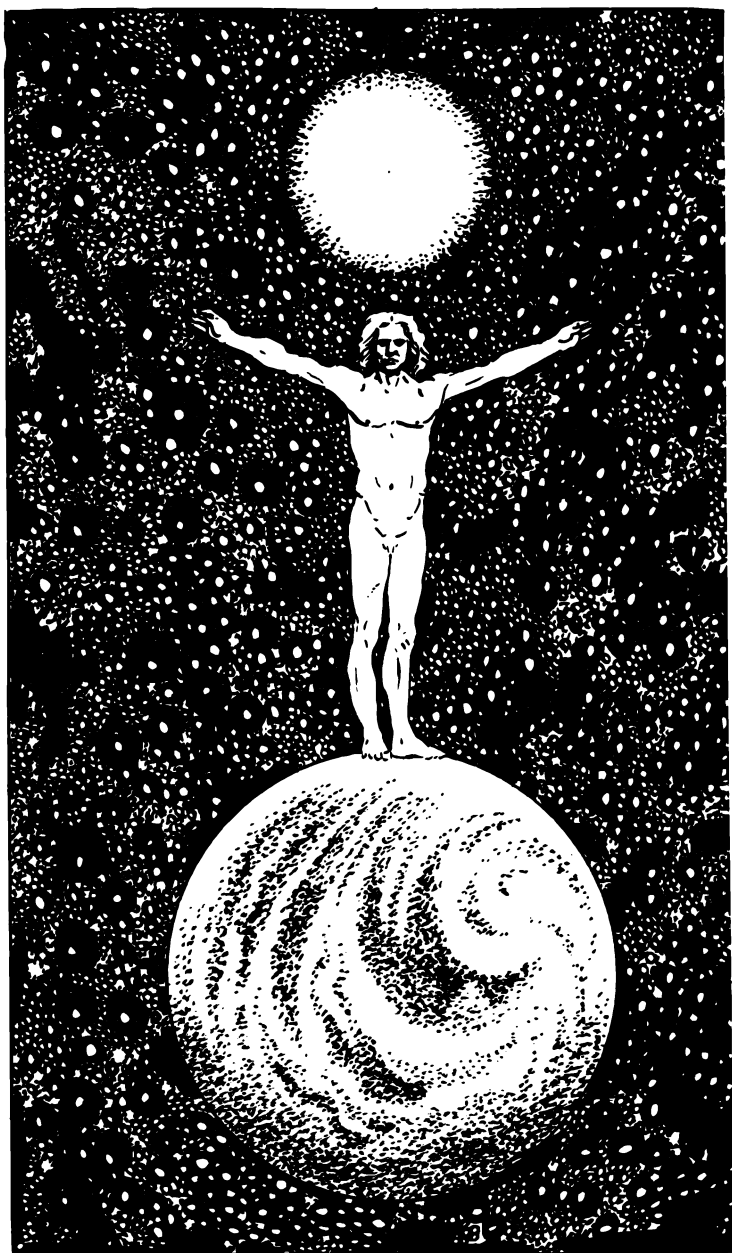
Ф.Ю.ЗИГЕЛЬ ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НЕДРАМ ПЛАНЕТ

Ф.Ю.ЗИГЕЛЬ

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НЕДРАМ ПЛАНЕТ







Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НЕДРАМ ПЛАНЕТ

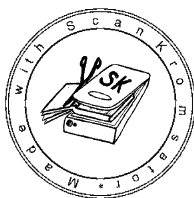


Москва "Недра" 1988

**ББК 22.654
359**

УДК 550.2.523 + 550.31

Рецензент: *Н. П. Грушинский*, д-р физ.-мат наук



ISBN 5-247-00079-X

© Издательство «Недра», 1988

...Есть в сердце земном неизмеримое могущество, которое на месте гор море зиждет и на месте моря — горы...

М. В. Ломоносов

Мы плохо знаем нашу Землю. Самые глубокие буровые скважины достигают глубин около 10 км, что составляет менее 1/600 земного радиуса. О том, что творится в недрах Земли, нам известно лишь по косвенным данным, которые подчас можно истолковать по-разному. До сих пор не прекращаются споры о природе центрального ядра Земли, происхождении нефти, расширении земного шара. Легко указать и ряд других дискуссионных тем в области геофизики и геологии.

Не лучше обстоит дело и с изучением внешней газовой оболочки Земли. Неудачные прогнозы погоды (а они весьма часты) говорят не только о сложности проблемы, но и о плохой изученности многочисленных связей между Землей и Солнцем. Земная магнитосфера, как признают специалисты, изучена очень поверхностно. Долгое время считалось, что земная атмосфера постепенно сходит на нет где-то на высотах 1000—2000 км. Сенсационным оказалось недавнее открытие вокруг нашей планеты внешней плазменной оболочки. Хотя ясно, что процессы в ней оказывают громадное влияние на Землю и солнечно-земные связи, механизм этих процессов пока почти не известен. Между тем в этом случае речь идет о причинах магнитных бурь, полярных сияний, нарушениях радиосвязи, что имеет большое практическое значение.

Общеизвестно, что все познается в сравнении. Так как Земля вовсе не является уникальным объектом во Вселенной, еще в начале века возникло новое направление в науке, названное планетологией. Создателем ее был известный исследователь Марса и его каналов П. Ловелл. В 1906 г. он прочитал лекцию о своих тринадцатилетних исследованиях загадочной планеты и в этой лекции впервые прозвучало слово планетология. По мысли П. Ловелла, этот раздел естествознания должен подробно изучать эволюцию планет-

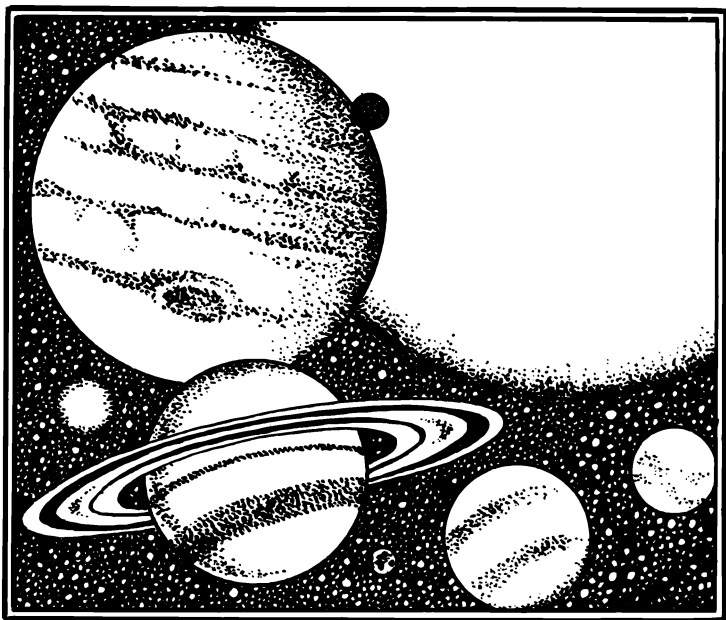
ных миров с момента их образования. Тем самым предполагалось, что планетология заполнит брешь, существовавшую в то время между популярной космогонической гипотезой Д. Мультона и эволюционной теорией Ч. Дарвина. Сам П. Ловелл писал об этом так: «Поэма нашей Солнечной системы начинается великой катастрофой. Столкнулись два солнца. Что было, погибло; чему предстояло быть, родилось. Весьма мало шансов, чтобы встретившиеся тела ударились прямо друг о друга, но и без столкновения результаты встречи были столь же губительны. Из наружных осколков образовались большие и малые массы, а обломки разбитого ядра дали начало нашему центральному телу...»

Далее, подробно рассматривая, как он говорил, «генезис мира», П. Ловелл утверждал, что масса является основным фактором во всем процессе эволюции и всякая планета проходит шесть стадий развития. На первой и второй стадиях она самосветящееся тело, подобное Солнцу. Затем планета остывает, затвердевает, на ней образуются кора и океаны (третья и четвертая стадии). Постепенно испаряясь, океаны в конце концов исчезают, рассеивается атмосфера — и планета заканчивает свое существование в виде безжизненного тела (пятая и шестая стадии). П. Ловеллу казалось, что астрономия начала XX века блестяще подтверждает его эволюционную схему. Планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) находятся во второй стадии, Земля — в четвертой стадии, пустынный и безводный Марс завершает пятую стадию, которая сменится той безжизненной шестой стадией, на которой находится Луна.

С современной точки зрения первые планетологические построения П. Ловелла выглядят, конечно, очень наивными, но главная идея — сравнительный анализ Земли и планет — остается и сейчас актуальной. Верно, конечно, и то, что физическое состояние тела зависит главным образом от его массы. С этой позиции рассматривается космос и в предлагаемой вниманию читателей книге. Мы совершим с вами прогулку по «лестнице» масс, не задерживаясь при этом на самых верхних и самых нижних ее ступенях. В первом случае разговор пойдет о звездах, во втором — о столь малых космических телах, что говорить об их «недрах» просто бессмысленно. А вот средняя часть «лестницы», занятая

планетами и Землей, привлечет наше особое внимание.

Успехи космонавтики за последние годы существенно пополнили наши знания о Солнечной системе. В этой иерархии планет Земля занимает среднее место, возглавляя группу планет земного типа. Для нас она навсегда останется родиной, домом, хотя человечество предполагает и впредь осваивать космические дали. В этой титанической работе знание физической природы планет совершенно необходимо. Автор надеется, что и о Земле в книге для многих найдется что-то новое, неизвестное и это рассеет ложное предубеждение, что нам о Земле все известно. Эволюция жизни на Земле тесно связана с ее недрами, с взаимодействием различных оболочек Земли — геосфер. Двум из них — биосфере и ноосфере — в книге уделено особое внимание. В любом случае приобретение новых знаний доставит любознательному человеку высокое интеллектуальное удовлетворение.



О ТЕЛАХ МАССИВНЕЕ ЗЕМЛИ

Самые простые на свете тела —
это звезды...

К. Эддингтон

Центрами максимального сгущения
материи и энергии в Галактике
являются звезды...

В. И. Вернадский

Подавляющее большинство космических тел гораздо массивнее Земли. Эти тела мы называем звездами и они составляют типичное «население» космоса. Есть немало убедительных аргументов в пользу того, что наша планетная система далеко не уникальна. Подобные системы, скорее всего, есть вокруг многих звезд. Однако не все из них обладают населенными планетами, подобными Земле. Пример Солнечной системы наглядно показывает, что для возникновения и развития жизни нужно особое сочетание массы планеты и внешних условий. Так что существование планетной системы само по себе еще не является гарантией того, что в окрестностях данной звезды существует жизнь.



Недра звезд

Любуясь звездным небом, человек не всегда сознает, что перед его глазами — самые распространенные космические образования. И наоборот — земная твердь, ощущаемая под ногами, — это величайшая редкость, и по крайней мере по массе планетам в космосе отведена незначительная роль.

Любой, самый неискушенный наблюдатель замечает не только разницу в блеске звезд, но и различие в их окраске. Причина этому — размеры звезд, их температура и расстояние до них. Но, как бы ни были многообразны звезды, их объединяет одно — это тела самосветящиеся, излучающие свет за счет своей внутренней энергии. Одно время полагали, что эта энергия выделяется при постепенном сжатии звезды. Подобно тому, как накачивая велосипедным насосом камеру, Вы заставляете его разогреваться, сжатие за счет гравитации исполинского газового шара звезды неизбежно вызывало его разогрев. Правда, подсчеты вскоре показали, что такой механизм не может обеспечить самосвечение звезды в течение миллиардов лет.

Несостоятельной оказалась и другая гипотеза — предположение, что звезда разогревается за счет непрерывного падения на нее метеоритов. Наконец, только к середине текущего века нашлось как будто правильное решение — энергия звезд поддерживается теми ядерными реакциями, которые совершаются в их недрах. Трудно наглядно представить себе эти недра, где давление газа достигает миллиарда мегапаскалей, а температура — миллиона градусов. Теоретики-астрофизики строят модель звезды и происходящих внутри нее ядерных реакций, а затем сравнивают эту умозрительную схему с наблюдениями. Кто-то из них однажды сказал, что самое простое на свете — это звезда. И на самом деле, даже любое мельчайшее знакомое нам живое существо несравнимо сложнее звезды. Речь идет не только о сложных высокомолекулярных соедине-

ниях, составляющих тело всех организмов, но и о тех процессах, которые поддерживают в них жизнь.

А звезда на самом деле устроена очень просто. Это водородно-гелиевый газовый шар, в каждой точке которого тяготение к центру уравнивается силой давления газа. Для обычных широко распространенных звезд температура их центральных областей заключена в пределах от 10 до 20 млн. градусов. Так как на поверхности звезд температура значительно ниже, чем в их центре, в любой звезде совершается постоянный перенос энергии изнутри наружу. Механизмом этого переноса может служить как лучеиспускание, так и конвекция. Достигнув поверхности, внутренняя энергия звезды излучается в пространство.

Устойчивость любой звезды объясняется противоборством двух главных сил — тяготения и давления газа. Первая заставляет звезду сжиматься, но упругость газа, или, как говорят, его давление, этому препятствует. Равновесие двух сил в каждой точке звезды и обеспечивает ее стабильность как космического тела. При некоторых допущениях можно рассчитать, как распределяются плотность, давление и температура вдоль каждого радиуса звезды, т. е., иначе говоря, построить модель звезды, дающую представление о ее общем строении. В современных моделях звезд учитываются не только гравитация и упругость газа, но и потоки электромагнитной энергии, излучаемой звездой. Эта энергия также должна участвовать в создании равновесия внутри звезды, а потому расчеты звездных моделей — дело весьма трудоемкое, требующее привлечения быстродействующих электронно-вычислительных машин.

Рассмотрим теоретические модели некоторых типов звезд. Красные гиганты (рис. 1,а) имеют небольшое гелиевое ядро, в котором температура практически постоянна (изотермическое ядро). Это ядро окружено узкой зоной, в которой выделяется энергия за счет термоядерных реакций. Далее следует зона, где энергия переносится лучеиспусканием. В остальной же части звезды энергия передается конвекцией, т. е. за счет перемешивания вещества. У звезд разных участков так называемой главной последовательности ядра сильно различаются. У бело-голубых звезд (рис. 1,б) сравнительно небольшое конвективное ядро окружено зоной

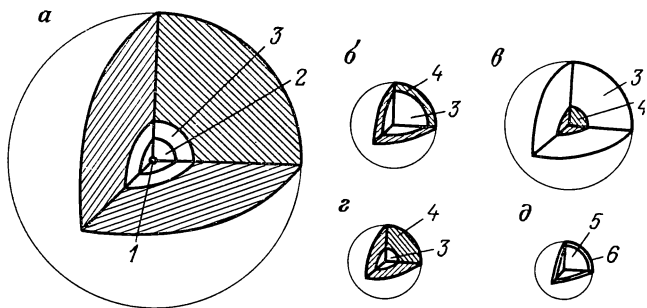


Рис. 1. Модели некоторых типов звезд.

а — красный гигант; *б* — Солнце; части главной последовательности; *в* — верхняя (бело-голубые звезды), *г* — нижняя (красные карлики); *д* — белый карлик; 1 — изотермическое гелиевое ядро; 2 — энергетически выделяющий слой; 3 — зона переноса энергии излучением; 4 — конвективная зона (ядро); 5 — вырожденный электронный газ; 6 — идеальный газ

«лучистого» переноса энергии. В нижней части той же последовательности, т. е. у красных карликов (рис. 1, *г*), роль этих зон, как видит читатель, меняется. У звезд типа Солнца (рис. 1, *б*) толщина конвективной зоны составляет примерно одну седьмую радиуса звезды.

Несколько особняком стоят белые карлики (рис. 1, *д*). В основном они состоят из так называемого «вырожденного газа» — смеси свободных электронов, протонов и альфа-частиц. В этом газе главную роль играют электроны — ими определяется давление вырожденного газа, температура которого близка к 10 млн. градусов. Снаружи белый карлик окружен оболочкой из обычного идеального газа¹.

Какие же процессы совершаются в недрах звезд? Общего ответа на этот вопрос пока нет. У разных звезд различны и термоядерные реакции.

Большинство современных астрономов считают, что в недрах Солнца при температуре около 14 млн. градусов водород «перегорает» в гелий за счет так называемого протон-протонного цикла ядерных реакций. Этот цикл состоит из трех этапов.

¹ Идеальным называется сжимаемый газ, подчиняющийся закону Бойля — Мариотта, т. е. газ, силами взаимодействия между молекулами которого можно пренебречь.

Этап первый. Водород ${}^1\text{H}$ превращается в дейтерий D (изотоп водорода с атомной массой 2) с выделением позитронов β^+ и нейтрино ν . Схематически это можно записать как ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow \text{D} + \beta^+ + \nu$.

Напомним читателю, что позитрон — это частица, по массе равная электрону, но имеющая положительный заряд, а нейтрино — электрически нейтральная частица исчезающе малой массы.

Этап второй. Дейтерий при взаимодействии с водородом превращается в изотоп гелия с атомной массой ${}^3\text{He}$. Этот процесс сопровождается гамма-излучением (γ) — электромагнитным излучением с очень малой длиной волны: $\text{D} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$.

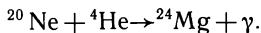
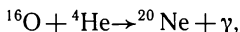
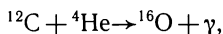
Этап третий. Два атома изотопа гелия превращаются в нормальный атом гелия ${}^4\text{He}$ и два атома водорода: $2{}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2{}^1\text{H}$.

Таким образом, в ходе протон-протонного цикла ядерных реакций водород превращается в гелий. При синтезе ядер гелия часть вещества (за счет так называемого «эффекта упаковки») превращается в излучение. Количество выделяемой при этом энергии можно вычислить по формуле Эйнштейна: $E = mc^2$, где E — количество выделенной энергии; m — масса вещества, превратившегося в излучение; c — скорость света (300 000 км/с).

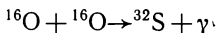
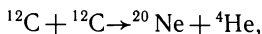
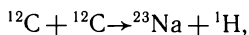
Таким образом, Солнце светит и... «тает», непрерывно уменьшаясь в массе. Каждую секунду Солнце превращает в излучение 4 млрд. тонн своего вещества. Тем не менее запасы вещества Солнца так велики, что термоядерные реакции могут обеспечить его свечение на миллиарды лет!

В центральных ядрах звезд-гигантов и сверхгигантов водорода практически нет, температура здесь достигает сотен миллионов градусов и источником энергии таких звезд служат процессы превращения гелия в углерод по схеме: $3{}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma$, где γ — выделяемое в ходе ядерных процессов коротковолновое излучение. Расчеты для принятых звездных моделей показали, что запасов гелия в гигантских звездах хватит лишь на 10 млн. лет. После этого, если масса звезд достаточно велика, произойдет сжатие ядра звезды, сопровождающееся повышением температуры до 500 млн градусов. Наступит (продолжающийся несколько сотен тысяч лет) период синтеза все более сложных атом-

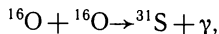
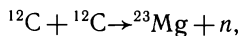
ных ядер (с участием оставшихся в небольшом количестве ядер гелия). Схематически это можно изобразить так:



Чудовищная температура в 500 млн. градусов все же недостаточна для синтеза более тяжелых элементов. Требуются температуры более 3 млрд. градусов, чтобы начались, например, такие реакции:



Реакции этого типа в конце концов могут привести и к образованию ядер атомов железа. При сверхвысоких температурах в недрах звезд совершаются и такие процессы:



где n — свободные нейтроны. Они играют весьма значительную роль. Попадая снова в ядро какого-нибудь элемента, нейтрон может превратиться в протон, при этом порядковый номер атомного ядра повысится. Так могут возникать тяжелые элементы до висмута ^{209}Bi включительно.

Замечательно, что переход от одного типа ядерных реакций к другому сопровождается сжатием и разогреванием звезды — процессом, который был предсказан еще Г. Гельмгольцем, но получил ныне иное истолкование. В некоторых случаях сжатие звезды может привести к резкому выделению из ее недр энергии, т. е.

фактически к взрыву звезды, при котором в ее недрах синтезируются наиболее тяжелые из химических элементов. Таким образом, в современных моделях звезд эти космические тела рассматриваются как ядерные топки, в которых за счет ядерных реакций происходит синтез всех химических элементов, от гелия до самых тяжелых.

Расчеты показывают, что через 5 млрд. лет ядро Солнца сожмется до плотности 10^6 г/см³, а диаметр его будет в 100 раз меньше нынешнего поперечника Солнца. Остальное же вещество Солнца образует расширяющуюся и постепенно охлаждающуюся атмосферу, окутывающую сжавшееся ядро. Иначе говоря, Солнце превратится в красный гигант. За несколько десятков тысяч лет оболочка этого гиганта пройдет через орбиту Земли и рассеется в межзвездном пространстве. На месте же теперешнего Солнца останется сжавшееся ядро, т. е. белый карлик. Во время всех этих метаморфоз температура на нашей планете сначала возрастет до 1000 °С, а затем постепенно уменьшится почти до абсолютного нуля (—273 °С). Такая судьба ожидает Солнце и Землю, если принимаемые ныне теоретические модели звезд соответствуют действительности.

Полной уверенности в этом, впрочем, нет. Не исключено, что источником энергии Солнца и звезд служат не ядерные реакции, а совершенно иные процессы. По этой причине нынешние пессимистические прогнозы могут и не оправдаться. В этом отношении показательна история с солнечным нейтрино. Как уже отмечалось, нейтрино возникает внутри Солнца при совершающихся там ядерных реакциях. Так как эти элементарные частицы обладают фантастической пробивной способностью, поток нейтрино практически беспрепятственно должен доходить до Земли. Однако, несмотря на очень тщательные и многолетние попытки уловить солнечные нейтрино на Земле, до сих пор это не удалось.

Несколько лет назад группа астрономов Крымской астрофизической обсерватории во главе с академиком А. Б. Северным открыла, что Солнце имеет очень малые колебания с амплитудой около 10 км и периодом 2 ч 40 мин. Такие колебания могли возникнуть только в том случае, если Солнце имеет почти однородную

структуру. Но тогда, по расчетам А. Б. Северного, в центре Солнца температура достигает всего 6,5 млн. градусов, чего явно недостаточно для протон-протонного цикла. Как объяснить это несоответствие, пока неясно. Однако замалчивать его бессмысленно, так как нередко из таких «мелких недочетов» рождаются великие открытия.

Массы огромного большинства звезд составляют от 0,05 до 80 масс Солнца. Но есть уникальные объекты, значительно превосходящие эту величину. В соседней с нами звездной системе (Большом Магеллановом Облаке) недавно обнаружена сверхзвезда, излучающая свет в 100 миллионов раз сильнее Солнца. Несложные расчеты показывают, что по поперечнику она в 90 раз превосходит наше дневное светило, а вещества в ней хватило бы на изготовление 3 200 солнц! Современная теория внутреннего строения звезд не может объяснить устойчивость подобного образования — считается, что звезда с массой более 100 солнечных масс неизбежно развалится на части под действием «распирающего» ее изнутри светового давления. Не исключено, что некоторые квазары (квазизвездные радиоисточники) представляют собой сверхзвезды с массой в миллиарды раз больше солнечной. Теоретически объяснить устойчивость таких объектов пока не удастся.

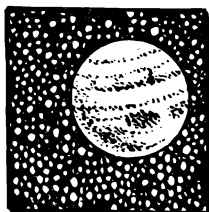
Со стороны малых масс мы, очевидно, вправе ожидать существование объектов, по массе промежуточных между наименьшими из известных звезд и наибольшими из знакомых нам планет. В 1983 г. на расстоянии всего 28 световых лет¹ был замечен странный объект, получивший наименование «бурый карлик». Размеры его сравнимы с размерами планет, масса настолько мала, что термоядерные реакции в его недрах просто невозможны, а тусклое свечение бурого карлика возникает за счет обычного гравитационного сжатия. Этот объект, обозначенный LHS2924, излучает в основном в инфракрасной области спектра, а температура его поверхности близка к 1950 °С. Не исключено, что межзвездное пространство заполнено множеством таких бурых карликов, которых мы не замечаем из-за их крайне малой светимости.

¹ Световой год — единица звездных расстояний, равен пути, который свет проходит за год, т. е. $9,46 \cdot 10^{12}$ км.

Звезды хотя и долговечны, но не вечны. Для каждой из них неизбежно наступит момент, когда спустя миллиарды лет после рождения звезда погаснет, покроется твердой корой и в конце концов превратится в то, что принято называть «звездным трупом». Дальнейшая судьба таких бывших звезд неизвестна, хотя их существование вряд ли можно оспаривать. Известный американский астроном Х. Шепли (1885—1972 гг.) назвал эти темные тела лилипутами, что вполне оправдано их малой массой.

«В конце концов,— писал он ¹,— нам может быть удастся пронаблюдать их радиоизлучение (если эти невидимые тела обладают электрически заряженными атмосферами) или усиление их вулканической активности. Одно из таких тел может в один прекрасный день забрести в нашу планетную систему и мы сможем обнаружить его по отражению им солнечного света или по возмущениям движения наших самых внешних планет и комет».

Произойдет это событие или нет, никто, конечно, не знает. Пока же природа предоставила нам возможность изучать тела, которые долгое время считались полужвездами, сочетавшими в себе некоторые качества звезд и планет. Возглавляет их величайшая из планет Солнечной системы — Юпитер, названная именем верховного бога древних римлян.



Величайшая из планет

В 1913 г. в очередном издании своей знаменитой «Популярной астрономии» К. Фламарион писал: «Юпитер, по-видимому, еще формирующийся мир, который недавно — несколько тысяч веков тому назад — служил Солнцем в своей собственной системе». Так можно было

¹ Шепли Х. Звезды и люди.— М.: Иностранная литература, 1962.

утверждать во времена, когда причина свечения Солнца и звезд оставалась неизвестной. Нынче мы с уверенностью можем утверждать, что Юпитер никогда не был самосветящимся. Хотя его масса в 318 раз превосходит массу земного шара, он все же «не дотянул» до звезды. Будь его масса в десятки раз больше, то давление в центре Юпитера, а значит, и температура возросли бы до значений, при которых стали бы возможными ядерные реакции. Но этого нет, и потому Юпитер — несамосветящееся тело и его блеск на земном небе является отражением солнечных лучей.

Это не мешает Юпитеру быть одним из самых доступных для изучения астрономических объектов. Даже в небольшие любительские телескопы заметно сжатие Юпитера, составляющее $1/16$ (для Земли — $1/298$). Причина сильного сжатия — быстрое вращение Юпитера вокруг своей оси. Сутки на этой планете продолжаются всего около 10 ч. На желтоватом, слегка сплюснутом диске Юпитера легко различимы сероватые полосы, тянущиеся параллельно его экватору. Они весьма изменчивы, и уже давно астрономы пришли к выводу, что это не детали твердой поверхности, а облака в огромной мощной атмосфере Юпитера. Газовая оболочка в разных зонах движется по-разному. Экваториальные зоны завершают оборот за 9 ч 51 мин, умеренные — за 9 ч 56 мин. Этот факт еще раз доказывает газовую природу видимой поверхности планеты.

Среди атмосферных образований Юпитера есть и такие, которые обладают редкой стабильностью. К ним относится Красное Пятно — громадная розоватая овальная область в южном полушарии Юпитера протяженностью 35 000 км по долготе и около 14 000 км по широте. Уже несколько веков с момента ее открытия (XVII век), положение этой области на диске Юпитера остается почти неизменным, тогда как интенсивность окраски периодически меняется. Бывают годы, когда различить Красное Пятно с Земли бывает затруднительно. Зато в 1979 г. при близком пролете космических аппаратов «Пионер-11» и «Вояджер-1» (их отделяло от Юпитера всего 300 060 км) вихревая природа Красного Пятна стала очевидной. Теперь уже ни у кого нет сомнений, что Красное Пятно — это исполинский вихрь в атмосфере планеты, вращающийся вокруг оси с периодом примерно в 6 земных суток. Невольно вспо-

минаешь земные циклоны, длящиеся обычно несколько дней. На Юпитере же циклоны сохраняются веками (если не тысячелетиями). Не только по размерам (по диаметру Юпитер в 11 раз больше Земли), но и по масштабам всех сходных явлений величайшая из планет несравнимо превосходит то, что окружает нас в земной обстановке.

Есть и аналоги Красному Пятну. Среди других более или менее стабильных пятен выделяется Белое пятно поперечником 16 000 км. Прямые наблюдения зафиксировали над ночным полушарием Юпитера многочисленные молнии. Наше воображение не в состоянии наглядно представить постоянные грозы Юпитера, ослепительные вспышки его гигантских молний и оглушительные раскаты грома, которые не вынесло бы ни одно земное ухо. Остается лишь ограничиться замечанием, что имя бога-громовержца выбрано для крупнейшей из планет очень удачно.

Долголетние и разнообразные исследования (в том числе и с космических аппаратов) доказали, что атмосфера Юпитера на 77 % состоит из водорода и почти на 23 % — из гелия. К этому следует добавить небольшие примеси аммиака и метана, которые одно время считали главными компонентами атмосферы Юпитера.

Весьма важным фактом для понимания природы внутренних областей Юпитера служит наличие вокруг него мощной магнитосферы. Магнитное поле Юпитера в 50 раз сильнее геомагнитного поля и противоположно ему по направлению. Как и у Земли, магнитные полюсы Юпитера не совпадают с его южным и северным полюсами. Ось магнитного поля Юпитера наклонена под углом 11° к его оси вращения.

Магнитосфера Юпитера простирается от его поверхности до границ, удаленных от планеты на 6 млн. км (это почти 90 радиусов Юпитера). Неудивительно, что вокруг Юпитера обнаружены громадные радиационные пояса протяженностью до 2,5 млн. км. Они примерно в 40 000 раз интенсивнее земного радиационного пояса и излучают мощные радиоволны, обнаруженные еще на заре радиоастрономии в 1955 г. Читатель не ошибется, если предположит, что полярные сияния необычных масштабов и интенсивности — обычные явления на Юпитере. Действительно, они с полной определенностью зафиксированы с Земли. Таков вкратце общий внешний

облик Юпитера, по которому приходится судить о его внутреннем строении. Впрочем, о недрах планет позволяют косвенно судить еще ряд величин, которые получают из непосредственных наблюдений.

Об одной из них мы уже упоминали. Это — сжатие, или, точнее, полярное сжатие планеты, равное отношению разности экваториального и полярного радиусов к экваториальному радиусу. Как показывает теория, оно зависит не только от скорости вращения планеты и ее плотности, но и от распределения этой плотности внутри планеты. Скажем, если бы Земля обладала равномерной, повсюду одинаковой плотностью, то ее сжатие было бы равно $1/230$. В другом варианте можно представить себе Землю, в центре которой была бы сосредоточена почти вся ее масса. Этому случаю соответствует сжатие $1/576$. Реальное сжатие Земли ($1/298$) показывает, что плотность слагающего ее вещества возрастает от поверхности к центру.

Средняя плотность планеты — параметр, сравнительно легко определяемый из астрономических наблюдений. Масса планет оценивается по третьему закону Кеплера, или по гравитационному воздействию планет на пролетающие вблизи тела (кометы, космические станции). По угловым измерениям определяют расстояние планеты от Земли и ее объем. Частное от деления массы на объем планеты и есть ее средняя плотность. По ней можно судить о веществе исследуемой планеты.

О том, как нарастает плотность вещества планеты по мере приближения к ее центру, позволяет судить так называемый безразмерный момент инерции. Как известно, момент инерции во вращательном движении играет ту же роль, что и масса в поступательном. Если материальная точка массой m обращается вокруг центра O на расстоянии r , то ее моментом инерции J_0 называется произведение mr^2 . Найдем момент количества движения mvr , которым обладает материальная точка m с линейной скоростью v и угловой ω : $mvr = m\omega r^2 = J_0\omega$. Если система консервативна, т. е. не подвержена действию внешних сил, то по закону сохранения момента количество движения $J_0\omega = \text{const}$. Отсюда следует, что чем меньше момент инерции J_0 , тем больше угловая скорость ω . Этот факт проявляется во многих случаях. Когда, например, фигурист, закру-

жившись, хочет замедлить свое вращение, он раздвигает руки в стороны. Наоборот, для ускорения вращения ему приходится сложить руки по швам. Подобно этому и спортсмены, совершающие сальто, сжимаются в комок как можно плотнее, чтобы быстрее совершить оборот. Таким образом, момент инерции характеризует распределение массы тела относительно его оси вращения и для консервативных систем он определяет скорость вращения.

Для шара радиуса R и массы M момент инерции J относительно его оси вращения $J = kMR^2$, где коэффициент k — безразмерный момент инерции. Оказывается, его значение зависит от распределения плотности внутри шара. Для однородного шара $k = 0,4$, для планет с уплотнением к центру этот коэффициент меньше. Значение k можно определить по движению спутников у тех планет, где они есть. Так, например, для Земли $k = 0,33$, для Юпитера $k = 0,26$. Из этого следует, что повышение плотности к центру Юпитера более значительно, чем у Земли.

На основе всех известных внешних данных о планете теоретически строится ее модель. Задача эта не имеет однозначного решения. Каждая из моделей строится прежде всего на основе предположений о химическом составе планеты в целом. В этом уже есть неопределенность, так как непосредственное определение химического состава возможно лишь для самых поверхностных слоев планет. Построенная модель планеты должна давать такое распределение масс с глубиной, которое отвечало бы измеренным сжатию, моменту инерции, средней плотности и, наконец, всему тому, что доступно непосредственным наблюдениям.

Ясно, что построение моделей планет — задача очень сложная, и решаться она может по-разному, с различной степенью приближения к действительности. Еще в 1950—1951 гг. советские астрономы академик В. Г. Фесенков и профессор А. Г. Масевич построили удачные модели всех планет-гигантов. По их вычислениям получалось, что наблюдаемые свойства этих планет легче всего объяснить, если предположить, что на 75—85 % они состоят из водорода и на 15—25 % — из гелия. Примеси остальных более тяжелых химических элементов в лучшем случае составляют несколько процентов или, скорее, доли процента. Этот теоре-

тический прогноз оказался на редкость удачным и хорошо соответствовал последним данным о планетах-гигантах.

С тех пор теоретическое моделирование планет получило значительное развитие. Изменилась физика, большой прогресс наблюдается в теории твердых тел и высоких давлений, наука вообще стала иной за тридцать с лишним лет. Соответственно возросла и точность теоретических моделей планет. Подробно об этом можно прочитать в обстоятельной монографии В. И. Жаркова¹. Здесь же мы изложим результаты наиболее удачного современного моделирования внутреннего строения Юпитера и других больших планет (рис. 2).

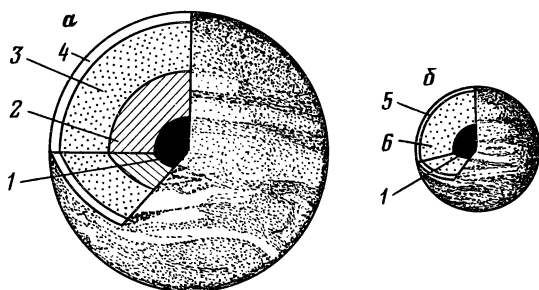


Рис. 2. Внутреннее строение Юпитера (а) и Урана (б).

1 — ядро из горных пород; 2 — металлический водород; 3 — жидкий молекулярный водород; 4 — газовая оболочка (H_2 , He); 5 — газовой-жидкая оболочка (H_2 , He , NH_3 , CH_4); 6 — ледяная мантия (NH_3 , CH_4)

В изучении этих проблем большая роль принадлежит группе сотрудников Института Физики Земли АН СССР В. П. Трубицыну, А. Б. Макалкину, И. А. Царевскому во главе с В. И. Жарковым.

По расчетам этих ученых, если принять, что внутри Юпитера отношение массы гелия к водороду такое же, как у Солнца, т. е. 20 % гелия и около 80 % водорода, то давление в центре Юпитера достигает 5 млн. МПа, а температура 25 000 °С. Самый внешний слой Юпитера — газовый, состоящий почти полностью из водорода и гелия. Его толщина составляет 0,02 радиуса Юпитера. Глубже идет очень толстый слой жидкого

¹ Жарков В. И. Внутреннее строение Земли и планет.— М.: Наука, 1983.

молекулярного водорода, своеобразный водородный океан толщиной 0,22 радиуса Юпитера (его экваториальный радиус 71 400 км). Поэтому надежды К. Фламариона увидеть, как он писал, твердую «почву» сквозь прорывы в облачном покрове Юпитера — выглядят сегодня совсем несбыточными. Тем не менее твердая поверхность у Юпитера все-таки есть, только гораздо глубже.

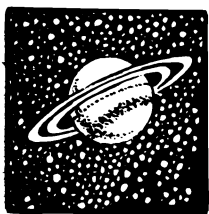
Водородный океан, глобально омывающий Юпитер, имеет своеобразное дно. Это слой так называемого «металлического водорода», простирающегося в глубину на 0,16 радиуса Юпитера. Дно это очень «вязкое», так как резкого перехода от жидкого водорода к металлическому, по-видимому, не существует. Сам термин «металлический водород» сильно напоминает пресловутое «деревянное железо». Между тем металлический водород — вполне реальное состояние вещества. Уже на глубине около 10 000 км в жидком водородном океане Юпитера давление вышележащих слоев достигает такой величины (250 тыс. МПа), что молекулярный водород переходит в металлическую фазу. Он превращается в одновалентный металл, в котором протоны и электроны существуют раздельно. По свойствам он вполне напоминает обычный жидкий металл с высокой проводимостью. При быстром вращении планеты в нем возникают кольцевые электрические токи, которые и создают необычайно мощное магнитное поле Юпитера.

Центральные области Юпитера заняты твердым железо-силикатным ядром, радиус которого составляет 0,15 радиуса Юпитера. Не исключено, что оно покрыто сплошной коркой льда или даже обычным жидким океаном, масса которого в 30 раз больше массы Земли. При весьма высокой температуре (25 000 °C) в центре Юпитера излучение тепла наружу неизбежно. И действительно, Юпитер получает от Солнца в 27 раз меньше тепла, чем Земля. Легко подсчитать, что, если бы это был единственный источник энергии, верхние слои атмосферы Юпитера при этом имели бы температуру — 160 °C. На самом же деле она теплее на 30 °C. Значит, их согревает тепло, идущее из недр Юпитера. Возможно, что оно служит причиной и весьма бурных процессов в его атмосфере.

В других теоретических моделях фигурируют иные числа, характеризующие толщину оболочек, но общая

картина остается прежней. Некоторые исследователи полагают, что ядро Юпитера находится в сверхплотной фазе и состоит из водорода и гелия с примесями силикатов, железа и никеля, причем его поперечник не превышает 9 000 км. Если это так, то у Юпитера вообще нет твердой поверхности в земном смысле слова и эта планета может считаться «несостоявшейся звездой».

Мир Юпитера — удивительный, сказочный и вместе с тем реальный. Снаружи — быстроменяющаяся облачная оболочка, окраска деталей в которой создается небольшими примесями каких-то веществ, возможно фосфина PH_3 . Она скрывает огромный океан из жидкого водорода глубиной много тысяч километров. Ниже идет еще более удивительная оболочка из металлического водорода, прикрывающая какое-то очень плотное и, возможно, твердое ядро. В нашем земном опыте ничего похожего не встречалось, хотя в 1975 г. в одном из институтов АН СССР был получен металлический водород. Вероятно, уже на глубине 200—300 км в атмосфере Юпитера наступает полная тьма, господствующая, конечно, и ниже. Юпитер, крупнейшая из планет Солнечной системы, по своей природе есть нечто среднее между карликовой звездой и планетами земного типа.



Легче воды

В популярных книгах по астрономии иногда приводится забавный рисунок: в колоссальном воображаемом водном бассейне с легкостью пробки плавает Сатурн. Эта фантастическая ситуация отражает реальный факт — из всех главных планет Солнечной системы только Сатурн имеет среднюю плотность меньше единицы. Это, впрочем, не мешает ему, благодаря своему знаменитому кольцу, быть самой эффектной из планет.

По размерам Сатурн уступает только Юпитеру.

Его масса в 95 раз, а поперечник в 9,4 раза превосходит земные, а сжатие ($1/10$) даже больше, чем у Юпитера. Сутки на Сатурне близки к 10,5 ч, а вращение атмосферы имеет такой же зональный характер, как у Юпитера. Вокруг Сатурна обращается 17 спутников.

Долгое время считалось, что кольцо, или, точнее, кольца¹ Сатурна,— его уникальная особенность (рис. 3). За последние десятилетия выяснилось, что и другие планеты-гиганты обладают кольцами, правда, гораздо менее яркими, чем кольца Сатурна. Например, в 1979 г. с пролетных автоматических космических станций «Вояджер» вокруг Юпитера были обнаружены два кольца, состоящие из мелких камней и пыли. Оба они лежат в экваториальной плоскости Юпитера, причем внешний край большего кольца имеет радиус 126 000 км, внутренний — 113 000 км. Кольцо очень тонкое — его толщина не превышает 1 км. Второе — внутреннее кольцо имеет аналогичную природу и почти примыкает к внешним слоям атмосферы Юпитера. Замечательно, что существование этого кольца было предсказано еще в 1960 г. киевским астрономом С. К. Всехсвятским. Оправдались и его предсказания о существовании колец Урана и Нептуна.

Что касается ярких колец Сатурна, то они были открыты еще в XVII веке, но лишь в последнее время средствами космонавтики было доказано, что кажущиеся с Земли сплошными кольца Сатурна на самом деле распадаются на великое множество узких и тонких «колечек». Как и у Юпитера, кольца Сатурна состоят из покрытых льдом камней, поперечник которых не превышает 10 м. Толщина всех колец Сатурна не превышает 2 км.

Спектральный анализ показал, что в атмосфере Сатурна присутствуют водород, метан, ацетилен и этан. Что касается содержания химических элементов, то возможно Сатурн на 90 % состоит из водорода и гелия. Спектр гелия таков, что его линии находятся за пределами видимой нам части спектра.

Вокруг Сатурна существует магнитное поле, но гораздо слабее, чем у Юпитера. Его напряженность

¹ Кольца Сатурна имеют множество делений (темных промежутков), главные из которых названы именами Дж. Кассини и И. Энке.

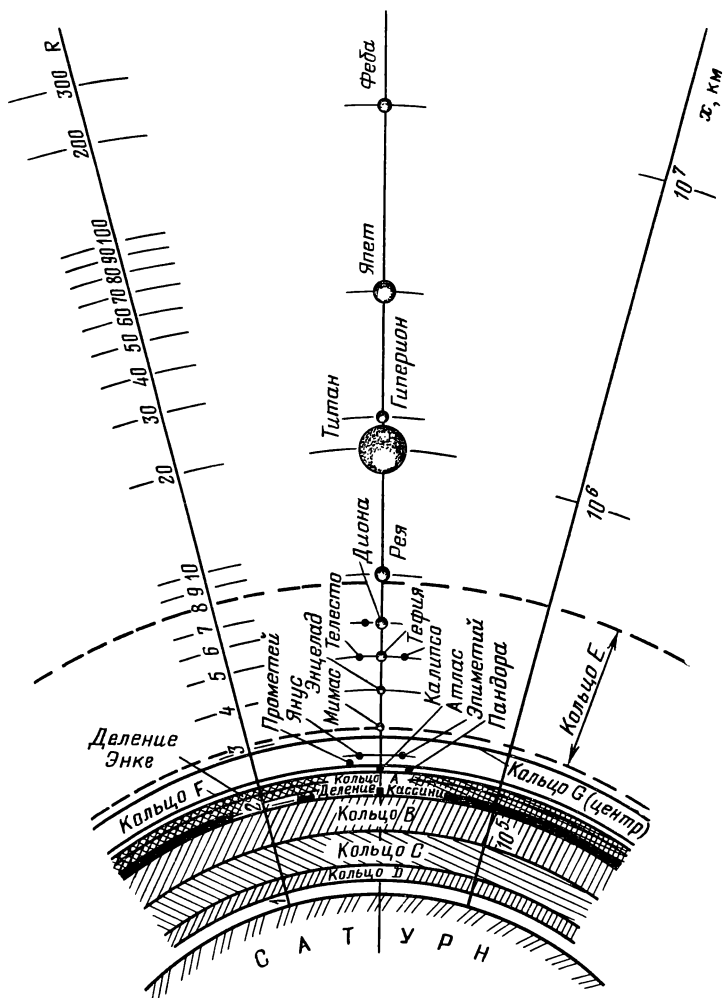


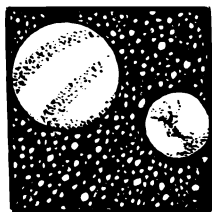
Рис. 3. Схема расположения колец и спутников Сатурна (R — расстояние в радиусах Сатурна)

на экваторе планеты не превосходит $15,9 \text{ А/м}$. Магнитосфера Сатурна простирается на 35 его радиусов и по структуре схожа с магнитосферой Земли. Хотя и слабо, но Сатурн излучает радиоволны, что свидетельствует о наличии вокруг него радиационного пояса. Для Сатурна безразмерный момент инерции $k = 0,26$, что почти

совпадает с его значением для Юпитера. Неудивительно, что сходны и модели обеих планет.

По одной из наиболее достоверных моделей толщина газовой атмосферы Сатурна близка к 1000 км. Ниже расположен глобальный океан из смеси водорода с гелием. На глубине примерно в половину радиуса планеты (60 000 км) температура повышается до 10 000 °С, а давление до 3 тыс. МПа. Как и у Юпитера, еще ниже идет слой металлического водорода. Именно здесь при вращении планеты возбуждаются электрические токи, которые и порождают магнитосферу Сатурна. В центре Сатурна под огромным давлением и при температуре 20 000 °С находится расплавленное силикатно-металлическое ядро. Его масса в 9 раз превосходит массу Земли, а поперечник близок к 0,5 радиуса планеты. В модели, рассчитанной группой В. Н. Жаркова, металлический водород образуется с уровня 0,46 радиуса Сатурна и простирается до его ядра, радиус которого составляет 0,27 радиуса планеты. Это ядро подогревает всю планету и, в частности, ее атмосферу, где, как и на Юпитере, наблюдаются, правда, менее заметные, полосы и пятна.

Небольшие различия в моделях при большом общем сходстве доказывают, что по своей природе Сатурн — несколько уменьшенное подобие Юпитера.



Гиганты-близнецы

На окраине планетной системы медленно обращаются вокруг Солнца еще две гигантские планеты — Уран и Нептун. Их размеры и свойства настолько схожи, что не будет большим преувеличением считать обе планеты близнецами. Радиус Урана составляет 26 200 км, что более чем в 4 раза превышает радиус Земли. Нептун чуть поменьше — его радиус 24 300 км (3,18 радиуса Земли). Близки и массы этих планет — Уран «тяжелее» Земли в 14,6 раз, Нептун — в 17,2 раз.

Любопытно, что при этом различии средние плотности планет почти одинаковы — $1,71 \text{ г/см}^3$ для Урана и $1,72 \text{ г/см}^3$ для Нептуна.

Обе планеты сравнительно быстро вращаются вокруг своих осей. На Уране сутки близки к 10 ч, на Нептуне они немного длиннее. Зато продолжительность года, т. е. период обращения вокруг Солнца, весьма различна: Уран завершает облет Солнца за 84 земных года, Нептун — за 165 лет. Таким образом, с момента открытия Нептуна (1846 г.) не прошел еще и один нептуннианский год.

Ось вращения Урана почти лежит в плоскости его орбиты и потому он обходит Солнце «лежа на боку». Причина этой уникальной особенности неизвестна, но из-за нее земной наблюдатель может хорошо рассмотреть всю поверхность Урана, включая его полярные области. Несмотря на это обстоятельство, Уран, не говоря уже о гораздо более далеком Нептуне, сложный объект для наблюдений. На Уране с трудом просматриваются слабые сероватые полосы, параллельные экватору, и темно-серые круглые пятна на полюсах. На поверхности Нептуна полосы гораздо слабее и видны далеко не везде, да и то лишь в очень крупные телескопы. Уран заметно сжат (величина сжатия $1/17$), чего нельзя сказать о Нептуне. Их безразмерные моменты инерции строго одинаковы (0,305).

Если бы только Солнце было источником нагрева Урана и Нептуна, то их поверхности имели бы соответственно температуры — 220 и — 230°C . Однако, судя по радиоизлучению этих планет, они несколько теплее (— 150 и — 170°C). Несомненно, что источником нагрева служат горячие недра этих планет. По теоретическим подсчетам в центре Урана при давлении около 600 тыс. МПа температура достигает 10—12 тыс. градусов. Недра Нептуна несколько горячее — при давлении 700—800 тыс. МПа они имеют температуру 12—14 тыс. градусов.

Судя по данным спектрального анализа, атмосферы Урана и Нептуна наполовину состоят из молекулярного водорода H_2 . Там же присутствуют метан (20 %) и аммиак (не менее 5 %). Остальное приходится на долю гелия, этана, ацетилена и, возможно, водяных паров.

Массы Урана и Нептуна примерно в 20 раз меньше массы Юпитера, но этого различия вполне достаточно

для изменения внутренней структуры планеты. В отличие от Юпитера и Сатурна недра Урана и Нептуна лишь на 20 % состоят из водорода и гелия, а остальное приходится на более тяжелые элементы, входящие главным образом в железосиликаты.

Сведения об этих далеких планетах далеко не полны и потому модели их внутреннего строения носят сугубо предварительный характер. Так, по одной из них, Уран (см. рис. 2,б) и Нептун имеют твердые железосиликатные ядра, составляющие примерно 80 % массы этих планет. Поперечники этих недр близки к 16 000 км, что значительно больше диаметра Земли. Каждое из ядер окружено сферическим слоем льда толщиной 8 000 км. Наружные газовые оболочки Урана и Нептуна имеют толщину около 9 000 км и кроме молекулярного водорода включают в себя метан, аммиак и другие перечисленные выше элементы.

По некоторым моделям, атмосфера Урана и Нептуна в нижних своих слоях под большим давлением переходит в жидкое состояние. Этот глобально водородно-гелиевый океан имеет своеобразное дно — очень толстый слой ледяной мантии, содержащий, кроме обычного льда, также твердые «льды» метана и аммиака. Не вполне ясно и состояние ядер Урана и Нептуна — некоторые астрофизики считают их жидкими.

Совсем недавно стало известно, что вокруг Урана и Нептуна есть кольца такой же природы, как у Юпитера и Сатурна. Эти открытия сделаны с помощью наземных фотоэлектрических средств при наблюдении видимых покрытий звезд этими планетами. Оказалось, что Уран окружен девятью очень узкими и тонкими темными кольцами. Их частицы чернее сажи, а ширина в среднем близка всего к 10 км. Расположены они в плоскости экватора, и край самого далекого кольца отстоит от Урана на 51 000 км (почти два радиуса планеты). Никаких подробностей о кольце Нептуна пока нет — наблюдения лишь доказали его существование.

Уран и Нептун представляют собой промежуточные тела между «полузвездами», именуемыми нами Юпитером и Сатурном, и планетами земного типа.



НАША УДИВИТЕЛЬНАЯ ПЛАНЕТА

Мы живем точно во сне неразгаданном

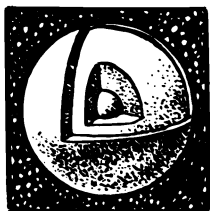
На одной из удобных планет...

Игорь Северянин

Долгое время господствовало убеждение, что в Солнечной системе Земля — лишь одна из обитаемых планет. Фантазия неселяла разумными обитателями не только Марс, но и Венеру и даже планеты-гиганты. Космонавтика положила конец этим иллюзиям. Сегодня уже никто не сомневается в том, что мы, люди, одиноки в Солнечной системе и в этом отношении Земля уникальна. Больше того, оказалось, что остальные планеты разительно отличаются от нашей и ни на одной из них человек не смог бы существовать без искусственных средств жизнеобеспечения.

Этот факт, несомненно, связан с особенностями формирования Земли и ее эволюции как планеты. Мы живем на поверхности Земли, и это обстоятельство очень облегчает не только познание ее недр, но и выяснение всех деталей ее истории. Зарождение биосферы

и ее роль в геологической истории Земли — события, определившие нынешний облик нашей планеты. Вот почему недра Земли тесно связаны с историей всех ее оболочек до атмосферы включительно. Лишь в конце этого раздела мы постараемся взглянуть на Землю извне.



Что там, внутри?

Непосредственное изучение земных недр имеет пока весьма ограниченный характер. Самая глубокая из проектируемых шахт достигает глубины всего 2 км. Ясно, что такой способ исследования недр может дать сведения лишь о самых поверхностных слоях земной коры.

Но существуют различные методы изучения недр Земли. Как известно, период колебания маятника определяется формулой $T=2\pi\sqrt{l/g}$, где l — длина маятника; g — ускорение свободного падения, которое зависит от расстояния маятника до центра Земли и от центробежной силы в данной точке земного шара. Так как Земля представляет собой сплюснутый у полюсов шар, или, точнее, сфероид, его полюсы на 21 км ближе к центру Земли, чем точки экватора. Точные измерения показывают, что ускорение свободного падения на северном полюсе составляет $983,234 \text{ см/с}^2$, а на экваторе оно на $5,2 \text{ см/с}^2$ меньше. Около $2/3$ этой величины вызвано вращением Земли, а $1/3$ — ее сплюснутостью.

Отсюда следует, что маятник в принципе позволяет изучать форму Земли по величине ускорения свободного падения в разных точках ее поверхности. Этим занимается специальная наука — гравиметрия, в распоряжении которой есть высокоточные маятниковые приборы. Следует заметить, что ныне маятниковый метод применяется лишь для решения некоторых специальных задач. Абсолютные же измерения ускорения g выполняют методом свободного падения тел в вакууме. Так как при таких измерениях используют лазерные

интерферометры и кварцевые часы, точность их весьма высока — средняя квадратическая погрешность не превышает 10^{-7} м/с².

Гравиметрия позволяет измерить сжатие Земли (1/298,3), а также ее безразмерный момент инерции (0,331), что очень важно для построения модели внутреннего строения нашей планеты. Но гравиметрия способна и на нечто большее. Представьте себе два одинаковых маятника *A* и *B*. Под первым из них находятся породы повышенной плотности, например руды, под маятником *B* — пустота (скажем, пещера). Ясно, что маятник *A* будет сильнее притягиваться Землей, чем маятник *B*, а значит, и колебаться быстрее. Таким образом, гравиметрические приборы могут успешно выступать в роли разведчиков полезных ископаемых. С их помощью удастся выяснить и некоторые детали строения земной коры.

Методами, позволяющими проникнуть в Землю до любых глубин, т. е. иначе говоря, до ее центра, располагает другая наука — сейсмология. Она изучает распространение в твердом теле Земли волн, вызванных землетрясениями — естественными или искусственными. Чтобы разобраться в причинах и следствиях землетрясений, надо вспомнить кое-что об упругости и волнах.

Если тело после снятия внешней нагрузки принимает первоначальную форму, то его называют упругим. В этом случае говорят об упругой деформации тела. Если же внешние силы необратимо меняют форму тела, то его деформация будет неупругой. Примером безусловно упругого тела является резина — недаром ее используют в различных амортизаторах. Такими же упругими свойствами обладают струна гитары, стальная пружина и ряд других твердых тел. Кусок мягкой глины или замазки может, наоборот, служить типичным примером неупругого тела.

Процесс распространения колебаний в упругой среде реализуется в виде волн, т. е. периодических перемещений частиц среды. При этом каждая из частиц колеблется около некоторого среднего положения равновесия. Когда говорят о фронте волны, подразумевают поверхность, отделяющую колеблющиеся частицы от тех частиц, которые еще не вовлечены в колебательное движение. Если фронт волны является плоскостью, то

волна называется плоской, если фронт волны представляет собой сферу, то волна называется сферической. Различают волны двух типов — продольные и поперечные. В первом случае колебания отдельных частиц происходят в направлении распространения волны. В поперечных волнах частицы колеблются в плоскостях, перпендикулярных к направлению волны. В сущности, продольная волна — это чередование сгущений и разрежений упругой среды. Продольные волны возможны в газах, жидкостях и твердых телах. Что касается поперечных волн, то они наблюдаются или в твердых телах, или на границе раздела двух жидкостей, либо жидкости и газа (например, на поверхности воды). Если колебания распространяются вдоль прямой, эту прямую называют лучом. Колебания могут распространяться и вдоль кривых.

После этого краткого экскурса в область элементарной физики обратимся к тем так называемым сейсмическим волнам, которые возникают при землетрясениях, т. е. при сотрясениях земной коры, вызванных разными причинами. Самые грозные из землетрясений — тектонические, порожденные смещением отдельных участков земной коры. При этом происходит разрыв пород, образуются большие и малые трещины, часть которых выходит на поверхность Земли. Разрывы и смещения пород, слагающих земную кору, вызывают подземные толчки, отдающиеся на земной поверхности. Каждый такой толчок рождает сейсмические волны, достигающие наибольшей силы в очаге землетрясения, называемом сейсмическим очагом. В сейсмическом очаге различают гипоцентр, т. е. глубинную зону, где, собственно, и зарождается землетрясение, и эпицентр — область наибольшей силы сейсмической волны на земной поверхности. Расстояние между эпицентром и гипоцентром характеризует глубину сейсмического очага. Глубина очага тектонических землетрясений чаще всего 50—100 км, хотя бывали случаи, когда такого рода землетрясения зарождались на огромной глубине — до 800 км!

В районе действующих вулканов земная кора также сотрясается, что вызывается прорывами газов и лавы в подводящем канале вулкана. Нередко вулканические землетрясения предшествуют извержению вулкана, однако по мощности они, как правило, уступают тек-

тоническим землетрясениям. Еще более грозны обвальные землетрясения, порождаемые обвалом больших масс горных пород. Наконец, при искусственных взрывах под землей на земной поверхности и невысоко в атмосфере возникают искусственные землетрясения.

Каждый очаг землетрясения — это область внутри Земли, из которой распространяются упругие волны разных типов. Некоторые из этих волн поверхностные, распространяющиеся вблизи земной поверхности, и их свойства, очевидно, тесно связаны со строением земной коры и подстилающих ее сравнительно неглубоких слоев. Гораздо интереснее, пожалуй, пронизывающие почти всю Землю объемные волны, к которым относятся продольные, или Р-волны (от латинского «прима», что значит «первые»), и поперечные, или S-волны (от латинского «секунда», т. е. «вторые»). Продольные волны распространяются быстрее поперечных, поэтому первыми приходят на сейсмические станции. По существу и те, и другие представляют собой звуковые волны очень низких частот. При очень сильных землетрясениях вся Земля начинает колебаться, и эти собственные колебания огромной планеты можно сравнить со звучанием исполинского колокола.

Беда в том, что ни одно ухо не воспринимает это «звучание» Земли, так как все сейсмические колебания рождают инфразвуки. Тем не менее землетрясения позволяют узнать нечто удивительное — строение земных недр, совершенно недоступных иным средствам исследования. Тот факт, что внутри Земли на больших глубинах распространяются упругие волны (рис. 4), свидетельствует о том, что большая часть земного шара находится в твердом состоянии.

Разумеется, не все землетрясения катастрофичны. Ежегодно на земном шаре происходят до 100 000 землетрясений. Однако чаще всего они настолько слабы, что их удастся зафиксировать лишь с помощью специальных высокоточных приборов — сейсмографов. Сейсмограф состоит из пружины и подвешенного груза с укрепленным на нем пишущим устройством. Если Земля не сотрясается, то на бумаге вращающегося барабана получается ровная линия. Любое, даже слабое землетрясение приводит груз на пружине в колебательное движение и сейсмограмма (запись на барабане) становится волнистой, неровной. Чем мощнее земле-

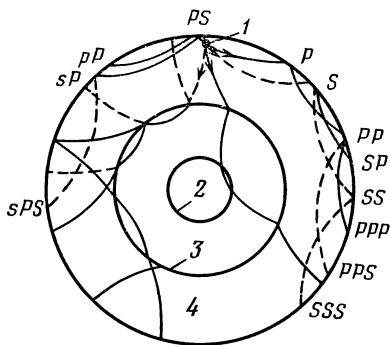


Рис. 4. Преломление сейсмических волн внутри Земли.

1 — очаг землетрясения; 2 — внутреннее ядро; 3 — жидкое внешнее ядро; 4 — твердая мантия

трясение, тем сильнее раскачивается груз, и тем больше амплитуда сейсмических колебаний на сейсмограмме. Применяются сейсмографы с магнитной записью и цифровой регистрацией колебаний. Сейсмограммы обрабатываются и анализируются с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

Сначала сейсмограф фиксирует продольные волны — Р-волны. Через несколько секунд на

сейсмографе появляется запись поперечных волн — S-волн. Их амплитуда больше, чем Р-волн, но так же, как и Р-волны, они быстро затухают. Наконец, последними приходят L-волны (от латинского «лонга» — длинные), т. е. поверхностные волны, вызывающие большие разрушения. По сейсмограмме специалист может узнать расстояние до эпицентра, мощность и другие параметры землетрясения.

В 1964 г. установлена международная сейсмическая 12-балльная шкала интенсивности землетрясений, включающая все мыслимые сотрясения Земли — от неощутимых, регистрируемых только сейсмографами (1 балл), до катастрофических, 12-балльных, вызывающих радикальные изменения рельефа (горные обвалы, изменения русел рек, образование огромных трещин в почве).

Во время слабых землетрясений из недр Земли высвобождается сравнительно небольшая энергия (10^3 Дж). Зато энергия, выделяемая при катастрофических сотрясениях Земли (до 10^{19} Дж), равноценна одновременно взрыву сотен водородных мегатонных бомб! Недаром землетрясения считаются самыми грозными из всех природных явлений, с которыми сталкивается человек. Историки донесли до нас страшные картины древних катастроф. Землетрясение 526 г. на европейском побережье Средиземного моря превра-

тило в груды развалин многие города и уничтожило 200 тыс. человек. В 1556 г. в китайской провинции Шаньси во время мощнейшего землетрясения погибло 830 тыс. человек. Не исключено, что древние предания о гибели Тира и Сидона, Содома и Гоморры отражают реальные события, связанные с сотрясениями Земли.

Если бы Земля была однородной, сейсмические волны распространялись бы внутри нее по прямой. Иначе говоря, сейсмические лучи были бы прямолинейны, а скорость их — одинаковой. Изменения скорости и направления сейсмических лучей внутри Земли указывают на неоднородность земных недр. Факт существования поверхностных поперечных волн свидетельствует о том, что в верхней части Земли имеется по крайней мере один слой (земная кора), отличающийся по плотности от нижележащих слоев. Детальное исследование поверхностных волн показало, что есть две разновидности, два типа земной коры. Первый тип — континентальный, характеризуется большой мощностью верхнего слоя и малыми скоростями распространения поверхностных волн. Второй тип — океанический, отличается от первого меньшей мощностью и соответственно большей скоростью распространения тех же волн.

В начале XX века удалось доказать, что, начиная с глубины 3 000 км, поперечные волны распространяться не могут. На этом основании был сделан вывод, что Земля имеет ядро, находящееся в расплавленном состоянии. Позже многолетние исследования сейсмических волн в конце концов позволили представить себе достаточно четко (хотя и неполно) строение недр нашей планеты. Рисунок (см. рис. 4) напоминает своеобразную рентгенограмму Земли, причем роль рентгеновских лучей в данном случае выполняют сейсмические волны. Прежде всего бросается в глаза слоистость Земли — расслоение ее недр на ряд сферических оболочек, различных по физическим и химическим свойствам.

С погружением в недра Земли температура неуклонно возрастает, в среднем с каждым километром на 15°C . Расчеты показывают, что на глубине 400 км температура не превышает 1600°C , но уже на границе ядра она, возможно, достигает $5\,000^{\circ}\text{C}$. Из недр Земли наружу непрерывно идет тепловой поток, Земля охлаждается, отдавая свое внутреннее тепло во внешнее

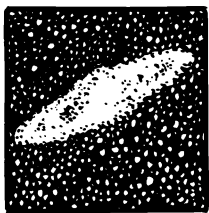
холодное межпланетное пространство. Изучение этого теплового потока — еще один способ познания внутреннего строения Земли. Иногда говорят о геотермии, как о науке, изучающей эту проблему. Хотя термин этот еще не устоялся, ясно, что величина и другие физические характеристики теплового потока Земли зависят от тепловых свойств пород, слагающих Землю, их толщины, пространственного расположения и других причин.

Изучение в лабораторных условиях физических свойств различных минералов, характерных для геологических пород, — сравнительно новый метод исследования недр Земли. Здесь, в лаборатории, подчас удается моделировать условия земных недр, в первую очередь высокие давления и температуру. Высокоточные измерения в сочетании с современной теорией твердого тела делают лабораторное моделирование весьма важным подспорьем для геофизиков.

Земля обладает магнитным полем, и этот факт обязан объяснить любой ученый, создающий теоретическую модель Земли. Ясно, что характеристики геомагнитного поля, определяемые экспериментально, также следует рассматривать как один из способов изучения земных недр. С этой проблемой тесно связана электропроводность земных недр, игнорировать которую, конечно, нельзя.

Земля отнюдь не изолирована от других небесных тел. В первую очередь она подвержена воздействию Солнца, чья динамическая атмосфера (солнечный ветер и корпускулярные потоки) простираются далеко за орбиту Земли. Можно сказать, что мы живем внутри Солнца и оно воздействует не только на биосферу, но и на другие оболочки Земли. Их реакции на эти воздействия в сильной степени зависят от строения земных недр.

Наконец, уникальная особенность нашей планеты — биосфера — порождение ее эволюции. В настоящую эпоху техногенная деятельность человечества оказывает весьма заметное воздействие на внешние оболочки Земли, включая сюда и земную кору. По всем этим причинам наш дальнейший рассказ о Земле будет касаться не только ее недр, но всей ее истории. Иначе трудно будет понять, как сложился нынешний облик нашей уникальной планеты.



Рождение Земли

Мы подошли к волнующему моменту в истории космоса — рождению Земли. Любая гипотеза, претендующая на объяснение этого процесса, должна прежде всего учитывать следующие особенности Солнечной системы.

Почти все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. Направление орбитального движения планет совпадает с направлением осевого вращения Солнца, а плоскость солнечного экватора близка к средней плоскости планетных орбит.

Системы спутников планет повторяют по крайней мере некоторые из общих закономерностей планетной системы. Правда, есть непонятные исключения — «обратные» движения некоторых из спутников планет-гигантов. Нарушают общую стройность обратное вращение Венеры, аномально большие размеры Луны в сравнении с Землей, «лежащее» положение Урана, ось вращения которого расположена почти в плоскости его орбиты, а также орбита Плутона, плоскость которой сильно наклонена к плоскости экватора Солнца. Главная же трудность для любого космогониста — объяснение непонятного распределения момента количества движения между Солнцем и планетами. По какой-то причине Солнце вращается очень медленно и потому на долю планет приходится 98 % всего суммарного момента количества движения Солнечной системы. Если Солнце и планеты когда-то составляли единое тело, — это распределение непонятно.

В истории планетной космогонии издавна наметились два пути объяснения перечисленных фактов, два типа космогонических гипотез. Эта двойственность существует и сегодня.

Планетная система возникла в результате сгущения первичной туманности, когда-то окружавшей Солнце. Это был процесс длительный, постепенный, решающую

роль в котором играло гравитационное поле Солнца. Такова суть всех небулярных¹ гипотез, начиная со знаменитой гипотезы Канта.

Гипотезы второго типа — катастрофические. Они ведут свое начало от гипотезы Ж. Бюффона, современника И. Канта, полагавшего, что планеты возникли как «брызги» при катастрофическом падении на Солнце исполинской кометы. Во всех последующих, более правдоподобных катастрофических гипотезах сохранилась первичная идея: планетная система — это плод какой-то космической катастрофы.

Из современных небулярных гипотез наибольшей и вполне заслуженной популярностью пользуется гипотеза академика О. Ю. Шмидта. По концепции О. Ю. Шмидта, развитой исследованиями его учеников (Б. Ю. Левина, В. С. Сафронова и др.), наша планетная система и, в частности, Земля возникли несколько миллиардов лет назад в результате сгущения окружавшего Солнце допланетного газопылевого облака.

О. Ю. Шмидт показал, что «протопланетное» газопылевое облако должно превратиться в совокупность крупных, «слипшихся» из частиц облака протопланет. В самом деле, обращаясь вокруг Солнца по различным самостоятельным орбитам, частицы (их было очень много!) неизбежно сталкивались друг с другом. При этом они обменивались энергией и моментом количества движения. В результате столкновения и слипания частиц в вакууме «усреднялись» параметры их орбит. Но к слипшимся частицам присоединялись новые: как снежный ком, катящийся с горы, росли первичные зародыши планет. И чем крупнее становилось тело, тем более круговой (из-за «усреднения») была его орбита. «Усреднялись» и наклоны орбит, что в конце концов привело к «уплощению» первичного облака, к образованию планет, орбиты которых лежат почти в одной плоскости (рис. 5).

В близких к Солнцу областях протопланетного облака его частицы сильно нагревались и их летучие компоненты (затвердевшие легкие газы) испарялись, или, точнее, возгонялись. Поэтому вблизи Солнца образовались, небольшие тела из тугоплавких тяжелых

¹ Небулярный означает «туманный» (от латинского «nebula» — туман, облако).

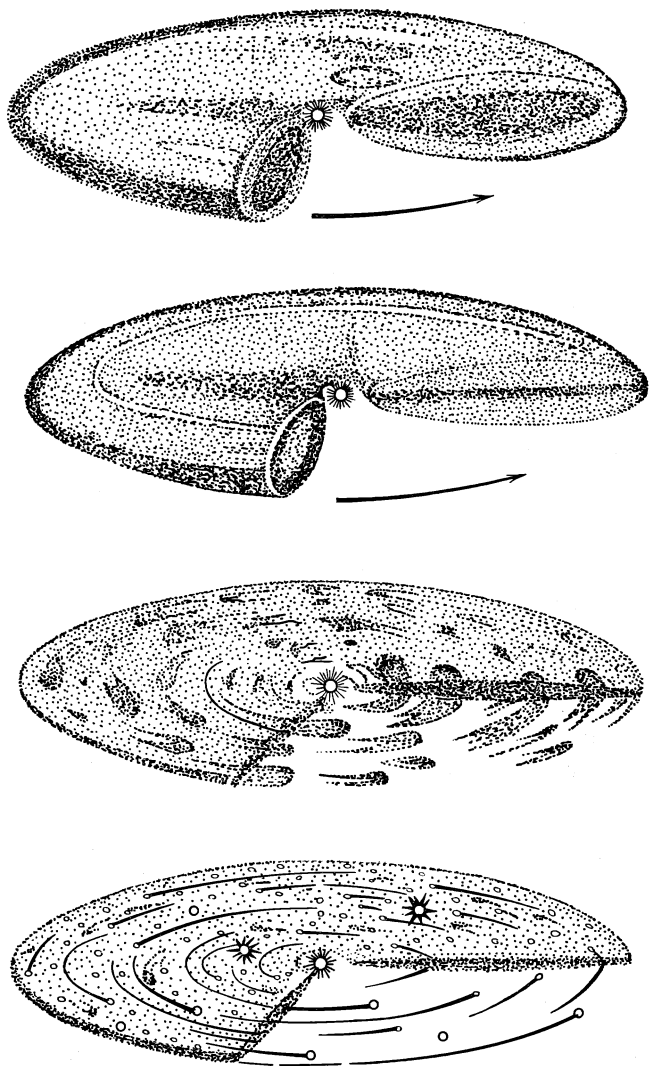


Рис. 5. Образование планет по гипотезе О. Ю. Шмидта

элементов — Меркурий, Венера, Земля, Марс — планеты земного типа. Наоборот, в далеких холодных частях протопланетного облака легкие элементы (первоначально в твердом, «замороженном» состоянии)

сохранились, и потому там образовались планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, в основном состоящие из водорода и его соединений. На краю протопланетного облака, где оно сходило на нет и вещества было мало, сконденсировался небольшой Плутон.

О. Ю. Шмидту и его последователям удалось объяснить и ряд других закономерностей Солнечной системы, в частности эмпирический закон планетных расстояний, связывающий радиус орбиты планеты с ее номером, отсчитываемым в порядке удаления от Солнца. Как и во многих других космогонических гипотезах, в гипотезе О. Ю. Шмидта возникновение систем спутников представляется как процесс, аналогичный возникновению планет. Говоря яснее, и спутники появились как сгущения в околопланетных частях первичной туманности.

Гипотеза О. Ю. Шмидта не объяснила, однако, аномальное распределение момента количества движения в Солнечной системе (98 % на планеты и всего 2 % на Солнце). О. Ю. Шмидт считал, что протопланетное облако было захвачено Солнцем при его обращении вокруг ядра Галактики. Действительно, в межзвездном пространстве мы видим множество газопылевых облаков. Может быть, пролетев сквозь одно из них, Солнце захватило его «по пути» с собой? Расчеты, однако, показали, что вероятность такого захвата очень мала, и ни О. Ю. Шмидту, ни его сторонникам не удалось найти доказательства того, что в данном случае произошел именно захват. В настоящее время сторонники гипотезы О. Ю. Шмидта склонны считать, что газопылевое протопланетное облако скорее всего отделилось от сжимающегося и постепенно все быстрее и быстрее вращающегося Протосолнца.

Интересны космогонические идеи, выдвинутые в 1960 г. английским астрофизиком Ф. Хойлом. Представим себе Протосолнце — быстро вращающуюся вокруг оси нашу, в ту отдаленную эпоху еще совсем молодую, звезду. Если она по каким-либо причинам постепенно сжималась, то ее скорость вращения непрерывно возрастала. В конце концов наступила эпоха так называемой ротационной неустойчивости, когда под действием центробежных сил с экватора Протосолнца (его радиус был тогда, по мнению Ф. Хойла, равен радиусу орбиты Меркурия) началось истечение ве-

щества, которое образовало протопланетное облако, имевшее форму сплющенного диска.

Допустим, что Протосолнце обладало сильным магнитным полем, а вещество протопланетного облака хотя бы частично содержало ионизированный газ. В таком случае в этом газе возникает собственное магнитное поле, взаимодействующее с магнитным полем Протосолнца. В результате между диском и центральным сгущением (будущим Солнцем) устанавливается сильное магнитное «сцепление», вследствие которого вещество диска удаляется от центра, распространяясь на всю Солнечную систему, а Протосолнце, теряя момент количества движения, продолжает сжиматься дальше и в конце концов превращается в современное, медленно вращающееся Солнце.

Значит, по Ф. Хойлу, магнитное торможение вращающегося Протосолнца окружающей его туманностью приведет к переходу момента количества движения от Протосолнца к облаку, а следовательно, и к сгустившимся из него планетам. Эта остроумная схема, объясняющая распределение момента количества движения между Солнцем и планетами, сама, однако, нуждается в дальнейшем обосновании.

Расчеты показывают, что у горячих звезд атмосфера охвачена интенсивной конвекцией и при этом магнитное поле располагается почти целиком внутри звезды. Значит, если Протосолнце было горячим, то «намагнитить» протопланетное облако оно не могло. В противном случае протопланетное облако «раскручивается» магнитным полем звезды столь быстро, что протопланетный диск просто не успевает сформироваться и принять на себя существенную долю момента количества движения. Эти и другие недостатки гипотезы Ф. Хойла заставили исследователей искать иные схемы эволюции протопланетного облака.

Из гипотез, выдвинутых в последнее время, наиболее правдоподобной считается гипотеза Э. Шацмана¹. Она наиболее близка к старой гипотезе Лапласа, хотя в отличие от последнего Э. Шацман использует в своей гипотезе не только механические, но и электромагнитные силы.

¹ Подробнее см. Происхождение Солнечной системы/Под ред. Г. Ривса. Пер. с англ. и франц./Под ред. Г. А. Лейкина и В. С. Сафронова.— М.: Мир, 1976.

По мнению Э. Шацмана, протопланетная туманность с самого начала находилась в состоянии конвективно-турбулентного перемешивания. Она сжималась относительно медленно и истечение вещества с экватора вращающейся туманности в протопланетный диск происходило постепенно, начиная с расстояний, соответствующих орбите Плутона, до современной орбиты Меркурия. Центральное сгущение туманности (Протосолнце) на последней стадии сжатия обладало высокой активностью. Оно выбрасывало в пространство множество заряженных частиц, которые перемещались вдоль силовых линий магнитного поля Протосолнца и двигались с его угловой скоростью до больших расстояний, тем самым замедляя его вращение. Благодаря этому «магнитному» торможению в конце концов Протосолнце передало момент количества движения протопланетному облаку, а через него планетам. Заметим, что в гипотезе Э. Шацмана масса протопланетного диска лишь на 10 % превышала современную массу Солнца, что, по мнению В. С. Сафронова, облегчает дальнейшее теоретическое обоснование этой гипотезы.

Трудности, возникшие при объяснении происхождения и эволюции протопланетного облака, заставляют некоторых исследователей искать решение проблемы образования планет в другом направлении.

Может быть, формирование планетной системы шло подобно образованию галактик и звезд по В. А. Амбарцумяну, т. е. из каких-то сверхплотных тел? Не возникли ли Земля и планеты в результате каких-то катастрофических взрывов, вызванных распадом дозвездного вещества? Подобные идеи защищал известный советский исследователь комет С. К. Всехсвятский. «Имеется много оснований считать первичные планеты (протопланеты), — пишет он, — телами звездной природы... Солнце могло быть компонентом двойной системы, сохранившимся после того, как второй компонент разделился на более мелкие части в результате взрыва...»¹.

Действительно, планеты-гиганты и Солнце близки по химическому составу. У планет земного типа легкие элементы могли улечься в процессе эволюции. Известны звезды в двойных системах, по массе близкие

¹ Проблемы современной космогонии/Под ред. В. А. Амбарцумяна. — М.: Наука, 1972, стр. 378—379.

к крупным планетам. Значит, гипотетический спутник Протосолнца по массе мог быть близок к суммарной массе всех планет. Взрыв этого спутника (и здесь гипотеза С. К. Всехсвятского смыкается с идеями В. А. Амбарцумяна), вероятно, произошел за счет взрывообразного превращения находившегося внутри него дозвездного вещества. «Осколки» спутника были малы и потому они быстро охладились, в результате чего возникли сложные молекулярные соединения и твердые оболочки будущих планет. «Дальнейший процесс,— пишет С. К. Всехсвятский,— должен был иметь характер отдельных подъемов активности, когда накапливающиеся под корой газы прорывали ее. С течением времени оболочка метаморфизировалась, усложнялась, что приводило ко все более длительным промежуткам активности и, следовательно, накоплению большей энергии разрушений...»¹.

И сегодня, как показал С. К. Всехсвятский во многих своих работах, в Солнечной системе наблюдаются эруптивные, взрывные процессы — по его мнению, проявление остатков «звездной» энергии у ныне затвердевших планетных тел. Конечно, схема образования Земли, предложенная С. К. Всехсвятским, лишь первая и пока что мало чем обоснованная попытка связать идеи В. А. Амбарцумяна об эволюции звезд и галактик с современной планетной космогонией. Следует подчеркнуть, что гипотеза О. Ю. Шмидта ценна, в частности, тем, что она лучше, чем любые другие гипотезы, согласуется с фактами.

По одному из вариантов эволюции Солнечной системы, рассчитанному учеником О. Ю. Шмидта В. С. Сафроновым, в протопланетном облаке уже в первичную эпоху его существования произошло разделение пыли и газа, причем пыль постепенно оседала к центральной плоскости планетной системы. Одновременно росли размеры пылинок примерно до 1 см в поперечнике. Следовательно, в экваториальной плоскости Солнца скопился плотный слой пыли. При достаточно высокой «критической» плотности этот слой распался на кольца, из колец возникли сгущения — планетезимали. На расстоянии земной орбиты их поперечники

¹ Проблемы современной космогонии...

в среднем достигали нескольких десятков километров, в зоне будущих планет-гигантов они были гораздо больше (сотни тысяч километров в диаметре).

Планетезимали уплотнялись, крупные из них росли за счет мелких и в конце концов за десятки тысяч лет превратились в твердые тела. Рост планет до современных размеров продолжался гораздо дольше (для Земли около 100 млн. лет). Возможно, что из зоны планет-гигантов много твердого вещества было выброшено на периферию Солнечной системы. Другие планетезимали еще очень долго падали на поверхности формирующихся планет. Их падение на Землю приводило постепенно к разогреву земных недр.

Все же многое в рождении Земли остается пока неясным. Но как бы ни возникла Земля, роль Солнца в ее рождении и дальнейшей эволюции была огромной. Его поле тяготения (и магнитное поле), его различные излучения определяют всю историю Земли.



Первые шаги нашей планеты

Первозданная Земля мало походила на современную. Однако на протяжении всей долгой истории нашей планеты тяжелые химические элементы были и остаются ее основой. Эта черта резко отличает Землю (и другие планеты) от остального космоса. Там безраздельно господствуют водород и гелий. Мы живем в водородно-гелиевом мире с незначительной примесью более тяжелых элементов. Но в эту «примесь» входят все планетные системы и их обитатели, а потому для нас она — отнюдь не второстепенная деталь Вселенной.

Откуда взялся материал, из которого создаются планеты и жизнь? Каково происхождение химических элементов? Первичный синтез тяжелых элементов происходил на самых ранних стадиях эволюции Вселенной. Но и сейчас в космосе идут созидательные процессы, вещество усложняется, и похоже на то, что это «усложнение» только начинается.

Синтез тяжелых элементов прежде всего совершается в недрах звезд и Солнца при давлении 10 млн. МПа и сжатии вещества в его недрах до плотности 100 г/см^3 , которые и нагрели Солнце до температуры 14 млн. градусов — такова обстановка в Центральных областях Солнца. Здесь, в беспорядочной толчее протонов и других частиц, казалось бы, все хаотично. На самом деле в центральных областях Солнца идет односторонний направленный процесс — из протонов в ходе так называемого протон-протонного термоядерного цикла создаются альфа-частицы — ядра атомов гелия.

Характерно, что превращение водорода в гелий, или, иначе говоря, синтез гелия, сопровождается еще одним крайне важным для нас процессом — превращением солнечного вещества в излучение. Ежедневно Солнце уменьшается в массе на 4 млн. тонн. Таким количеством вещества можно было бы нагрузить четыре тысячи поездов по пятьдесят вагонов каждый. И все это вещество переходит в свет, в излучение, за счет которого и существуем мы с Вами. Значит, если звезда, по массе и строению похожая на Солнце, первоначально состояла лишь из чистого водорода, через некоторое время ее состав неизбежно «усложнится», так как внутри нее образуются атомы гелия.

На этом созидательный процесс не закончится. Как уже говорилось, в ходе дальнейших ядерных реакций, выражающихся главным образом в захватах атомными ядрами нейтронов, образуются атомы углерода, кислорода, неона и других элементов. Если звезда массивна и в ее центре температура гораздо выше, чем в недрах Солнца, то в звезде могут синтезироваться атомы железа и других аналогичных элементов. Наконец, при вспышках сверхновых звезд, когда температуры и плотности в сжавшейся после взрыва звезде достигнут трудно представимых значений, возможен синтез практически всех химических элементов до самых тяжелых включительно.

По мнению Б. Фаулера и других исследователей, синтез тяжелых элементов мог происходить в допланетном веществе при его облучении потоком частиц высокой энергии, которые испускались формирующимся магнитоактивным Солнцем. В работах Р. Бернаса и других ученых предполагается, что литий, бериллий

и бор образовались в наружных слоях Протосолнца на последней стадии его сжатия.

Таким образом, в современном космосе не все разрушается. Наоборот, в недрах бесчисленных звезд идут созидательные процессы, медленно, но неуклонно усложняющие мир. К моменту рождения Земли в космосе, или, точнее, в окрестностях Солнца, было достаточно «строительного материала», из которого сформировалась наша планета. Словом, есть несколько гипотез, объясняющих, откуда взялся «тяжелый» материал Земли. Гораздо труднее представить себе в деталях первые шаги ее эволюции. Придется предложить читателю два варианта формирования первичной Земли, сводящихся, впрочем, к одному результату.

По гипотезе О. Ю. Шмидта, «родившись» в виде небольшого сгустка частиц протопланетного облака, Земля примерно через 100 млн. лет достигла 98 % ее современной массы (остальные 2 % были набраны за следующие 100 млн. лет). Главным источником разогрева первично холодной Земли О. Ю. Шмидт считал радиоактивный распад составляющих ее веществ. Здесь космогоническая гипотеза О. Ю. Шмидта перекликается с давними высказываниями В. И. Вернадского, который писал, что атомная радиоактивная теплота, а не остаточная теплота остывающей планеты, как это думали еще совсем недавно, есть основной источник той теплоты, которая объясняет все геологические процессы, идущие на Земле.

В каждом грамме земного вещества радиоактивного тепла выделяется очень мало (примерно одна двадцатимиллионная доля калории в год). Но за миллиарды лет его, по мнению О. Ю. Шмидта, накопилось так много, что температура недр Земли могла подняться почти до 3 000 °С. Есть местные очаги расплавленных пород и в земной коре. Из них и извергается огненно-жидкая лава. Дальнейшее развитие гипотезы О. Ю. Шмидта привело, однако, к выводу (работы В. С. Сафронова и др.), что роль радиоактивности в разогреве первичной Земли была незначительной: радиоактивное тепло за время формирования нашей планеты могло разогреть ее центральные области не более чем до 200 °С. Вот почему в настоящее время считается, что основным источником нагревания растущей Земли были удары формировавших ее частиц и

тел. Среди этих тел (планетезималей) были очень крупные (до 1000 км в поперечнике). Их удары не только нагревали Землю, но создавали кратеры и интенсивно перемешивали земное вещество. По предварительным расчетам, на глубине 300—500 км температура достигла 1500 °С, а средняя температура Земли была близка к 1000 °С. Разогрев Земли приводил к тому, что более тяжелые вещества опускались вниз, а более легкие поднимались наверх. Из-за большой вязкости твердого вещества над расплавленной областью и под нею двигаться сквозь это вещество могли лишь крупные включения с поперечником в несколько десятков километров. Этот процесс гравитационной дифференциации привел постепенно к расслоению Земли, к образованию ее плотного ядра и менее плотных окружающих ядро оболочек.

Каким же образом гипотеза О. Ю. Шмидта объясняет происхождение атмосферы и гидросферы Земли? В первичном протопланетном облаке (по крайней мере в большей его части) температура была так низка, что водяные пары, углекислота, метан, аммиак и другие летучие вещества «намораживались» на твердых частицах облака. Вместе с ними они вошли и в состав зарождающейся Земли. Когда же под действием ударов и радиоактивного распада Земля разогрелась, затвердевшие газы вернулись в газообразное состояние. Вырвавшись на поверхность Земли, водяные пары сгустились в воды морей и океанов, частично вошли в состав атмосферы Земли. Но в этой первичной атмосфере в основном господствовали сравнительно тяжелые газы — углекислота, метан, аммиак. Земная атмосфера пополняется и сейчас: при вулканических извержениях выбрасываются углекислый газ и водяные пары. В других случаях в разных местах Земли из ее недр выделяются метан и другие горячие газы.

В «горячем» варианте рождения Земли наша планета первоначально была звездоподобным телом, «осколком» взорвавшейся звезды — спутника Солнца. Дальнейший ход событий можно представить себе так. Горячее облако газа, постепенно излучая со своей поверхности тепло, остывало. Примерно за несколько десятков тысяч лет газообразная Протоземля превратилась в горячее огненно-жидкое тело. В этом теле под действием гравитации тяжелые вещества опустились

к центру, а легкие, наоборот, всплыли к поверхности. Масса Земли была недостаточно велика, чтобы удерживать наиболее легкие газы, а потому уже на самых первых этапах эволюции Земли водород и гелий были ею безвозвратно потеряны. Первичная атмосфера могла состоять лишь из сравнительно тяжелых летучих веществ, например, углекислого газа.

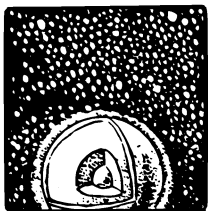
Быстро «расслоившись», Земля продолжала остывать и со временем покрылась твердой корой. Внутри же планета целиком или частично осталась огненно-жидкой, в чем легко убедиться, наблюдая лавовые потоки, истекающие из недр Земли при современных вулканических извержениях. И доныне продолжают некоторая «утряска» Земли и частичные перемещения ее поверхностных слоев,—отсюда землетрясения и другие тектонические явления. Дальнейшая термическая история Земли выражалась в постепенном охлаждении всей планеты — от поверхности и до центра.

Эта грубая схема эволюции Земли в довоенные годы казалась настолько очевидной, что всякие идеи о первичном холодном состоянии Земли отвергались с порога как чудаческие. Сегодня «горячие» космогонические гипотезы оцениваются иначе. Многие в них представляются неясным. Прежде всего неясно, как именно отделилось горячее газовое облако от Солнца или от взорвавшейся его звезды-спутника. Пока что есть лишь общие качественные рассуждения, не подкрепленные количественными расчетами. Зато имеются расчеты, показывающие, что газовое облако массой, примерно равной массе Земли, скорее должно было рассеяться в пространстве, чем сгуститься в жидкую планету. Есть и другие серьезные возражения против «горячего» рождения Земли. В свое время они были сформулированы еще О. Ю. Шмидтом¹.

«Горячий» вариант рождения Земли хорошо объясняет высокую температуру ее центральных областей (остывание первичной огненно-жидкой Земли шло с поверхности). Но зато непонятно, почему до сих пор продолжается дифференциация, «утряска» вещества Земли: ведь в огненно-жидкой массе уже давным-давно тяжелые вещества опустились бы к центру, а наиболее легкие сконцентрировались бы у поверхности.

¹ См. Шмидт О. Ю. Избранные труды.— М.: Наука, 1960.

Таким образом, проблема происхождения Земли пока не может считаться окончательно решенной. Однако для нас сейчас, пожалуй, наиболее важно другое. И «горячая» и «холодная» схемы догеологического развития Земли приводят к выводу о неизбежном расслоении земного шара. Именно такой, расслоившейся на геосферы, и предстает Земля перед современным геологом.



Геосферы

Здесь мы пока нарушим историческую последовательность изложения и изобразим нашу планету такой, какой мы ее представляем сегодня.

Форма Земли сложилась в результате взаимодействия гравитационных и центробежных сил. Лишь в первом, самом грубом приближении можно говорить о земном шаре с поперечником около 13 тыс. км. Более точно Земля представляет собой эллипсоид вращения. В настоящее время от идеи трехосности Земли отказались, так как трехосный эллипсоид с осями a , b , c будет устойчивым телом только когда a значительно больше b и c , чего на самом деле нет. Представьте себе поверхность, нормали к которой в каждой ее точке совпадают с отвесными линиями. Такая поверхность называется уровенной. Уровенная поверхность, которая в открытом море совпадает с поверхностью свободной покоящейся воды, называется геоидом. Эта поверхность замкнута. На материках она выше поверхности воображаемого земного эллипсоида, в океанах — ниже. Разность уровней геоида и наиболее близкого к нему по форме и размерам эллипсоида, как правило, меньше 100 м. Геоид считается наилучшим приближением к найденной форме Земли.

В состав твердого тела Земли входят все элементы таблицы Менделеева. Однако в наибольшем количестве на нашей планете встречаются кислород, кремний и алюминий.

В результате длительной дифференциации вещества произошло расслоение тела планеты и образовались оболочки, «вложенные» концентрически друг в друга, — геосферы (рис. 6). Границы между ними в недрах

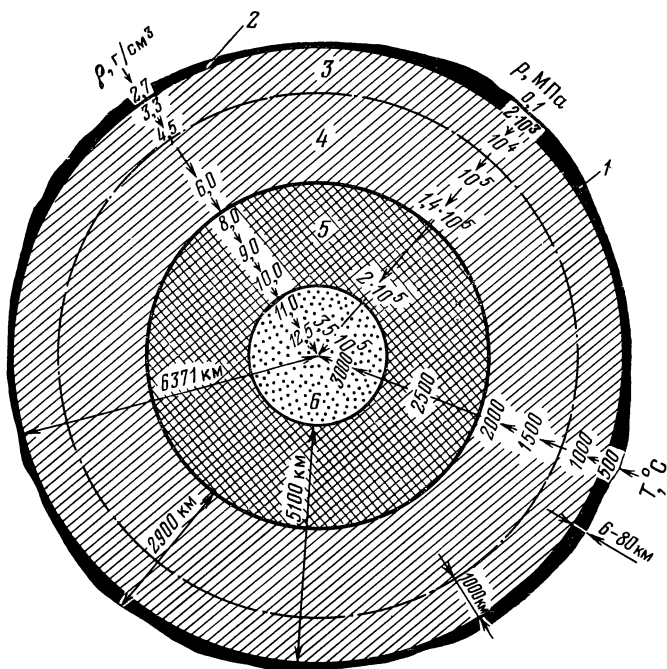


Рис. 6. Некоторые из геосфер Земли.

1 — кора; 2 — поверхность Мохоровичича; 3 — верхняя мантия; 4 — мантия; 5 — внешнее ядро; 6 — ядро

Земли выявлены с помощью геофизических методов. Во время землетрясений ударные волны пронизывают недра земного шара и на границах геосфер частично меняют скорость своего прохождения, частично отражаются от поверхности раздела. На специальных сейсмических станциях сейсмографы улавливают эти волны, а исследователи, определяя по данным нескольких станций центр землетрясения, устанавливают, на какой глубине находятся поверхности раздела и через какие породы прошли ударные волны.

В настоящее время выделяются следующие обо-

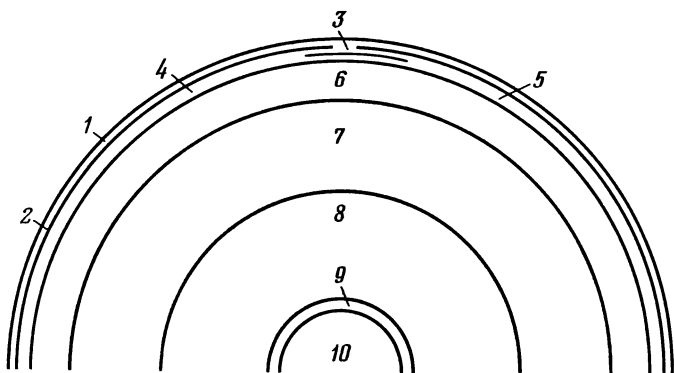


Рис. 7. Строение Земли по данным 1986 г.

1 — кора; 2 — поверхность Мохоровичича; 3 — литосфера; 4 — астеносфера; 5 — верхняя мантия (слой В); 6 — средняя мантия (слой С или слой Голицына); 7 — нижняя мантия (слой D); 8 — жидкое ядро (слой E); 9 — переходный слой (F); 10 — твердое ядро (G).

лочки Земли (рис. 7). В центре земного шара обособлено ядро, граница которого проходит на глубине 2 920 км от поверхности планеты. Ядро имеет сложное строение: выделяется внешнее ядро — между 2920 и 5000 км глубины, переходная зона (между 5000 и 5150 км) и внутреннее ядро, занимающее центральную часть Земли (его радиус 1250 км). Центральная часть ядра состоит из вещества плотностью около 17 г/см^3 , которое находится под давлением до 3,5 тыс. МПа при температуре в несколько тысяч градусов (разные подсчеты дают температуры от 3 до 8 тыс. градусов).

Переходный слой ядра характеризуется быстрым ростом скорости сейсмических волн, что вызвано, очевидно, переходом твердого состояния вещества в жидкое. Можно сказать, что переходный слой и центральное ядро реагирует на сейсмические волны как твердое тело с упругостью вдвое большей, чем упругость стали. Плотность внешнего слоя ядра значительно меньше, чем в центральной части, — от $9,4$ до $11,5 \text{ г/см}^3$, скорости сейсмических волн здесь по сравнению с вышележащими слоями резко уменьшаются, но появляется высокая электропроводность. Вообще же внешний слой ядра реагирует на сейсмические волны как жидкая среда и, очевидно, вещество здесь находится в расплав-

ленном или во всяком случае в пластичном, текучем состоянии. Предполагается, что из-за этого во внешнем ядре существует конвективное перемещение веществ, что обуславливает наличие электротоков в ядре и магнитного поля Земли.

Ранее считалось, что ядро нашей планеты состоит преимущественно из железа, но исследования последних десятилетий выявили ряд трудностей в объяснении свойств ядра, некоторые геохимические и космогонические несообразности, если ядро действительно имеет такой состав. Поэтому от идеи железного ядра в настоящее время отказались. Ныне всем представлениям об эволюции Земли как планеты соответствует ядро, состоящее из смеси 70 % кремния и 30 % железа. Возможно, на ранних этапах развития Земли к этому составу примешивался еще калий, который впоследствии переместился в более высокие слои.

Ядро окутывается мантией, от которой его отделяет резкая, хорошо «прощупываемая» граница. Мантия имеет сложное строение. Между глубинами от 400 до 2900 км находится так называемая нижняя мантия, в которой на глубине около 1000 км выявляется неопределенная, как бы «размытая» промежуточная граница. Ниже этой границы вещество мантии однородно по составу, скорости сейсмических волн здесь растут незначительно. Сравнение механических свойств нижнего слоя мантии со свойствами образцов пород, исследованных в лаборатории, дает возможность предположить, что основными порообразующими соединениями здесь являются оксиды магния, кремния и железа. Слой мантии между глубинами 400—1000 км отличается резким возрастанием скорости сейсмических волн, но в нем отмечаются какие-то неоднородности. Ученые думают, что это связано либо с изменением химического состава земного вещества, либо с фазовыми переходами вещества из одного состояния в другое.

Детальные исследования позволили ученым выделить в мантии Земли еще один слой, который играет важную роль в тектонической и вулканической жизни нашей планеты. Этот слой имеет верхнюю границу на глубине 100—120 км под континентами и 50—60 км под океанами, нижняя же проходит соответственно на глубине от 250 до 400 км. Лабораторные эксперименты,

проведенные в условиях, соответствующих температурам и давлениям на таких глубинах, показали, что вещество этого слоя может находиться в аморфном, близком к расплаву состоянии или, как считают некоторые исследователи, является смесью твердых и частично расплавленных пород. Возможно, что в их состав входят богатые железом и обогащенные магнием породы.

Как бы то ни было, но вплоть до нижней границы этого слоя проникают разломы вышележащей земной коры и здесь сосредоточены очаги подавляющего числа глубокофокусных землетрясений. По-видимому, вдоль трещинных зон снимается часть давления и «твердые расплавы» описываемого слоя переходят в жидкое состояние, поднимаются по трещинам, образуя лавовые очаги, питающие вулканы. С течением же пластичного вещества этого слоя, вероятно, связаны и напряжения вдоль разломов, приводящие к землетрясениям. Наконец, сторонники так называемых мобилистских гипотез (о них мы еще скажем далее), утверждающие, что либо отдельные блоки, либо целиком самая верхняя оболочка земного тела — литосфера (каменная сфера) — скользят по подстилающим породам, полагают, что как раз пластичные, полурасплавленные породы «ослабленного» слоя (его так и называли — астеносфера, от греческого «астенос» — слабый, ослабленный) и делают возможными «горизонтальные» перемещения блоков литосферы.

Самый верхний, относительно тонкий слой мантии называют верхней мантией. Этот слой состоит из кристаллических пород. Данные последних лет позволяют предположить, что состав этого слоя неоднороден под океанами и континентами. Плотность вещества мантии в целом постепенно с глубиной растет от $3,3 \text{ г/см}^3$ у ее верхней границы до $5,2 \text{ г/см}^3$ у нижней. На границе мантии и ядра, где давление достигает приблизительно 1,3 тыс. МПа, плотность вещества Земли увеличивается до $9,4 \text{ г/см}^3$.

Последняя твердая оболочка нашей планеты — земная кора, или литосфера, имеет сложное строение. По составу она неоднородна (и по вертикали и по горизонтали). Верхней ее границей служит поверхность Земли со всеми формами рельефа, а нижней — поверхность Мохоровичича, названная так по имени

югославского геофизика А. Мохоровичича, обнаружившего эту границу. Залегает она на различной глубине, как бы зеркально отражающей рельеф земной поверхности. Так, под высочайшими горными областями поверхность Мохоровичича располагается на глубине до 80 км, под равнинами находится не глубже 30—40, максимум 55 км, а под океанами — на глубине до 10 км.

В грубом приближении земная кора трехслойна: в основании ее залегает так называемый базальтовый слой, мощность которого в среднем около 20 км, выше — присутствующий только в цоколе континентов гранитный слой мощностью до 10—15 км, наконец, верхний чехол литосферы образуют рыхлые осадочные породы, мощность которых в континентальных областях колеблется от нескольких сотен метров до 20 км, а в океанах — не превышает 2 км. На деле же строение коры гораздо сложнее, так как и базальтовый, и гранитный слои, не говоря уже об осадочном чехле, состоят из серий напластований различных магматических, вулканогенно-осадочных и осадочных измененных (метаморфических) пород. Соответственно и плотность этих слоев варьирует: у пород базальтового типа в среднем около $2,85 \text{ г/см}^3$, гранитного — $2,65 \text{ г/см}^3$, у осадочных пород плотность может быть еще меньше.

Еще большим разнообразием состава земная кора отличается в горизонтальном направлении. Выше отмечалось, что под океанами наблюдается только один слой — базальтовый, прикрытый ничтожными накоплениями осадочных пород. Мощность коры под океанами не превышает 5—10 км. На континентах же добавляются еще толща пород гранитного состава или, как их называют, гранитоидов, и мощные толщи осадочных образований разного типа: обломочные (глины, пески, галечники) и сцементированные обломочные породы (аргиллиты, пелиты, гравелиты, песчаники, конгломераты и т. п.), вулканогенные (вулканические лавы, пеплы, скопления вулканических бомб, туфов), галогенные осадки (соли, известняки, гипсы и т. п.) и биогенные (органогенные известняки, устричники, опоки, нефть, уголь и другие) породы.

Все эти осадки, в разной степени литофицированные (окаменевшие), перемятые тектоническими силами или спокойно лежащие, обладают разными пластичностью, жесткостью и другими механическими свойствами,

различно реагируют на действие тектонических сил, а поэтому земная кора неизбежно должна была распасться на более или менее обособленные блоки. Это и наблюдается в действительности, причем, как правило, каждый из таких блоков так или иначе определяет форму земной поверхности или ее рельефа. Поэтому на земной поверхности выделяются прежде всего основные формы рельефа, как бы образующие лик Земли. Его-то раньше других деталей может увидеть космический наблюдатель. Это выступы континентов и впадины океанов. Однако и эти основные формы поверхности также сложно дифференцированы.

Прежде всего и кора впадин океанов, и кора материковых выступов разбиты сложной сетью глубоких трещин, в основном близких к меридиональному и широтному простирациям. Эти трещины своими корнями уходят на большую глубину — до нижней границы астеносферы, а в некоторых случаях еще глубже, в верхнюю часть нижней мантии. Как правило, такие трещины приурочены к границам материковых массивов и океанических впадин (например, кольцевая зона разломов вдоль побережий Тихого океана) или к горным поясам вроде Альпийско-Гималайского, Уральского и др. В этом случае горные пояса представляются чем-то вроде швов, залечивших старые раны. Наиболее «свежими» из разломов такого масштаба являются знаменитые рифты вдоль осей срединно-океанических хребтов, общая протяженность которых не меньше 60—70 тыс. км. На суше аналогом таких рифтов являются известные Восточно-Африканские разломы. Первоначальной причиной таких разломов являлся, вероятно, ротационный эффект, ведь скорость вращения различных точек земного шара на разной широте неодинакова: на экваторе она больше, чем у полюсов. При горизонтальной неоднородности строения земной коры в этих условиях трещины неизбежны.

Кроме рифтовых зон, дно океана расчленено также подводными горными странами, плато и цепочками вулканических гор на отдельные равнинные участки океанических котловин, которые могут быть аналогами континентальных платформенных равнин. Континенты же пересекают в субмеридиональном и субширотном направлениях так называемые геосинклинальные зоны, в которых некогда накапливались колоссальные толщи

(до 20 км) осадочных пород. Впоследствии они смялись в складки и превратились в горные системы.

Таков общий характер поверхности литосферы — результат длительного развития Земли как планеты. Осталось сказать об остальных оболочках земного шара.

Океанические впадины и окраины материков заняты водными массами океанов и морей. Вместе с континентальными водоемами и реками, а также подземными водами эти массы образуют жидкую водную оболочку или гидросферу. Океаны и моря занимают около 71 % поверхности нашей планеты и делят сушу на шесть крупных материковых массивов. Средняя глубина Мирового океана — около 3800 м при максимальной 11 034 м (в Марианской впадине). Воды океанов играют исключительную роль в тепловом балансе Земли: медленно нагреваясь, они в теплом сезоне аккумулируют солнечное тепло и также медленно отдают его в атмосферу, нагревая массы воздуха, в то время как суша нагревается и быстро теряет тепло, не аккумулируя его. Не случайно, по новейшим данным, лишь несколько процентов тепла дает суша, а львиная доля поступает из океанов.

Пары воды, поступающие в атмосферу с водной поверхности, «прозрачны» для коротковолнового излучения Солнца, но почти полностью поглощают встречное тепловое излучение Земли, препятствуя охлаждению атмосферы. Вода на Земле играет огромную роль в поддержании жизни: все жизненно важные процессы в организмах происходят в водных растворах.

Ежегодно реки выносят с суши в Мировой океан около $35 \cdot 10^{14}$ г минерального вещества. Из этого количества $18 \cdot 10^{14}$ г выпадает в осадок, а $17 \cdot 10^{14}$ г переходит в раствор. Так как круговорот воды — испарение, выпадение осадков на сушу и сток их в моря и океаны — существует на Земле уже миллиарды лет, возможно, из-за этого растворимого «остатка» вода Мирового океана стала соленой. Морская вода содержит около 50 химических элементов, средняя ее соленость — 35 ‰ (т. е. на 1 кг воды — 35 г солей), а общее количество растворенных в ней солей оценивается в $4,5 \cdot 10^{22}$ г. Это непочатый еще источник необходимых человечеству элементов.

Наконец, последней из классических оболочек

Земли является атмосфера. Классической ее можно назвать потому, что сейчас уже можно говорить и о геофизической ее оболочке — магнитосфере. Масса всей атмосферы $(5-16) \cdot 10^{21}$ г, столб воздуха над 1 см^2 поверхности Земли имеет массу (или давит с силой) около 1 кг (отсюда внесистемная единица давления — 1 атмосфера), но давление атмосферы уменьшается с высотой. Соответственно с высотой быстро уменьшается плотность атмосферы: около 50 % всей массы атмосферы сосредоточено в ее нижнем пятикилометровом слое, 75 % — в десятикилометровом и 90 % — в шестнадцатикилометровом. Четкой верхней границы атмосферы не существует: она с высотой постепенно сходит на нет и следы ее обнаруживаются еще на высоте более 10 000 км.

Воздух — механическая смесь многих газов. По объему в этой смеси азот составляет 78,08 %, кислород — 20,95 %, аргон — 0,93 % и углекислый газ — 0,03 %. На остальные газы (неон, гелий, криптон, водород и т. д.) остается менее 0,01 %. Состав воздуха не зависит от места и времени, он удивительно постоянен.

По законам физики атмосфера должна была расслоиться по удельному весу газов, но этого не происходит, так как до высоты 100—120 км действует турбулентное (произвольное) перемешивание воздуха. Эту часть атмосферы называют областью полного перемешивания или гомосферой. Выше 100—120 км располагается зона, в которой скорость диффузного разделения газов выше, чем скорость турбулентного перемешивания. Поэтому здесь до высоты 200—250 км преобладает азот, а от 200—250 до 500—700 км — атомарный кислород. В годы «спокойного» Солнца с высоты 500—600 км, а в годы его активности — с 1000—1500 км основными составляющими воздуха являются гелий и водород. Этот «слоеный пирог» атмосферы (от 100—120 км высоты) из-за множественности слоев называют гетеросферой (рис. 8). Самая внешняя зона атмосферы состоит исключительно из атомарного водорода и называется водородной геокороной. Следы ее прослеживаются на несколько земных радиусов.

В атмосфере всегда содержатся пар и различные газообразные загрязнения: выделения вулканов, промышленных предприятий, средств транспорта. Впрочем,

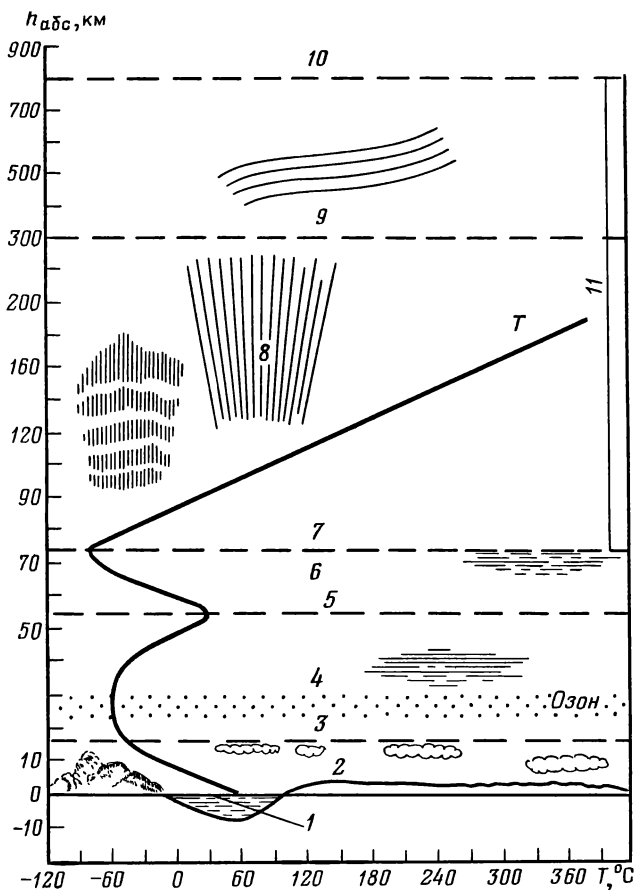


Рис. 8. Строение земной атмосферы.

1 — уровень моря; 2 — тропосфера; 3 — тропопауза; 4 — стратосфера; 5 — стратопауза; 6 — мезосфера; 7 — мезопауза; 8 — термосфера; 9 — главный максимум ионизации; 10 — экзосфера; 11 — ионосфера

последние источники загрязнения пока что «портят» воздух только в самых нижних, приземных слоях областей, локализованных около промышленных центров и крупных жилых массивов. В этом отношении атмосфера находится в несколько лучшем положении, чем почвенный покров литосферы и гидросфера.

Важную роль играют водяной пар, озон и углекислый газ, содержащиеся в атмосфере. В полярных

районах в приземном слое влаги содержится около 0,2 %, а в экваториальных — около 3 %. Увеличение концентрации влаги уменьшает объем других газов, поэтому в районах с большой влажностью воздуха в одном и том же объеме меньше азота, кислорода и других газов, чем в сухих районах. Плотность водяного пара быстро убывает с высотой: вдвое — на высоте 2 км, в 10 раз — на уровне 6 км, в 100 раз — на высоте около 8 км, а выше 10—15 км она ничтожно мала. Водяной пар непрерывно поступает с поверхности Мирового океана. На испарение 1 г воды расходуется 2255 Дж тепла. Турбулентное перемешивание распределяет пар над всей поверхностью Земли. В отдельных местах происходит насыщение атмосферы, пар конденсируется, образуя облака. При этом выделяется тепло, затраченное на испарение, нагревающее окружающую атмосферу. Выпадение осадков завершает круговорот влаги в атмосфере.

Концентрация озона (ионизированного трехатомного кислорода) наибольшая на высоте 20—30 км, выше — уменьшается и сходит на нет на высоте 70 км. Количество его составляет менее одной миллионной доли от массы атмосферы, но роль его огромна: озон не пропускает ультрафиолетовое излучение Солнца, опасное для жизни.

Когда говорят о физических свойствах атмосферы, обычно разделяют ее на ряд слоев. Так, говоря об электрических свойствах, выделяют ионосферу, в которой атомы воздуха ионизированы. Ионосфера состоит из нескольких слоев и играет роль экрана, отражающего длинноволновое радиоизлучение.

По температурным характеристикам в атмосфере выделяют (снизу вверх) тропосферу, стратосферу, мезосферу и термосферу. Тропосфера — прилегающий к земной поверхности слой, в котором температура уменьшается с высотой равномерно — в среднем на 6,5 °C на 1 км. Тропосфера содержит 80 % массы атмосферы и практически почти весь водяной пар, в тропосфере формируется погода. Стратосфера простирается до высоты 50—55 км. В нижней ее части температура более или менее постоянна, но выше 25 км она понижается до 0—10 °C. Распределение температур в стратосфере зависит от времен года и широты: летом она понижается при движении от полюсов к экватору

от -45 до -70°C , зимой самые высокие температуры приурочены к умеренным широтам. Но в верхней зоне атмосферы летом в экваториальной и полярных областях температура одинакова, а в остальные времена года всегда снижается от экватора к полюсам. В мезосфере температура падает с высотой. В отличие от стратосферы в мезосфере развиты турбулентные движения воздуха. Зимой здесь отмечаются максимальные температуры, а летом — минимальные. Выше располагается термосфера. Температура в ней быстро повышается от -90°C на рубеже 90 км до $1000\text{--}2000^{\circ}\text{C}$ на высоте 400 км. Выше температура воздуха в общем постоянна.

К геосферам можно отнести также магнитное поле Земли. Мы уже упоминали, что, по современным воззрениям, электрические токи, возбужденные конвективными движениями во внешнем ядре нашей планеты, порождают геомагнитное поле. Конвективные потоки ядра, очевидно, двойные, с противоположным направлением, ведь Земля представляет собой магнитный диполь — двухполюсный магнит. Направление токов в ядре, видимо, параллельно экватору, так как направление силовых линий геомагнитного поля почти перпендикулярно к направлению осевого вращения планеты. Ось земного диполя или магнитоида, вероятно, несколько смещена относительно оси вращения Земли, так как магнитные полюсы ее не совпадают с географическими: северный магнитный полюс ныне располагается в арктическом архипелаге Канады, на 75° северной широты и 259° восточной долготы, а южный — на 68° южной широты и 140° восточной долготы. Кроме того, магнитные полюсы не остаются на месте, а перемещаются по сложной кривой, очевидно, вокруг географических полюсов.

Магнитное поле Земли в общем имеет тороидальную форму (т. е. форму бублика) и напряженность в среднем $39,8\text{ А/м}$ (рис. 9). Однако напряженность геомагнитного поля испытывает периодические колебания: суточные, месячные, годовые, вековые. Изучение остаточной намагниченности пород прошлых времен позволило установить, что имеются еще более длительные периоды колебания напряженности геомагнитного поля. Так, существует цикл в 8 000 лет, за время которого напряженность поля меняется в 2—

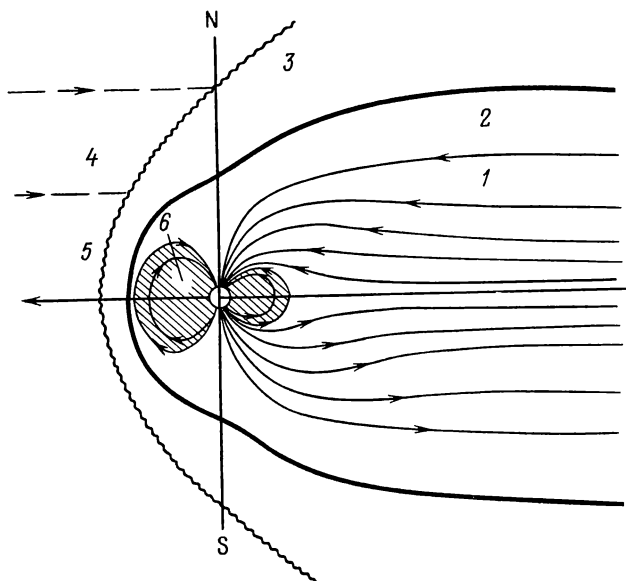


Рис. 9. Магнитосфера Земли

1 — магнитосфера; 2 — граница магнитосферы; 3 — ударная волна; 4 — солнечный ветер; 5 — межпланетное магнитное поле; 6 — область высокой напряженности

3 раза, намечаются еще более длительные циклы. Но самыми интересными и важными по последствиям являются периоды инверсий: примерно через каждые 1,5—2 млн. лет происходит смена магнитных полюсов — северный полюс становится южным и наоборот. В период такой инверсии магнитное поле Земли на время практически исчезает совсем.

Существуют аномалии геомагнитного поля. Обычно они связаны либо со скоплением магнитных руд (Курская магнитная аномалия), либо с тектонически и вулканически активными областями. Существенное воздействие на магнитное поле Земли оказывает Солнце, особенно в период своей активности. Под влиянием магнитного поля Солнца и так называемого солнечного ветра — потоков солнечной радиации — геомагнитное поле на стороне, обращенной к Солнцу, сжато, а на противоположной — вытянуто в виде хвоста, простирающегося на десятки диаметров Земли. Часто

оно подвергается возмущающим влияниям Солнца, что существенно сказывается на погоде и, очевидно, на жизнедеятельности организмов.

Геомагнитное поле играет огромную роль в жизни Земли, ограждая ее поверхность от космического излучения. Земной магнитный тороид служит для него ловушкой на пути к поверхности планеты. Космические частицы (протоны, электроны, ядра атомов и т. п.), попадая в земной магнитный тороид, образуют вокруг Земли пояса радиации на расстоянии от 300 (в полярных областях) и 1000 км (в экваториальной области) до 60 тыс. км. Все это в целом обычно называют магнитосферой Земли.

Можно еще говорить о грависфере нашей планеты, т. е. о ее поле тяготения, влияние которого теоретически простирается на Вселенную и которое привязывает к нам нашу спутницу Луну; можно говорить и о грависферах многочисленных космических тел, также воздействующих на Землю.

Для нас имеет жизненно важное значение, кроме литосферы, гидросферы и атмосферы, за счет которых мы живем, еще одна оболочка — биосфера. Биосфера, порожденная взаимодействием глубинных процессов на Земле и ее поверхности, играет важнейшую роль в жизни планеты.



Загадки прошлого Земли

С тех пор, как завершилось формирование Земли как планеты, началась перестройка и ее внутреннего строения, и ее внешнего облика. Но какие процессы являются ведущими в этой перестройке, единого мнения нет и по сей день. Со времен, когда первозданная Земля представлялась в виде остывающего огненно-жидкого тела, проблема ее эволюции решалась просто: процесс остывания начался с поверхности; сначала образовалась земная кора, которая по мере уменьшения объема

остывающей Земли трескалась, сминалась в складки, отдельные ее участки опускались и таким образом произошло разделение поверхности планеты на океаны и континенты и возникли горы. В еще расплавленном теле вещество под влиянием силы тяжести дифференцировалось по удельному весу: тяжелые элементы и соединения «тонули», легкие «всплывали» и вырывались на поверхность в виде лавовых потоков.

В такой или немного иной модификации в области космогонии эта гипотеза господствовала с середины XVIII века вплоть до начала второй мировой войны. Однако уже с конца XIX века начали накапливаться факты, которые противоречили этой схеме. Уже в 1870 г. англичанин Р. Проктор опубликовал идею о происхождении Солнечной системы из скопления метеоритов. Эту идею подхватили английские астрономы Г. Локайер, Дж. Дарвин (сын Ч. Дарвина) и австралиец Д. Мультон. Но Д. Мультон и известный американский астрофизик Т. Чемберлен полагали, что Солнечная система возникла из роя мельчайших планетных тел — планетезималей, вращающихся вокруг центральной туманности по спирали, сталкиваясь друг с другом. Из центральной туманности сформировалось Солнце, а из планетезималей — планеты. Таким образом, идея первоначально холодной Земли и других планет возникла более 100 лет назад. Согласно этой гипотезе, разогрев планет представлялся на стадии их формирования как результат перехода энергии движения в тепловую, а затем за счет энергии гравитационного сжатия. В соответствии с этим предполагалось, что вначале диаметр планеты рос и за счет присоединения к ней планетезималей, и за счет разогрева. На более поздних этапах развития планеты сжимались пульсационно: при остывании их диаметр сокращался, поверхность собиралась в складки гор, а, сжимаясь, планеты вновь расширялись за счет разогрева. Предполагалось, что таких этапов было несколько¹.

Хотя гипотеза огненно-жидкой Земли оставалась господствующей, идея первоначально холодной Земли не умирала; вскоре было показано, что одной энергии сжатия для разогрева до существующих температур

¹ См. Гангнус А. А. Тайны земных катастроф.— М.: Мысль, 1985.

недостаточно. Положение изменилось в 20-х годах нашего века, когда англичанин Дж. Джоли выдвинул идею радиоактивного разогрева планет. И хотя сам Дж. Джоли исходил из первоначальной модели огненно-жидкой Земли, идея радиоактивного разогрева сыграла большую роль в становлении теории холодного происхождения планет. В 30-х годах возродилась пульсационная гипотеза Д. Мультона и Т. Чемберлена на основе представлений о радиоактивном разогреве Земли. Периодически накапливалось радиоактивное тепло, затем в процессе расширения, когда оживали трещины и резко активизировались вулканизм и тектонические процессы, излишнее тепло расходовалось, начиналась стадия сжатия.

В таком виде историю Земли после ее возникновения представляли себе большинство геологов примерно до середины XX века. Из известных советских ученых эту концепцию поддерживали В. А. Обручев, М. М. Тетяев и далее разрабатывали ее В. В. Белоусов, А. В. Хабаров. Она неплохо объясняет многие факты тектонической истории Земли и некоторые морфологические особенности ее поверхности.

В 1910 г. А. Бем выдвинул ротационную гипотезу эволюции земного шара. Эту гипотезу в СССР особенно поддерживали и развивали с 1931 г. Б. Л. Личков, а с 1951 г. — М. В. Стовас. Сторонники этой гипотезы считают, что осевое вращение Земли, ее собственное гравитационное поле, а также гравитационное взаимодействие Земли, Луны и Солнца — факторы, во многом определяющие историю развития нашей планеты. Известно, что приливное трение постепенно замедляет вращение Земли. Всякое же перераспределение масс внутри Земли тотчас же отзывается на ее осевом вращении. С концентрацией масс у оси вращения его скорость увеличивается, в противном случае, наоборот, уменьшается. Эти переходы нередко совершаются резко, скачкообразно, и хотя колебания осевой скорости Земли ничтожны, они могут вызвать значительные напряжения в твердом теле Земли, что приводит к разрывам и смещениям отдельных участков земной коры.

Гипотеза, разрабатываемая в СССР с 1954 г. В. В. Белоусовым, отводит решающую роль эволюции Земли процессу глубинной дифференциации слагающего Землю материала. В самом деле, в общем однород-

ная вначале Земля за несколько миллиардов лет своего существования расслоилась на геосферы и обрела еще две оболочки, которых не было у первозданной планеты, — гидросферу и атмосферу. Очевидно, что дифференциация земного вещества продолжается, до сих пор происходит расслоение древнейших геосфер — ядра и мантии. Дифференциация сопровождается перемещением громадных масс вещества, возникновением конвективных течений, перераспределением источников разогрева — радиоактивных элементов, сконцентрированных ныне в верхних слоях Земли. Результатом дифференциации является и литосфера с ее рельефом, хотя процесс образования основных форм рельефа — океанических впадин и материковых выступов, а главное, их распределение на поверхности не могут считаться завершенными. Следствием дифференциации вещества явились конвективные течения вещества в оболочках Земли, которым придавали большое значение многие исследователи, особенно в 30-х годах нашего века.

Все три гипотезы развивались разобщенно, хотя и не исключали друг друга. Однако, как справедливо отмечал советский геолог Г. Н. Каттерфельд, не только возможен, но и необходим разумный синтез всех трех гипотез, и потому, по его мнению, наиболее правильна в методологическом отношении и наиболее перспективна в научном обобщенная ротационно-пульсационная гипотеза, основанная на диалектическом единстве пульсаций объема и формы земного эллипсоида и учитывающая процессы глубинной дифференциации вещества Земли¹.

Именно с таких обобщенных позиций Г. Н. Каттерфельд излагал гипотетическую историю Земли — историю спорную, не во всем достаточно обоснованную, но безусловно интересную. Автор полагает, что некоторые ее положения заслуживают внимания, поэтому остановимся на ней подробнее. Отметим лишь главное в этой схеме, отсылая интересующихся подробностями к книгам Г. Н. Каттерфельда и А. М. Рябчикова².

Давно уже известно, что северное и южное полу-

¹ См. Каттерфельд Г. Н. Лик Земли — М.: Наука, 1962.

² См. Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы. — М.: Мысль, 1972.

шария нашей планеты несимметричны. В северном полушарии в основном сосредоточены материковые массивы, в южном — водная масса океанов. Можно считать, что одно полушарие является как бы зеркальным отражением другого. Случайно ли это?

Если бы Земля приобретала теперешнюю форму под действием только гравитационных и центробежных сил, эта форма не была бы асимметричной. Поэтому Г. Н. Каттерфельд считает, что в данном случае проявили себя особые «асимметричные» силы неизвестной природы. Заметим, что разность между радиусами, направленными из центра Земли к северному и южному полюсам, составляет всего 100 м. Но эта разница зафиксирована по измерению с искусственных спутников Земли, она реальна, а значит, должна быть как-то объяснима. Утверждение, что асимметрия Земли вызвана «асимметричными» силами, конечно, не больше, чем тавтология. Как известно, в 1958 г. профессор Н. А. Козырев пытался объяснить асимметрию Земли действием сил, рожденных самим «ходом времени». Однако эта необычная идея, легшая в основу «причинной механики» Н. А. Козырева, в дальнейшем не получила ни признания, ни достаточного обоснования. Словом, загадка асимметрии Земли и поныне остается нерешенной.

Прямые измерения с помощью сверхточных кварцевых часов показали, что вращение Земли неравномерно. Например, сутки в марте на 0,0025 с длиннее, чем в августе, а это означает, что ежегодно вращение Земли ускоряется к августу и замедляется к марту. Отчасти это вызвано сезонными изменениями в циркуляции атмосферы, отчасти другими причинами. В общем же изменения скорости осевого вращения Земли вызваны разными причинами: приливами, неравномерным сжатием внешних геосфер Земли, перераспределением в ней масс, воздействием солнечных корпускулярных потоков и рядом других, иногда еще не вполне понятных, физических процессов. Все это не проходит бесследно для Земли. По мнению Г. Н. Каттерфельда, если бы мы проанализировали все те мелкие пульсационные и ротационные воздействия, которые накапливались за долгую геологическую историю и неприметно запечатлевались на лице Земли в результате постоянных и, казалось бы, незначительных взаимодействий,

мы поразились бы их значительности. Попробуем конкретно представить себе (по Г. Н. Каттерфельду), как колебания объема и скорости вращения Земли сказались на ее облике.

Радиус Земли, как считает Г. Н. Каттерфельд, в среднем уменьшается на 5 см в столетие¹. Это гравитационное сжатие (учтите размеры Земли) высвобождает огромную энергию — $17 \cdot 10^{23}$ Дж! Так как в мировое пространство рассеивается лишь часть этой энергии, Земля нагревается, а значит, каждый раз сжатие временно сменяется гораздо меньшим расширением нагревающейся Земли. Такова физическая подоплека прерывистого, пульсационного сокращения радиуса Земли. Та же часть тепловой энергии, которая не излучается Землей в мировое пространство, становится скрытой теплотой физико-химических превращений в недрах Земли. Эти превращения, в конечном счете, способствуют уплотнению внутренних частей Земли и, значит, уменьшению ее объема.

Расчеты показывают, что под влиянием приливного торможения скорость осевого вращения Земли замедляется и, как следствие, полярное сжатие Земли уменьшается. Казалось бы, этот процесс должен выражаться в погружении экваториальной «опухоли» Земли и поднятии полярных районов. В результате такого процесса распределение суши и вод на Земле должно было бы получиться весьма своеобразным: экватор опоясан сплошной водной полосой океана, а два огромных антиподальных материка занимают пространство от полюсов до умеренных широт. Если бы, наоборот, полярное сжатие длительно увеличивалось, экваториальную зону в конце концов заполнил бы сплошной материковый пояс, а от умеренных широт до полюсов простирались бы океаны.

На самом деле нет ни того, ни другого. Но замечательно, что северному полушарию соответствует первая из этих теоретических схем (длительное уменьшение полярного сжатия), а южному — вторая. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что в процессе общего очень медленного уменьшения сжатия Земли северное полушарие опережает южное. Значит, и здесь наблюдается асимметричный процесс, вызванный какими-то

¹ По данным П. Н. Кропоткина (1971 г.), на 3 мм.

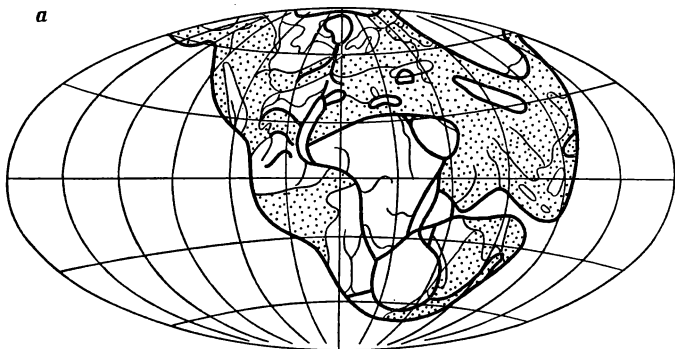
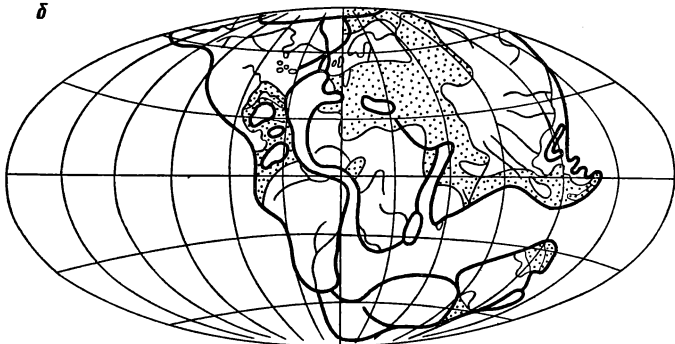
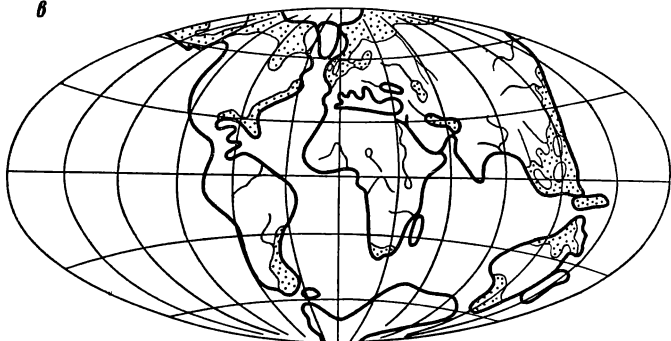
a*б**в*

Рис. 10. Эволюция материков по А. Вегенеру

a — 200 млн. лет назад; *б* — 60 млн. лет назад; *в* — 1 млн. лет назад

неизвестными силами. Но эта гипотетическая асимметрия хорошо объясняет самую общую черту лика Зем-

ли — неравномерное распределение воды и суши. Конечно, схема эволюции поверхности Земли, предложенная Г. Н. Каттерфельдом, не больше чем гипотеза. Она не учитывает продолжающуюся на протяжении всей истории Земли дифференциацию ее вещества и другие факторы, а потому не может рассматриваться как нечто доказанное и окончательное.

В свое время сенсацию вызвала гипотеза дрейфа материков, предложенная в 1912 г. немецким ученым А. Вегенером (рис. 10). Сам А. Вегенер упорно отстаивал эту идею, хотя привычному образу мыслей геологов его гипотеза представлялась абсурдной. После смерти ее главного, и тогда почти единственного, защитника о ней забыли, и, казалось, ничто уже не в силах было ее воскресить. Однако лишь в 50-х годах в связи с новыми работами по палеомагнетизму идеи А. Вегенера как будто получили опытное подтверждение. За последнее время появилось немало работ, пропагандирующих гипотезу дрейфа материков. Может быть, и в самом деле гипотеза А. Вегенера заслуживает серьезного научного анализа?

А. Вегенер обратил внимание на, казалось, случайные особенности береговых линий некоторых материков. Восточный, «бразильский» выступ Южноамериканского материка плотно укладывается во впадину Гвинейского залива. Стыковка получается особенно плотной, если вместо береговой линии брать очертание шельфа — материковой отмели.

В 1970 г. американские исследователи с помощью электронно-вычислительных машин изучили «совмещение» некоторых материков на протяжении десятков тысяч километров. Результат получился поразительным: в целом хорошо совместились более 93 % границ шельфа, т. е. краевой части материков. Лучше всего стыковались Африка и Южная Америка, Антарктида и Африка, несколько хуже примкнули друг к другу Индостан, Австралия и Антарктида. Создавалось впечатление, что когда-то Африка и Америка составляли единое целое. Затем, по каким-то неясным причинам первичный материк раскололся на две части, и эти части, разойдясь в стороны, образовали современные Африку и Южную Америку, а также разделивший их Атлантический океан.

Сам А. Вегенер шел дальше. Он предполагал, что

когда-то вся теперешняя суша составляла единый и единственный материк — Пангею. Со всех сторон он омывался безбрежным Мировым океаном, названным А. Вегенером Панталассом. Под действием каких-то сил, возможно связанных с вращением Земли, примерно 200 млн. лет назад Пангея раскололась на несколько частей, подобно исполинской льдине. Ее осколки — теперешние материки — разошлись в разные стороны и продолжают доныне свой крайне медленный дрейф. Дрейфуя на запад, американский материк на переднем, западном своем крае испытывал сопротивление подстилающего слоя Земли, по которому плывут материки. Естественно, что он смялся и образовал исполинские горные цепи Кордильер и Анд. На тыловой же части от плывущего материка отделялись, отставая, небольшие куски, например Антильские острова. Некоторые же осколки Пангеи плавали, поворачиваясь, как льдины в бурном потоке. Так, по-видимому, вела себя Япония.

Последователи А. Вегенера (Дю Тойт, 1937 г. и др.) полагали, что первоначально существовали два материка — Лавразия, расколовшаяся на Северную Америку и Евразию, и Гондвана, которая распалась на Южную Америку, Африку, Австралию и Антарктиду. Сторонники этого варианта гипотезы А. Вегенера приводят немало фактов, как будто подтверждающих реальность Лавразии и Гондваны. В частности, они ссылаются на сходство геологических структур разных материков, общность их растительного и животного мира.

В последние годы на помощь гипотезе дрейфа континентов пришла гипотеза о расширении дна океанов. В ней важнейшая роль отводилась рифтам — гигантским планетарным разломам, приуроченным к осевым частям срединно-океанических хребтов. Предполагается, что через рифты из глубин выдавливается вещество верхней мантии, которое в процессе физико-химической дифференциации превращается в базальтовые лавы. Каждая новая порция этого вещества давит на породы, возникшие ранее, и отодвигает их в стороны от рифта. Это давление передается далее, и, таким образом, дно океана постепенно расширяется, раздвигая материки. Сторонники этой гипотезы предположили, что такой точке зрения должны соответство-

вать и хронологические факты: самые молодые породы должны быть приурочены к рифтовым зонам, а с удалением от рифтов в стороны в точках, расположенных на одной, перпендикулярной к оси рифтов линии и на равных расстояниях, породы должны быть древнее и одинакового возраста.

Первоначально казалось, что это так и есть, но в одном из своих рейсов американское исследовательское судно «Гломар Челленджер» обнаружило между о-вом Ньюфаундленд и Бискайским заливом, что в таких сопряженных точках к западу от срединно-атлантического рифта возраст донных пород 155 млн. лет, а к востоку — 110 млн. лет. В самом же рифте взяты образцы возрастом 200 млн. лет. Указывали и на другие противоречия в этой гипотезе. Если материки раздвигаются в результате расширения морского дна, то, например, воздействие срединно-атлантического рифта должно толкать Африку на восток, а вещество, поступающее из срединного рифта Индийского океана, — на запад. Спрашивается: куда бедной Африке деваться? А ведь в таком же положении находятся все материки. И еще. На земном шаре имеются рудообразующие зоны, например вдоль восточной окраины Азии. Такие зоны развиваются на протяжении сотен миллионов — до миллиарда лет. Их геохимия остается неизменной. А это значит, что за весь период существования этих зон у них оставался один и тот же источник вещества, чего не могло быть, если бы материки перемещались.

Позже была разработана современная концепция мобилизма. Согласно этой концепции, земная кора разбита на крупные плиты. Эти плиты могут охватывать участки и материковой, и океанической коры, но есть и целиком «океанические» плиты. Такие плиты с одного края наращиваются вдоль рифта, а вдоль другого края погружаются под край соседней плиты. Например, африканско-индийская плита, расположенная между срединными хребтами Атлантического и Индийского океанов, на западе постоянно наращивается, на востоке же погружается под индоокеанскую плиту.

Долгие споры мобилистов и их противников «фиксистов» в конце концов завершились победой первых. В 60-х годах текущего столетия стала для всех ясной динамика литосферы. Огромные литосферные плиты находятся в крайне медленном, но постоянном движе-

нии. Поднимаясь из мантии в зонах срединно-океанических хребтов, они снова погружаются обратно в мантию в зонах глубоководных желобов. Земные континенты как бы впаяны в ползущие плиты океанической коры и движутся вместе с ними. Эта совокупность «плывущих» по мантии литосферных плит, собственно, и составляет литосферу. Главная сила движущейся

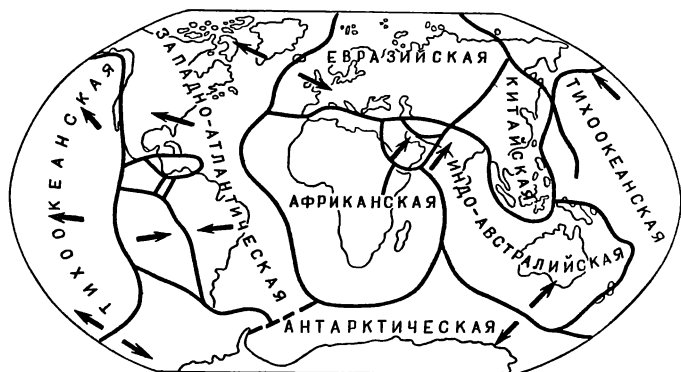


Рис. 11. Литосферные плиты

плиты — продолжающийся процесс дифференциации расслоения земных недр. Различают несколько литосферных плит (рис. 11). Стрелками указаны направления их перемещений. Как ни малы скорости движения литосферных плит (сантиметры в год!), за огромные промежутки времени внешний облик Земли меняется неузнаваемо. Современные географические глобусы фиксируют то, что есть сегодня, но уже никогда не повторится в будущем.



Солнечные ритмы и геология

Солнечное излучение — электромагнитное и корпускулярное — вот тот могучий фактор, который играет огромную роль в жизни Земли как планеты. Солнечный

свет и солнечное тепло создали условия для формирования биосферы и продолжают поддерживать ее существование. С удивительной чуткостью все земное — и живое, и неживое — реагирует на изменения солнечного излучения, на его своеобразные и сложные ритмы. Так было, так есть и так будет до тех пор, пока человек не сумеет внести свои коррективы в солнечно-земные связи.

Сравним Солнце со... струной. Это позволит уяснить физическую суть ритмов Солнца и отражение их в истории Земли. Вы оттянули середину струны и отпустили ее. Колебания струны, усиленные резонатором (декой инструмента), породили звук. Состав этого звука сложный: ведь колеблется, как известно, не только вся струна в целом, но одновременно и ее части. Струна в целом порождает основной тон. Половинки струны, колеблясь быстрее, издают более высокий, но менее сильный звук — так называемый первый обертон. Половинки половинок, т. е. четверти струны, в свою очередь рожают еще более высокий и еще более слабый звук — второй обертон и так далее. Полное звучание струны складывается из основного тона и обертонов, которые в разных музыкальных инструментах придают звуку различный тембр, оттенок.

Когда-то, миллиарды лет назад, в недрах Солнца начал действовать тот самый протон-протонный цикл ядерных реакций, который поддерживает лучеиспускание Солнца и в современную эпоху. Переход к этому циклу, вероятно, сопровождался какой-то внутренней перестройкой Солнца. От прежнего состояния равновесия оно скачкообразно перешло к новому. И при этом скачке Солнце «зазвучало», как струна. Слово «зазвучало» следует понимать, конечно, в том смысле, что в Солнце, в его исполинской массе, возникли какие-то ритмические колебательные процессы. Начались циклические переходы от активности к пассивности и обратно. Возможно, эти сохранившиеся до наших дней колебания и выражаются в циклах солнечной активности. Внешне, по крайней мере для невооруженного глаза, Солнце кажется всегда одним и тем же. Однако за этим внешним постоянством скрываются относительно медленные, но существенные изменения.

Прежде всего они выражаются в колебании числа солнечных пятен, этих локальных, более темных обла-

стей солнечной поверхности, где из-за ослабленной конвекции солнечные газы несколько охлаждены и поэтому вследствие контраста кажутся темными. Обычно астрономы подсчитывают для каждого момента наблюдений не общее число видимых на солнечном диске пятен, а так называемое число Вольфа W , равное числу пятен, сложенному с удесятеренным числом их групп (рис. 12).

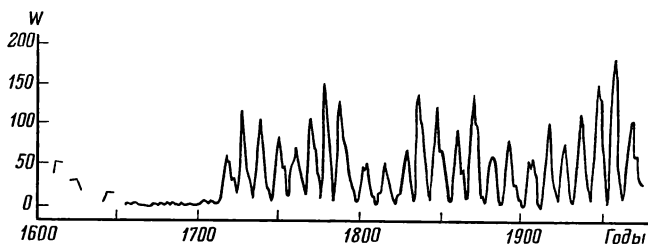


Рис. 12. График изменения солнечной активности за последние четыре века

Характеризуя суммарную площадь солнечных пятен, число Вольфа циклически меняется, достигая максимума в среднем через каждые 11 лет. Чем больше число Вольфа, тем выше солнечная активность. В годы максимума солнечной активности солнечный диск обильно усеян пятнами. Все процессы на Солнце становятся бурными. В солнечной атмосфере чаще образуются протуберанцы — фонтаны раскаленного водорода с небольшой примесью других элементов. Чаше появляются солнечные вспышки, эти мощнейшие взрывы в поверхностных слоях Солнца, при которых «выстреливаются» в пространство плотные потоки солнечных корпускул — протонов и других ядер атомов, а также электронов. Корпускулярные потоки — солнечная плазма. Они несут с собой «вмороженное» в них слабое магнитное поле напряженностью $79,6 \cdot 10^{-4}$ А/м. Достигая на вторые сутки, а то и раньше, Земли, они будоражат земную атмосферу, возмущают магнитное поле Земли. Усиливаются и другие виды излучения Солнца, и на солнечную активность чутко отзывается Земля.

Если Солнце подобно струне, то циклов солнечной активности заведомо должно быть много. Какой-то из них, самый продолжительный и самый большой по

амплитуде, задает «основной тон». Циклы меньшей продолжительности, т. е. «обертоны», должны обладать все меньшей и меньшей амплитудой. Разумеется, аналогия со струной неполная. Все колебания струны имеют строго определенные периоды, в случае Солнца можно говорить только о некоторых, лишь в среднем определенных циклах солнечной активности. И все-таки разные циклы солнечной активности должны быть в среднем пропорциональны друг другу. Как это ни удивительно, ожидаемое сходство Солнца и струны подтверждается фактами.

Одновременно с одиннадцатилетним четко выраженным циклом на Солнце действует и другой, удвоенный, двадцатидвухлетний цикл. Он проявляется в смене магнитных полярностей солнечных пятен. Каждое солнечное пятно — сильный «магнит» напряженностью в несколько десятков и даже тысяч ампер на метр. Обычно пятна возникают близкими парами, причем линия, соединяющая центры двух соседних пятен, параллельна солнечному экватору. Оба пятна имеют разную магнитную полярность. Если переднее, головное (по направлению вращения Солнца) пятно обладает северной магнитной полярностью, то у следующего за ним пятна полярность южная. Замечательно, что на протяжении каждого одиннадцатилетнего цикла все головные пятна разных полушарий Солнца имеют разную полярность. Раз в 11 лет, как по команде, совершается смена полярностей у всех пятен, а значит, первоначальное состояние повторяется через каждые 22 года. Мы не знаем, в чем причина этого явления, но реальность его несомненна.

Действует и утроенный, тридцатитрехлетний цикл. Пока неясно, в каких солнечных процессах он выражен, но его земные проявления давно известны. Например, особенно суровые зимы повторяются каждые 33—35 лет. Такой же цикл отмечен в чередовании сухих и влажных лет, колебаниях уровня озер и, наконец, в интенсивности полярных сияний — явлений, заведомо связанных с Солнцем.

На спилах деревьев заметно чередование толстых и тонких слоев — опять со средним интервалом в 33 года. Некоторые исследователи считают, что тридцатитрехлетние циклы отражаются и в слоистости осадочных отложений. Во многих осадочных породах наблю-

дается микрослоистость, обусловленная сезонными изменениями. Зимние слои тоньше и более светлы вследствие обедненности органическим материалом, весенне-летние — толще и темнее, так как они отлагались в период более энергичного проявления факторов выветривания пород и жизнедеятельности организмов. В морских и океанических биогенных отложениях такие явления тоже наблюдаются, так как в них накапливаются остатки микроорганизмов, которых в период вегетации всегда значительно больше, чем в зимний период (или в сухой период в тропиках). Таким образом, в принципе каждая пара микрослоев соответствует одному году, хотя бывает, что году могут соответствовать и две пары слоев. Отражение сезонных изменений в осадконакоплении прослеживается на протяжении почти 400 млн. лет — с верхнего девона до наших дней, впрочем, с довольно длительными перерывами, занимающими иногда десятки миллионов лет (например, в юрском периоде, окончившемся около 140 млн. лет назад).

Сезонная слоистость связана с движением Земли вокруг Солнца, наклоном земной оси вращения относительно плоскости ее орбиты (или солнечного экватора, что практически одно и то же), характером циркуляции атмосферы и многим другим. Но как мы уже упоминали, некоторые исследователи видят в сезонной слоистости и отражение тридцатитрехлетних циклов солнечной активности, хотя если и можно говорить об этом, то только для так называемых ленточных отложений¹ (в глинах и песках) эпохи последнего оледенения. Но если это так, то получается, что по меньшей мере миллионы лет действует удивительный и пока плохо нами изученный механизм солнечной активности. Следует все же еще раз заметить, что в геологических отложениях трудно вполне четко выделить какие-либо определенные циклы, связанные с солнечной активностью. Колебания климата в давние эпохи связаны прежде всего с изменениями на поверхности Земли, с увеличением или, наоборот, уменьшением общей площади морей и океанов — этих главных аккумуля-

¹ Например, ленточные глины — послеледниковые или ледникового времени глины с тонкой сезонной слоистостью благодаря чередованию глинистых и глинисто-песчаных (супесчаных) прослоек.

ляторов солнечного тепла. Действительно, ледниковым эпохам всегда предшествовала высокая тектоническая активность земной коры. Но эта активность, в свою очередь (о чем будет сказано далее), может стимулироваться повышением солнечной активности. Об этом как будто говорят данные последних лет. Во всяком случае в этих вопросах еще много неясного и потому дальнейшие рассуждения в этой главе следует рассматривать лишь как одну из возможных гипотез.

Еще в прошлом веке было замечено, что максимумы солнечной активности не всегда одинаковы. В изменениях величин этих максимумов намечается «вековой» или, точнее, восьмидесятилетний цикл, примерно в 7 раз больший одиннадцатилетнего. Если «вековые» колебания солнечной активности сравнить с волнами, циклы меньшей продолжительности будут выглядеть как «рябь» на волнах. «Вековой» цикл достаточно ясно выражен в частоте солнечных протуберанцев, колебаниях их средних высот и других явлениях на Солнце. Но особенно примечательны его земные проявления.

«Вековой» цикл ныне выражается в очередном потеплении Арктики и Антарктики. Через некоторое время потепление сменится похолоданием и эти циклические колебания продолжатся неопределенно долго. «Вековые» колебания климата отмечены и в истории человечества — в летописях и других исторических хрониках. Порой климат становился необычно суровым, порой непривычно мягким. Например, в 829 г. покрылся льдом даже Нил, а с XII по XIV век несколько раз замерзало Балтийское море. Наоборот, в 1552 г. необычно теплая зима осложнила поход Ивана Грозного на Казань. Впрочем, в колебаниях климата замешан не только «вековой» цикл. Если на графике изменений солнечной активности соединить прямыми линиями точки максимумов и точки минимумов двух соседних «вековых» циклов, то окажется, что обе прямые почти параллельны, но наклонены к горизонтальной оси графика. Иначе говоря, намечается какой-то длительный, многовековой цикл, продолжительность которого удастся установить лишь средствами геологии.

На берегах Цюрихского озера есть древние террасы — высокие обрывы, в толще пород которых хорошо различимы слои разных эпох. И в этой слоистости осадочных пород, по-видимому, зафиксирован 1800-лет-

ний ритм. Тот же ритм заметен в чередовании илистых отложений, движении ледников, колебаниях увлажнения и, наконец, в циклических изменениях климата. С 1800-летним циклом, вероятно, связаны периодические усыхания и увлажнения Сахары, сильное и длительное потепление Арктики, во время которого норманны заселили Гренландию (Зеленую землю) и открыли Америку. На волнах 1800-летнего цикла даже вековой цикл выглядит «рябью».

Если средняя температура Земли понизится всего на 4—5 °С, то наступит новая ледниковая эпоха. Ледовые панцири покроют почти всю Северную Америку, Европу и большую часть Азии. Наоборот, повышение среднегодовой температуры Земли всего на 2—3 °С заставит растаять ледяной покров Антарктиды, что повысит уровень Мирового океана на 70 м со всеми вытекающими отсюда катастрофическими последствиями (затоплением значительной части материков). Таким образом, небольшие колебания средней температуры Земли (всего в несколько градусов) могут бросить Землю в объятия ледников или, наоборот, большую часть суши покрыть океаном.

Хорошо известно, что в истории Земли много раз повторялись ледниковые эпохи и периоды, а между ними наступали эпохи потепления. Это были очень медленные, но грандиозные климатические изменения, на которые накладывались меньшие по амплитуде, но зато более частые и быстрые колебания климата, когда ледниковые периоды сменялись периодами теплыми и влажными. Интервалы между ледниковыми эпохами или периодами можно характеризовать лишь в среднем: ведь и здесь действуют циклы, а не точные периоды. Ледниковые эпохи повторялись в истории Земли примерно каждые 180—200 млн. лет (по другим оценкам 300 млн. лет). Ледниковые же периоды в пределах ледниковых эпох чередуются чаще, в среднем через несколько десятков тысяч лет. И все это зафиксировано в толще земной коры, в отложениях пород различного возраста.

Причины смены ледниковых эпох и периодов достоверно неизвестны. Предложено немало гипотез, объясняющих ледниковые циклы космическими причинами. В частности, некоторые ученые полагают, что, обращаясь вокруг центра Галактики с периодом в 180—200 млн.

лет, Солнце вместе с планетами регулярно проходит через толщу рукавов Галактики, обогащенных пылевой материей, которая ослабляет солнечное излучение. Однако на галактическом пути Солнца не видно туманностей, которые могли бы играть роль темного фильтра. А главное, космические пылевые туманности столь разрежены, что, погрузившись в них, Солнце для земного наблюдателя осталось бы по-прежнему ослепительно ярким.

По гипотезе М. С. Эйгенсона, все циклические колебания климата, начиная от самых незначительных и кончая чередующимися ледниковыми эпохами, объясняются одной причиной — ритмичными колебаниями солнечной активности. А так как в этом процессе Солнце подобно струне, то и в колебаниях земного климата должны проявиться все циклы солнечной активности — от «основного» цикла в 200 или 300 млн. лет до самого короткого, одиннадцатилетнего. Сам же «механизм» воздействия Солнца на Землю в этом случае сводится к тому, что колебания солнечной активности тотчас же вызывают изменения геомагнитосферы и циркуляции земной атмосферы.

Если бы Земля не вращалась, то циркуляция воздушных масс была бы предельно простой. В теплой тропической зоне Земли нагретый и потому менее плотный воздух поднимается вверх. Разность давлений у полюса и экватора заставляет эти воздушные массы устремиться к полюсу. Здесь, охладившись, они опускаются вниз, чтобы затем снова переместиться к экватору. Так в случае неподвижности Земли работала бы «тепловая машина» планеты. Осевое вращение Земли и обращение ее вокруг Солнца осложняет эту идеализированную картину. Под действием так называемых кориолисовых сил (заставляющих реки, текущие в меридиональном направлении, в северном полушарии размывать правый берег, и в южном — левый) воздушные массы циркулируют от экватора к полюсу и обратно по спиралям. В те же периоды, когда воздух у экватора нагревается особенно сильно, возникает волновая циркуляция воздушных масс. Спиралеобразное движение сочетается с волновым, и поэтому направление ветров постоянно меняется. К тому же неравномерный нагрев различных участков земной поверхности и рельеф усложняют и эту непростую картину. Если воздуш-

ные массы перемещаются параллельно земному экватору, то циркуляция воздуха называется зональной, если вдоль меридиана — меридиональной.

Для одиннадцатилетнего солнечного цикла доказано, что с повышением солнечной активности ослабляется зональная циркуляция и усиливается меридиональная. Земная «тепловая машина» работает энергичнее, усиливая теплообмен между полярными и экваториальными зонами. Если в стакан с холодной водой налить немного кипятка, то вода скорее нагреется в том случае, если ее размешать ложкой. По той же причине в периоды повышенной солнечной активности «взбудораженная» солнечным излучением атмосфера обеспечивает в среднем более теплый климат, чем в годы «пассивного» Солнца. Сказанное верно для любых солнечных циклов. Но чем длиннее цикл, тем сильнее реагирует на него земная атмосфера, тем значительнее меняется климат Земли. Поэтому физической первоосновой климатических различий является общая циркуляция атмосферы.

Роль солнечных ритмов в истории Земли весьма заметна. Общая циркуляция атмосферы предопределяет скорость ветров, напряженность водообмена между геосферами, а значит, и характер процессов выветривания. Солнце влияет, очевидно, и на скорость образования осадочных пород. Но тогда геологическим эпохам с повышенной общей циркуляцией атмосферы и гидросферы должны соответствовать мягкие, мало выраженные формы рельефа. Наоборот, в длительные эпохи пониженной активности Солнца земной рельеф должен приобретать контрастность. В холодные эпохи значительные ледовые нагрузки, по-видимому, стимулируют вертикальные движения в земной коре, т. е. активизируют тектоническую деятельность. Наконец, давно уже известно, что в периоды солнечной активности усиливается и вулканизм.

Даже в колебаниях земной оси (в теле планеты) сказывается одиннадцатилетний солнечный цикл. Это, вероятно, объясняется тем, что «активное» Солнце перераспределяет воздушные массы земной атмосферы. Меняется, следовательно, и положение этих масс относительно оси вращения Земли, что вызывает ее незначительные, но все же вполне реальные перемещения и изменяет скорость вращения Земли. Но если изменения

солнечной активности сказываются на всей Земле в целом, то тем заметнее должно быть воздействие солнечных ритмов на поверхностную оболочку Земли. Всякие, особенно резкие, колебания в скорости вращения Земли должны вызывать натяжения в земной коре, перемещение ее частей, а это в свою очередь может привести к возникновению трещин, что стимулирует вулканическую деятельность. Так можно (конечно, в самых общих чертах) объяснить связь Солнца с вулканизмом и землетрясениями.

Вывод ясен: понять историю Земли, не учитывая при этом влияния Солнца, вряд ли возможно. Надо, однако, всегда иметь в виду, что воздействие Солнца лишь регулирует или возмущает процессы собственного развития Земли, подчиненного своим геологическим внутренним законам. Солнце вносит лишь некоторые «поправки» в эволюцию Земли, вовсе, конечно, не являясь при этом движущей силой этой эволюции.



Возникновение жизни

В этой книге нет легких тем, но та, к которой мы приступаем, одна из труднейших. До сих пор мы описывали сцену, теперь предстоит вывести на эту сцену действующих лиц.

Как возникла жизнь? В какой момент истории Земли на ее поверхности появилось нечто небывалое — качественно новая и высшая форма материи, обладающая потенциально безграничными способностями совершенствования?

По определению Ф. Энгельса, жизнь есть способ существования белковых тел. Несомненно, что возникновение жизни на Земле подготавливалось всей предшествующей историей нашей планеты¹. Однако всякий раз (и мы в этом еще неоднократно убедимся), когда медленные количественные изменения в ходе

¹ См. Фолсом К. Происхождение жизни.— М.: Мир, 1982.

развития материи приводят в конце концов к резкому качественному скачку, сам этот скачок ускользает от ученых. Это, конечно, не роковая и неизбежная неудача, а временная трудность, переживаемая наукой. Она вызвана сложностью «скачков», этих узловых пунктов в развитии материи, событий, пока не познанных, но, безусловно, познаваемых.

Когда-то Ф. М. Достоевский сказал, что природа равнодушна к красоте. Добавим, что она равнодушна и к жизни. В недрах звезд, в межзвездном пространстве, там, где заведомо нет ни одного живого существа, непрерывно идет великий синтез тяжелых элементов, простейших, а иногда и сложных органических соединений, этих «полуфабрикатов» жизни. Например, в недрах Солнца водород постепенно «перегорает» в гелий. Красные гигантские звезды, по массе превосходящие Солнце в несколько раз, взрываясь, как сверхновые звезды, сжимаются столь сильно и быстро, что в их атмосферах за счет цепных ядерных реакций и мощных нейтронных потоков синтезируются, по-видимому, тяжелые химические элементы. Во время взрыва они поступают в мировое пространство. Действительно, в межзвездном пространстве астрофизические приборы обнаружили десятки молекул, и среди них — CH , CN , OH , формальдегид и другие. В атмосферах холодных звезд кроме циана CN присутствуют молекулы CO и C_2 . Есть CN , C_2 , CH , NH , OH и в атмосфере Солнца. Все перечисленные молекулы, а также NH , H_2 и другие встречаются и в атмосферах комет, а атмосферы планет-гигантов Юпитера и Сатурна изобилуют аммиаком NH_3 и метаном CH_4 ¹.

Экспериментально показано, что если смесь замороженных водяного пара, метана и аммиака бомбардировать потоком протонов, то в ней образуются сложные органические соединения (мочевина, ацетамид и ацетон). Но эти опыты моделируют условия, господствующие в космосе. Ядра комет — это рыхлые конгломераты из льдов, воды, метана и аммиака. Они непрерывно и весьма длительно бомбардируются космическими лучами — энергичными потоками протонов, нейтронов и других частиц и атомных ядер. Вряд ли можно сомневаться, что в ядрах комет абиогенным путем (т. е.

¹ Зигель Ф. Ю. Вещество Вселенной. — М.: Химия, 1982.

без всякого отношения к чему-либо живому) синтезируются сложные органические вещества. В других опытах смесь водорода, метана, аммиака, водяных паров и некоторых других газов облучалась потоком радиоактивного, ультрафиолетового излучений, подвергалась воздействию медленных электрических разрядов на протяжении недель. В результате таких экспериментов в ней появлялись сложные соединения, аминокислоты, которые входят в состав белков. Не такие ли процессы совершались в первичной атмосфере Земли?

Богаты органикой некоторые метеориты, в особенности так называемые углистые хондриты. Кроме различных битуминозных соединений, углистые хондриты содержат даже цитозин — одно из четырех оснований, носителей «кода жизни» в молекуле ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты), аминокислоты и другие высокомолекулярные органические соединения. Получается, что в космосе достаточно обильно представлены те органические вещества, из которых (хотя бы в принципе) могло образоваться живое. Но в возникновении жизни на Земле главная роль, по-видимому, принадлежала тем процессам органического синтеза, которые происходили когда-то на поверхности нашей планеты. В составе первичной атмосферы доминирующее положение занимали углекислый газ CO_2 и N_2 . Высокое содержание метана CH_4 и аммиака NH_3 в истории Земли могло иметь место не более 10—100 тыс. лет, так как они быстро распадались за счет окисления. Свободный кислород в атмосфере нашей планеты был уже на очень раннем этапе ее развития: об этом свидетельствует наличие в древнейших породах оксида железа и сульфатов.

Интересную гипотезу недавно предложил советский исследователь Л. М. Мухин. По его мнению, подводные вулканы играли немалую роль в синтезе сложных органических молекул. При извержениях подобных вулканов выделяются не только пеплы, вулканические бомбы, лавы, но и такие соединения, как CP , CH_4 , H_2O , CO_2 , H_2S и другие, необходимые для синтеза более сложных органических веществ. Этому синтезу способствуют также повышенные температура и давление в жерлах вулканов, а океан обеспечивает стабильность образовавшихся соединений (формальдегида и др.). Твердые

частицы, выбрасываемые вулканом, способствовали концентрации и полимеризации органики. Как показал Л. М. Мухин, в зоне подводных вулканов могли образовываться альдегиды, углеводы и другие сложные органические вещества, так что подводный вулканизм мог сыграть не последнюю роль в создании «полуфабрикатов» жизни¹.

Дальнейшая история сходна с общепринятой: сложные органические соединения попадали в воды океана, образуя тот «питательный бульон», в котором, вероятно, и возникла жизнь. Этот «бульон» не оставался однородным. Благодаря присущей высокомолекулярным веществам способности к самопроизвольной концентрации, в первичных морях и океанах, а скорее даже в небольших, спокойных и мелких водоемах возникли каплеобразные сгустки, коацерватные капли. Они, конечно, не были простейшими живыми существами. Но они обладали рядом свойств, напоминающих живое. По исследованиям А. И. Опарина и других ученых, коацерватные капли имитируют некоторые жизненные процессы. У них наблюдается своеобразный обмен веществ с внешней средой. Они могут расти, усложняться или, наоборот, деградировать. Среди коацерватных капель наблюдается даже нечто похожее на борьбу за существование, в результате которой остаются победителями капельки более устойчивые, более приспособленные к внешней среде.

Надо заметить, что в опытах американского исследователя З. Фокса аминокислоты удалось синтезировать без воды из газов в обстановке, имитирующей вулканические условия. Однако дальнейшая эволюция высокомолекулярных полимеров из аминокислот немыслима без водной среды, без образования коацерватных капель или каких-то подобных им структур, например жидких кристаллов. А. И. Опарин указывал, что со временем происходило не только разрастание коацерватов, но и постепенное совершенствование их организации. В итоге это привело к возникновению таких образований, строение которых было уже значительно совершеннее, чем строение динамически устойчивых коацерватных капель, но все еще несравненно проще

¹ См. также Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь.— М.: Мысль, 1980.

даже самых простых из известных нам в настоящее время микробов.

Но здесь как раз мы и подошли к самому трудному и по существу главному вопросу: каким образом мертвые коацерватные капли превратились в живые микроорганизмы? Как был совершен этот скачок?

Главный признак живого организма заключается в способности к воспроизведению самого себя. Но у коацерватных капель это свойство отсутствует. Нет у них и другой характерной для всего живого черты — способности к самообновлению своего состава. Похоже, что коацерватные капли лишь кое в чем напоминают живое, оставаясь при этом мертвыми. По мнению И. С. Шкловского¹, наличие аналогов обмена веществ и естественного отбора у коацерватов еще не доказательство того, что они могли привести к образованию первых примитивных живых организмов. Основными свойствами всякого живого организма помимо обмена веществ является наличие «копировальной системы», кода, передающего по наследству все характерные признаки данной особи. Между тем у коацерватов ничего подобного нет.

Как произошел качественный скачок от неживого к живому, гипотеза А. И. Опарина совершенно не объясняет. Только привлечение основных представлений современной молекулярной биологии, а также кибернетики может помочь решению этой важнейшей, основной проблемы. В самом деле, молекулы дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот определяют одно из важнейших свойств жизни. Как ДНК, так и РНК являются носителями генетической информации, причем РНК превращает эту информацию в конкретные молекулы белка, т. е. ДНК и РНК программируют все свойства организма — от внешней формы до самых тонких физиологических реакций. Удивительно то, что код этой программы универсален: он одинаков для любых групп организмов — от вирусов до человека. Но любая жизнедеятельность требует затраты энергии. Поставляют эту энергию молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Она содержится в каждой клетке животных и растений. Без этого универсального энерге-

¹ См. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум.— М.: Наука, 1980.

тического вещества немислима жизнь (по крайней мере, в белковой ее форме). Значит, кроме ДНК и РНК в первичные живые организмы должны были на какой-то стадии попасть и молекулы АТФ.

Конечно, все эти главные для жизни молекулы первоначально могли быть проще современных и процесс воспроизведения себе подобных шел у них гораздо медленнее, чем теперь. Но сам факт «сборки» на одной молекуле другой ей подобной, означал великую революцию в истории Земли: родился новый принцип, обеспечивающий дальнейший ход органической эволюции. Новые молекулы отныне синтезировались в соответствии с программой, заложенной в структуре предшествующей молекулы.

Вирус — нечто стоящее на грани живого и неживого. То ли это вещество, обладающее свойствами существа, то ли существо со свойствами вещества? В клетке вирус паразитирует, а значит, ведет себя как существо, вне клетки он мертв, как камень. Современные вирусы в бездеятельном состоянии принимают кристаллическую форму. Вполне возможно, что именно вирусы или вирусоподобные организмы были первыми обитателями Земли, возникшими из жидкокристаллических структур. Это предположение имеет достаточные основания, так как в некоторых жидкокристаллических структурах при введении в них ферментов, выделенных из клеток, наблюдаются некоторые псевдобيوлогические процессы. У вируса табачной мозаики есть только одна нуклеиновая кислота — РНК. Но она работает за двоих, выполняя и передачу наследственной информации, и синтез белка. Может быть, жизнь на Земле первоначально зародилась в форме подобных вирусов?

Рассмотрим и другую проблему: может быть, раньше всего кодирование свойств и воспроизводство организмов происходило на иной основе, например нуклеотидов — отдельных молекул, из которых строятся более сложные? Однако теоретический анализ показывает, что это предположение очень мало вероятно.

До недавнего времени был неясен также механизм образования длинных, сложных цепочек органических молекул, без чего нельзя было представить пути формирования ДНК и РНК. Потом было показано, что форма сложных молекул обусловлена свойствами белков, а

совсем недавно выяснилось, что их «сшивка» в длинные цепочки происходит, например, под воздействием ударной волны. А поскольку похоже, что формирование жизни происходило в процессе формирования древнейшей земной коры, которая, в свою очередь, является результатом бурной магматической и вулканической активности первозданной Земли, то недостатка в постоянно возникающих ударных волнах огромной силы на нашей планете не было. Очевидно, что это обстоятельство свидетельствует в пользу гипотезы Л. М. Мухина.

Сложность проблемы происхождения жизни заключается не только в проблеме возникновения механизмов кодирования. Неясным представляется также, каким образом сформировались и вошли в структуру организма гормоны. Эта проблема пока еще не решена. Наконец, неясно происхождение характера симметрии живого вещества — от «основных кирпичиков» — аминокислот до симметрии самих форм организмов. Дело в том, что все живое на Земле состоит только из «левых» форм молекул, т. е. таких молекул, которые вращают плоскость поляризации света влево, против часовой стрелки. Было высказано много гипотез о происхождении оптической симметрии живого — от предположения, что на характер симметрии оказали влияние те минералы, вместе с которыми первоначально возникало живое, до гипотезы о том, что симметрия зависит от вращения частиц, входящих в состав живого. Но все эти гипотезы имеют один недостаток: они предполагают случайность образования симметрии живого, а это неизбежно ведет к идее о случайном, уникальном феномене возникновения жизни, что вряд ли соответствует действительности и несостоятельно с философской точки зрения.

В самом деле, если элементы, из которых состоит живое на Земле, широко распространены во Вселенной (в метеоритном веществе, в веществе комет и даже в межзвездной среде, а по последним данным — и в межгалактической среде), если «кирпичики жизни» — аминокислоты и многие сложные органические вещества (например, сахара, некоторые гормональные образования) сравнительно легко образуются под воздействием многих видов энергии (электрической, радиоактивного, ультрафиолетового излучений и т. п.), а их

полимеризация происходит под действием простых ударных волн, то возникновение жизни не может быть случайным. Вряд ли наша планета представляет единственное, неповторимое явление в этом отношении.

В последнее время выдвинулась еще одна проблема. Дело в том, что ученым удалось «собрать» клетку (правда, из уже готовых, а не синтезированных «деталей»), но она «не работала», пока в нее не ввели генетическое вещество из живой, действующей клетки. Был осуществлен и обратный опыт: в живую клетку, из которой извлекли генетическое вещество, ввели искусственно созданную молекулу ДНК и она начала функционировать. Но еще никому не удалось, несмотря на то что ныне уже лабораторно синтезируются многие необходимые для построения живого молекулы, создать целиком искусственное хотя бы подобие примитивного организма. Поэтому возник вопрос о механизме «запуска» живой клетки. Об этом механизме отсутствуют хотя бы сколько-нибудь конструктивные предположения — некоторые из идеалистически настроенных исследователей договорились даже до существования некоей особой «жизненной силы». Из других, более научных идей, возможно, имеет смысл предположение об изначально специфически высоковозбужденном состоянии молекул, из которых некогда возникли первые организмы. В пользу этого предположения говорит то, что сами эти молекулы могли возникнуть лишь при затрате большого количества энергии, а Земля в эпоху возникновения жизни находилась в состоянии высокой активности.

Неудачи в этом направлении пока неизбежны, потому что, как это ни удивительно, но и что такое жизнь, мы пока вполне удовлетворительно определить не в состоянии. Существует немало определений, раскрывающих отдельные свойства живого, но никем еще не дано определение жизни во всей ее полноте. Можно ли утверждать, что всегда и всюду живые организмы состоят из белков? Для нашей планеты иных форм жизни мы не знаем, но это не означает, что во Вселенной все явления жизни всегда и непременно «привязаны» к белковому субстрату. Давно известно, что некоторые аналоги органических углеродистых соединений могут быть теоретически построены, например, на кремниевой основе. Теоретически предполагались и аммиачные

организмы с экзотическими свойствами, совсем не похожими на поведение известных нам живых существ. Реализовала ли природа где-нибудь эти теоретические схемы, пока неизвестно. Однако аммиачные организмы могли бы существовать лишь при низких температурах, а это значило бы, что энергетическое обеспечение высокоразвитых существ было бы недостаточным. По ряду причин также сомнительна и жизнь на кремниевой основе. Но некоторая возможность существования иных форм жизни, чем наша земная, заставляет многих ученых формулировать определение жизни безотносительно к какому-нибудь конкретному ее вещественному носителю.

Если стать на такую позицию, то живое должно отличать от неживого не по тому, «из чего» состоит данный объект, а по тому, что он «умеет делать». Иначе говоря, определение жизни должно быть не субстанциональным, а функциональным. Известный советский математик А. А. Ляпунов характеризовал жизнь как высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул. Такое определение живого не связано с конкретным веществом и поэтому может быть применено как к реальным белковым организмам, так и к теоретически предполагаемым существам на другой основе. Следовательно, оно может рассматриваться как расширение так называемого «белкового» определения жизни. Жизнь (судя по земному опыту) проявляет себя как непрерывно разрастающийся центр упорядоченности в менее упорядоченной Вселенной. Жизнь неустанно борется с хаосом, распадом, смертью.



Вулканы и жизнь

Тем, кто никогда не видел извержения вулканов, просто трудно представить себе, какое громадное количество скрытых в земных недрах веществ поступает на земную

поверхность. В прекрасной монографии известного советского вулканолога Е. К. Мархинина¹, доказано, что за время существования Земли как планеты из ее недр изверглась масса вещества, которая сравнима с общей массой земной коры. Иначе говоря, современная кора, покрывающая земной шар,— это результат сложных геофизических и геохимических процессов, в которых самым активным образом участвовали недра нашей планеты.

Среди всего того, что было выброшено и продолжает выбрасываться наружу,— значительная доля органических веществ. Речь идет не о простейших веществах, а о таких сложных химических соединениях, как различные аминокислоты, основания нуклеиновых кислот, аминсахара, порфирины и многие другие, список которых оказывается достаточно длинным. Их находят в вулканическом пепле и других продуктах вулканических извержений. А таких продуктов, повторяем, выбрасывается очень много. Достаточно упомянуть, что, например, во время извержения вулкана Толбачик в 1975—1976 гг. органических веществ было извержено более миллиона тонн!

Какова же судьба этих веществ в настоящем и особенно в прошлом? И Е. К. Мархинин и другие ученые считают, что изверженные вулканами органические материалы послужили «полуфабрикатами» при формировании жизни. Они положили начало химической эволюции, приведшей в конце концов к появлению живых организмов. Доля органического вещества, поступающего на Землю из космоса, ничтожно мала по сравнению с тем, что поставляли земные вулканы. «Именно с образования этих вулканогенных молекул жизни на Земле,— пишет Е. К. Мархинин,— началась молекулярная эволюция по пути преобразования неживой материи в живую, приведшая впоследствии к возникновению жизни».

Аналогичных взглядов придерживается доктор физико-математических наук Л. М. Мухин, но в отличие от Е. К. Мархинина он главную роль отводит многочисленным подводным вулканам. По его мнению, окружающая вулкан водная среда, перепад давлений и температур не только способствуют интенсивному син-

¹ Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь.— М.: Мысль, 1980.

тезу органических соединений, но и обеспечивают (водная среда) относительную стабильность того, что возникло. Неизбежные твердые частицы, сопровождающие извержение, способствуют, по мнению Л. М. Мухина, концентрации и полимеризации органики. Таким образом, любые вулканы могут стать и, вероятно, когда-то были интенсивными источниками предбиологической эволюции. Но любое как угодно сложное органическое вещество — это еще не жизнь. Для того чтобы неживое стало живым, оно должно пройти еще через стадии эволюции: 1) самосборку молекул; 2) возникновение мембран и доклеточную организацию; 3) возникновение механизма наследственности; 4) возникновение клетки.

Как и когда все это произошло на Земле, сегодня никто не знает. По этому поводу высказываются самые разнообразные догадки, вплоть до гипотез о случайном возникновении клетки, что, конечно, равносильно невероятнейшему чуду¹. Неопределенность ситуации дает нам право кратко познакомить читателя еще с одной гипотезой, с полной четкостью высказанной великим русским естествоиспытателем Владимиром Ивановичем Вернадским².

По В. И. Вернадскому жизнь ниоткуда не происходила. Она вечна, как вечна материя и ее неотъемлемые атрибуты — пространство и время. В биологии еще с XVII века итальянским ученым Франческо Реди выдвинут известный принцип «все живое происходит из живого», который в полной мере разделял В. И. Вернадский. Серия неудачных опытов с пресловутым «самозарождением» лишь укрепила его в этом мнении и ничто при его жизни, да и позже, не было похоже на возникновение (вне живых организмов) живого из неживого.

В. И. Вернадский полагал, что семена жизни вечно разносятся по вечной Вселенной через бездны мирового пространства, «осеменяя» одну планету за другой. Но эта широко известная гипотеза панспермии (в том числе и искусственная панспермия с помощью инопланетян) предполагает длительное сохранение жизненной активности семян, поэтому взгляды В. И. Вернадского

¹ Фолсом К. Происхождение жизни.— М.: Мир, 1982.

² Вернадский В. И. Начало и вечность жизни. Избр. соч.— М.: изд. АН СССР, 1969, с. 120.

на вечность жизни в значительной мере были умозрительными. Правда, он обращал внимание биологов на то, что в самых древнейших слоях, где по физическим причинам могла быть жизнь, ее следы неизменно обнаруживаются.

«Жизнь вечна постольку,— писал В. И. Вернадский,— поскольку вечен Космос, и передавалась всегда биогенезом. То, что верно для десятков и сотен миллионов лет, протекших от архейской эры до наших дней, верно и для всего бесчисленного хода времени космических периодов истории Земли. Верно и для всей Вселенной»¹. Он догадывался, что в живом организме, кроме вещества и энергии, есть и еще нечто вполне материальное, объективное, связанное с жизненными процессами. Эта догадка нашла себе подтверждение в работах многих ученых, в том числе и известного советского психолога В. Н. Пушкина.

Сейчас уже мало осталось ученых, кто отвергал бы реальность биополя — той материальной сущности, которая ответственна не только за все психологические, но и парапсихологические процессы². Биополе особенно ярко проявляет себя в системе акупунктуры, образуя нечто вроде энергетического каркаса организма, несущего о нем полную информацию. В серии недавних работ В. Н. Пушкина³ и его сотрудников доказано, что биополе может существовать в виде отдельных материальных сущностей — так называемых форм, с помощью которых естественно и просто объясняется теория отражения — марксистско-ленинская теория познания. Покидая иногда живое тело, его форма сохраняет информацию о теле, что и дает возможность проводить по формам диагностику тех, кому они принадлежат.

Как отмечал журнал «Химия и жизнь», новые работы советских ученых по биополю представляют собой концепцию устройства природы, отличную от общепринятой. Первооснова этой концепции — выдвинутая В. Н. Пушкиным гипотеза о форме, как одной из фундаментальных составляющих природы. Под формой здесь

¹ Вернадский В. И. Начало и вечность жизни. Избр. соч.— М.: изд. АН СССР, 1969, с. 137.

² БСЭ, 1975, т. 19, с. 192—193.

³ Вопросы психогигиены, психофизиологии, социологии труда в угольной промышленности и психоэнергетики.— М.: изд. НТГО, 1980.

понимается особого рода голограмма, соответствующая пространственному контуру предмета и несущая информацию о его свойствах. Форма-голограмма неживого вещества содержит информацию лишь о его физических и химических свойствах. Форма-голограмма живого существа — уже об организме в целом. А мыслящее существо образует еще и мысленные образы — формы-голограммы, адекватно отражающие окружающий мир, в том числе и мысленные образы, генерируемые другими людьми.

Согласно концепции В. Н. Пушкина, все эти формы-голограммы взаимодействуют между собой и образуют информационное поле Вселенной, подобно тому, как массы физических тел образуют ее гравитационное поле»¹.

По мнению В. Н. Пушкина, жизнь была занесена на Землю не в виде молекулярных структур, а в виде информационных форм-голограмм, воздействовавших в определенном направлении на эволюцию земного вещества. Оба эти фактора в отдельности бессильны, что можно пояснить простым примером. Нас пронизывают всевозможные радиоволны, но приемник молчит, потому что не включен или неисправен. Тут нужны и энергия, и вещество, и организация. Вещество и энергию для жизни в свое время на Земле в изобилии поставляли вулканы, но не хватало организации. Ее-то на должном уровне физико-химической предбиологической эволюции и внесло общее вечное биологическое поле Вселенной. Точнее, даже не просто поле, а формы-голограммы, насыщенные информацией и жизнеспособностью биополя Вселенной. Они и «построили» жизнь, когда было из чего строить. Груда радиодеталей передачу не примет. Так же зазвучал, как исправный приемник биополя, тот «полуфабрикат» жизни, который был заранее подготовлен предбиологической эволюцией. Огонь жизни воссиял и на нашей планете. И «виновата» во всем этом материя — как в виде возникших сложнейших органических веществ, так и в форме вечного биополя Вселенной. Ибо материя и есть все то, что существует помимо нашей воли и наших чувств, что есть объективно.

Отдавая смерти мириады живых или когда-то жив-

¹ Из чего построена форма? — Химия и жизнь, 1982, № 3, с. 73.

ших особей, жизнь все же торжествует победу в преемственности поколений. Наука накопила достаточное число фактов, свидетельствующих о том, что жизнь возникла в результате несчетного числа реакций на протяжении не менее чем миллиарда лет и развитие ее распадается на два крупных этапа — этап химической эволюции, продолжавшийся до возникновения первых организмов, и этап биологической эволюции, продолжающийся и в наше время. Вряд ли случайно жизнь на нашей Земле родилась на основе элементов, наиболее широко распространенных во Вселенной. Сам этот факт свидетельствует и о том, что и на иных планетах, в других звездных мирах вероятнее всего жизнь существует в такой же белковой форме, как и на нашей Земле.

Непрерывно растет в массе и совершенствуется живое вещество Земли — совокупность населяющих ее организмов. В этом нас прежде всего убеждает эволюция органического мира нашей планеты.



Путь эволюции

Итак, появление жизни на Земле было результатом длительного развития Вселенной и нашей планеты. Но сколько времени прошло от эпохи, когда Земля закончила свое формирование, до эпохи формирования жизни? Каков возраст Земли и жизни?

Обычно для возраста Земли называют величину от 4,5 до 5 млрд. лет. Но еще О. Ю. Шмидт считал, что наша планета сформировалась не менее чем 6—6,7 млрд. лет назад, а В. Г. Фесенков (1964 г.), исходя из современных соотношений количества радиоактивных элементов и продуктов их распада, а также длительности периодов их полураспада, полагал, что радиоактивные процессы начали играть заметную роль в жизни земной коры около 6 млрд. лет назад. Это значит, что только около этой даты в поверхностных областях Земли накопилось достаточно радиоактивных эле-

ментов, чтобы они могли дать существующее ныне соотношение исходных элементов и возникших в процессе их распада. Ведь, как принято считать, тело первозданной Земли имело однородный химический состав и современное распределение элементов возникло в процессе дифференциации ее вещества. Первозданная Земля, как многие исследователи считают теперь, не имела атмосферы, гидросферы и литосферы. Лишь повышение температуры планеты в ее глубоких недрах до точки испарения (вернее, возгонки) и плавления легкоплавких веществ положило начало дифференциации.

По системе мельчайших трещин и пор пары, газы и расплавы летучих компонентов исходной породы постепенно диффундировали или выдавливались в более высокие горизонты тела Земли. Вместе с тем выносилось и тепло, которое, накапливаясь на этом, более высоком уровне, разогревало окружающие породы до тех пор, пока и здесь не начиналось испарение и плавление легкоплавких веществ. Тогда эти вещества перемещались еще выше, где со временем возникала новая зона расплава, и так далее, пока газы, пары и расплавы не прорывались на поверхность Земли. Примерно так схематически выглядит механизм зонной плавки, важнейшую роль которого предложил и обосновал теоретически и экспериментально советский академик А. П. Виноградов. Конечно, на поверхность Земли первыми должны были прорваться пары и газы, за счет которых постепенно сформировалась атмосфера, а затем гидросфера. Но вместе с тем на поверхность земного шара прорывались и лавы, особенно по разломам, возникшим вследствие ротационного эффекта. Так началось образование литосферы.

Лавы, которые формировали эту первозданную земную кору, видимо, содержали значительное количество углерода, магния, железа. Газообразные продукты были, возможно, идентичны современным вулканическим газам — оксидам углерода (CO , CO_2), метану, аммиаку, сероводороду (H_2S), сере, хлору и т. д., а также парам воды. Первичные газы быстро распадались под действием солнечных лучей и космического излучения, закисные соединения отнимали кислород у окисных — в первичной атмосфере шло множество реакций.

В эту эпоху из недр Земли в первичную атмосферу поступало много тепла, а так как она содержала большое количество углекислоты, которая служила своеобразным теплоизолятором, создавался парниковый эффект. Вполне возможно, что вследствие этого температура в приповерхностных слоях атмосферы повысилась до нескольких сотен градусов, как ныне на Венере. Тогда пары воды насыщали атмосферу, а масса мельчайшей пыли, выбрасываемой во время непрерывных вулканических извержений, способствовала конденсации паров в облака. Условия на Земле должны были напоминать условия современной Венеры: сплошной густой облачный покров окутывал планету со всех сторон, высокая температура, бурные вулканические извержения. Высокие температуры обусловили образование сложных органических соединений, которые впоследствии стали материалом для формирования аминокислот.

Очевидно, в эту эпоху начали формироваться первые возвышенности на Земле, так называемые ядра континентов. Древнейшие из них расположены на территории Кольского п-ова, в Южной Африке и, возможно, в Антарктиде. После образования первичной земной коры приток тепла на поверхность планеты должен был уменьшиться, в то время как отток атмосферного тепла в окружающее космическое пространство постепенно увеличивался, температура атмосферы снижалась и, когда она упала ниже 100 °С, на Земле наступил период ливней и гроз. Вода заливала поверхность молодой коры, образуя мелководный первичный океан, среди которого поднимались острова будущих континентов и конусы вулканов. В этом океане растворялись органические соединения, образуя тот «питательный бульон», который, как говорилось выше, стал колыбелью жизни.

Воды, ветры, химические процессы разрушали породы первозданной суши, снося обломки в окружающий океан, на дне которого в пределах подводных склонов — зародышей материков эти обломки накапливались, образуя толщу осадков, под тяжестью которых тонкая кора океанического дна прогибалась, рвалась разломами, а через них на поверхность изливались лавы. Осадочные слои сминались в складки, образуя вдоль края ядер континентов первичные горные гряды и увеличивая площадь суши и число вулканов. Такие прогибы

у геологов получили название геосинклиналей и в последующей истории развития Земли они начали играть все более и более возрастающую роль.

Пока происходили все эти процессы в первичном океане шло множество химических реакций между органическими молекулами: наиболее сложные из них — аминокислоты «сшивались», образуя длинные цепочки. Так было до тех пор, пока где-то на Земле в какое-то прекрасное мгновение не родились первые живые организмы. Это скорее всего могло случиться в вулканической области, в каком-либо достаточно изолированном от открытого океана заливе, в котором концентрация «питательного бульона» была очень высокой. С этого момента началась биологическая эволюция.

Примерно так могла выглядеть начальная геологическая история Земли, целиком предположительная, поскольку следов процессов, тогда происходивших, пока не обнаружено. Можно только сказать, что начало формирования первичной земной коры относится ко времени, отстоящему от наших дней на 4,5 млрд. лет. Ныне установлено, что 3,5 млрд. лет назад уже существовали древнейшие участки современных континентов, так называемые щиты: Фенно-Скандинавский и Канадский — на севере, зародыш Казахской платформы — на юге умеренной зоны северного полушария, Южноафриканский щит — на юге тропической зоны и Антарктический континент. В отложениях Южноафриканского щита, возраст пород которого определен от 2,7 до примерно 3,5 млрд. лет, обнаружены окаменелые остатки одноклеточных организмов типа широко распространенных ныне синезеленых водорослей. Следовательно, эпоха образования первичной земной коры и жизни могла занимать время от 4,5 до 3,5 млрд. лет, т. е. целый миллиард лет.

Многие геологи относят это бурное время в истории Земли к архейскому или древнейшему эону, хотя, может быть, его стоило бы назвать по-иному, например, катархейским, ведь в эпоху формирования жизни эволюция была все же добиологической. Впрочем, не все ученые считают, что одного миллиарда лет достаточно для того, чтобы совершился переход от сложных органических соединений к организмам такого типа, как синезеленые водоросли. Эти последние, хотя и относятся к типу

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Эон	Эра	Период	Тектоническая эпоха	Основные геологические события. Облик земной поверхности	Сформировавшиеся полезные ископаемые
Фанерозой	Кайнозойская KZ 65 ± 3 млн. лет	Четвертичный (антропоген) Q	Альпийская	Неоднократные оледенения. Формирование современного рельефа, растительности и мира животных. Развитие человека	Строительные материалы (глины, песок), торф, россыпные месторождения золота, алмазов
		Неогеновый N		Поднятие гор: Карпат, Кавказа, Тянь-Шаня, Памира, Камчатки. Интенсивная вулканическая деятельность. Обособление морей: Средиземного, Черного, Каспийского, Аральского. Развитие высших форм растений и человекообразных обезьян	Бурые угли, нефть, янтарь, каменная соль, осадочные железные руды, строительные материалы (гранит, мрамор)
		Палеогеновый P		Разрушение мезозойских гор. Широкое распространение покрытосемянных растений. Развитие птиц и млекопитающих	Бурые угли, нефть, горючие сланцы, фосфориты, каменная соль, осадочные руды железа, алюминия (бокситы)
		Меловой K		Начало образования гор: Карпат, Крыма, Кавказа, Памира, Верхояно-Колымских, Дальневосточных. Возникновение покрытосемянных растений. Вымирание мезозойских пресмы-	Уголь, нефть, горючие сланцы, фосфориты, мел, руды олова, мышьяка, сурьмы, золота, серебра, меди, свинца

Мезозойская MZ 170 ± 5 млн. лет			кающихся, развитие птиц и появление млекопитающих	
	Юрский J		Мощная складчатость, разломы материков, излияние магмы и внедрение в толщу земной коры. Образование современных океанов, внутриматериковых морей, заболоченных низменностей на суше. Жаркий, влажный климат. Расцвет голосемянных растений. Расцвет пресмыкающихся. Появление птиц	Каменные угли, нефть, горючие сланцы, фосфориты
	Триасовый T		Поднятие материков и отступление морей. Разрушение герцинских гор (Уральских, Алтайских, Тянь-Шаньских) и образование равнинного рельефа. Вымирание древних и возникновение мезозойских пресмыкающихся	Каменная соль, нефть, уголь
	Пермский P		Завершение герцинской складчатости и образование гор: Урала, Тянь-Шаня (южные цепи), Алтая. Сухой климат. Постепенное исчезновение лесов из древовидных папоротников, хвощей, плаунов. Возникновение голосемянных растений. Расцвет пресмыкающихся	Каменные и калийные соли, гипс, уголь, нефть, горючий газ

Эон	Эра	Период	Тектоническая эпоха	Основные геологические события Облик земной поверхности	Сформировавшиеся полезные ископаемые
	Палеозойская PZ	Каменноугольный C	Герцинская	Разрыв каледонских горных цепей. Начало герцинского горообразования. Увеличение заболоченных низменностей. Жаркий, влажный климат. Развитие пышной флоры: плаунов, хвощей, древовидных папоротников. Расцвет земноводных	Обилие угля и нефти. Медные, оловянно-вольфрамовые, полиметаллические руды
				Уменьшение площади морей. Жаркий климат, первые пустыни. Выход позвоночных из воды на сушу — возникновение земноводных. Широкое распространение наземных растений, возникновение папоротников	Нефть, горючий газ, соли, рассолы и минеральные лечебные воды
		Силурийский S	Каледонская	Главная фаза каледонской складчатости и образование гор: Саян, Алтай, части Тянь-Шаня. Развитие псилофитовых растений. Появление рыб	Руды железные, медные и другие, золото, фосфориты, горючие сланцы

		Ордовикский О		Уменьшение морских бассейнов. Мощный вулканизм. Появление первых наземных беспозвоночных животных	То же
	ранняя	Кембрийский С		Понижение материков и затопление обширных пространств морями. Завершение байкальского горообразования. Расцвет морских беспозвоночных животных	Бокситы, фосфориты, осадочные руды марганца и железа, каменная соль, гипс
Протерозой PR 2 100 млн лет			Байкальская	Главная фаза байкальской складчатости и образование горных хребтов Прибайкалья и Забайкалья. Сильный вулканизм. Время бактерий и водорослей	Огромные запасы железных руд, полиметаллические руды, графит, строительные материалы
Архей AR более 1 800 млн лет				Древнейшие новообразования. Напряженная вулканическая деятельность и метаморфизм горных пород. Время примитивных одноклеточных и некоторых бактерий	Железные и полиметаллические руды, строительные материалы (гранит, мрамор и др.)

простейших, уже достаточно сложны, чтобы их считать первоорганизмами. Они сами — продукт длительной эволюции. Естественно было бы ожидать, что процессы, приведшие к возникновению первоклеток, начались гораздо раньше, но для утверждения такой гипотезы пока еще слишком мало фактов.

Водоросли типа синезеленых — организмы анаэробные, кислород им для жизни не нужен. Но, используя ныне солнечное тепло, а в начале архея, возможно, иные источники энергии (тепловые, радиоактивное, космическое излучение), они разлагают углекислоту, выделяя свободный кислород. При фотосинтезе (т. е. реакциях, идущих за счет солнечного излучения) этот процесс идет по следующей формуле: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$.

Это был важнейший этап в истории Земли, с течением времени приведший к далеко идущим последствиям. Фотосинтез, вызывая бурный рост биомассы планеты, сначала медленно, а затем все быстрее и быстрее вел к накоплению свободного кислорода. Однако в восстановительных условиях древней Земли кислород на первых порах немедленно поглощался закисными соединениями, которые превращались в оксиды. Поэтому уже в древнейших породах наблюдаются оксиды и сульфаты, о чем упоминалось выше.

Следующий эон в истории Земли — архейский — между 3,5 и 2,5 млрд. лет назад (см. таблицу). На протяжении этого миллиарда лет отмечается от двух до трех горообразовательных эпох, связанных с усилением вулканической деятельности, но следы их сохранились очень плохо. Наиболее ясны следы горообразования и излияния магм (лав) между 2,7—2,5 млрд. лет назад. За это время первозданные осадочные породы, испытав воздействие высоких давлений и температур, многократно смятые тектоническими силами, превратились в кристаллические, так называемые метаморфические породы — гнейсы, гранитогнейсы, а возможно, и граниты. Есть гипотеза, что граниты — это древнейшие осадочные породы, опустившиеся в результате прогибания земной коры на большие глубины, где они, подвергшись действию высокого давления, частично расплавившись и обогатившись оксидом кремния, стали породами, похожими на магматические образования. Это, впрочем, пока не более чем гипотеза, а потому

можно сказать, что в конце архея к поверхности Земли прорвались расплавы земного вещества, обогащенные кремнекислотой, щелочными металлами и другими элементами и их соединениями, и началось формирование гранитного слоя литосферы. Естественно, что поступление огромного количества вулканогенного материала и горообразование привели к увеличению площади древнейших массивов суши и к появлению новых. Так начали формироваться Канадская платформа, Украинский кристаллический щит и т. д.

На протяжении архея простейшие организмы, очевидно, широко распространились по всему земному шару. По крайней мере почти везде, где были обнаружены осадочные породы этого возраста, найдены и остатки древнейших организмов. Кроме одноклеточных водорослей, по-видимому, это были бактерии и вирусы, если только вирусы не были вообще древнейшими организмами.

Следующая эра в истории Земли — протерозойская, между 2,5 млрд. и 615—570 млн. лет назад. Протерозой обычно делят на три крупных подразделения, достаточно хорошо разграниченных между собой. Ранний протерозой (2,5—1,7 млрд. лет назад) отличается коренной перестройкой Земли и ее лика. На поверхность нашей планеты в огромном количестве начали поступать лавы, богатые кремнекислотой, соединениями железа, марганца, меди, молибдена, вольфрама, висмута, тория и урана — одним словом, тяжелых элементов, которые вопреки гравитации начали концентрироваться в верхних слоях планеты, а не стремились к ее центру. Это доказывает, что в процессе дифференциации земного вещества основную роль играют процессы геохимические. Вследствие такой смены геохимической обстановки на огромных пространствах земной поверхности начали накапливаться кварциты, содержащие руды железа, цветных металлов, урана. Тогда же возникли и все известные нам континенты, хотя они и имели совсем иные очертания. Вдоль окраин континентов образовались протяженные геосинклинальные зоны, в которых и шло накопление железокварцитовых, кремнистых и иных осадков, а также тонких илистых отложений,— горы в те времена не отличались высотой и грубообломочный материал не был широко распространен. Таких зон было три.

Одна, начинаясь у Южной оконечности Гренландии, огибала п-ов Лабрадор и через район Великих озер Северной Америки уходила в направлении нынешнего п-ова Флорида, далее шла вдоль Антильской дуги к берегам Южной Америки, отсекала ее крайний восточный выступ, пересекала Атлантический океан и от южной оконечности Намибии уходила к северной части Ирака и через Кавказ и Курскую магнитную аномалию подходила к месторождениям железа в Швеции и Норвегии. Это было огромное кольцо, подобное современному Тихоокеанскому тектоническому кольцу.

Вторая зона начиналась на востоке Арктического бассейна, шла вдоль западной границы Колымского края, через Сихотэ-Алинь, Малый Хинган, Китай, Корейский п-ов, Бирму, Индию, Австралию и далее по дну Индийского и Тихого океанов. Собственно, эта зона предшествовала западной ветви современной Тихоокеанской тектонико-геохимической зоны, которая была несколько смещена на восток и возникла около 1 млрд. лет назад, когда во второй древнепротерозойской зоне уже появились горные системы.

Наконец, третья зона, начинаясь на Пиренейском п-ове на западе, тянулась прямо на восток, пересекая Евразийский континентальный массив в широтном направлении вплоть до юго-западной части Охотского моря. Ныне эта древняя геосинклинальная область частично сечет более позднюю альпийскую зону.

Конечно, в обстановке сильно меняющихся условий — сокращения площади океанов, разделения их на отдельные бассейны, изменения химической обстановки в среде, резкого возрастания содержания радиоактивных элементов и т. д. — живые организмы должны были менять свою наследственность: формы, физиологию. Усложненная обстановка требовала и усложнения организма, его более высокой организации. Эти изменения сказались прежде всего на специализации организмов: возникли бактерии, окисляющие различные минеральные вещества, железобактерии и другие, которые начали интенсивно перерабатывать вещество верхних слоев земной коры и атмосферы. Большое количество водорослей, особенно на мелководье, выбрасывалось во время бурь или приливов в заливаемую прибрежную зону суши. Естественно, что часть бактерий приспособилась использовать для питания скопления

этих погибших организмов. Так началось формирование почвенных бактерий, которые принялись подготавливать прибрежную полосу для грядущего десанта растений на сушу.

В среднем протерозое (от 1,7 до примерно 1,1—0,9 млрд. лет назад) направление процессов было таким же, как и в раннем. Продолжали развиваться древние зоны накопления осадков, в которых накопление периодически сменялось горообразовательными движениями. Закладывались новые зоны осадконакопления (геосинклинали Урало-Алтайская, каледонской складчатости и др.) Площади континентов постепенно росли. Появились первые скелетные организмы — радиолярии, которые строили свой скелет из кремния, в изобилии поступавшего в поверхностные зоны Земли, возникли древнейшие многоклеточные, в том числе губки, медузы.

Поздний протерозой (от 1 100—900 до 615—570 млн. лет) был второй эпохой резкого изменения Земли и жизни. Ее можно назвать переходной: ведь именно в позднем протерозое развитие приняло то направление, которое продолжается до наших дней. Прежде всего в позднем протерозое резко увеличились площади континентов за счет превращения большинства геосинклинальных зон в горные системы, отдельные континентальные массивы слились воедино, создав обширные материки в пределах умеренной и тропической зон. Эти две группы материков разделялись обширным и глубоким средиземным океаном, остатками которого ныне являются Средиземное, Черное и Каспийское моря, а большая часть его площади занята горными странами. Некоторые геологи даже считали, что в начале позднего протерозоя площадь материков достигла такой величины, какой не было больше в последующие эпохи.

После горообразования, происшедшего около 1 млрд. лет назад, и слияния материков, очевидно, произошло общее похолодание климата, так как в осадочных толщах того времени во многих районах земного шара обнаружены ледниковые отложения. Вообще на протяжении протерозоя горообразовательные движения и усиление вулканической активности планетарного масштаба происходили примерно каждые 300 млн. лет и почти к каждой из таких активных эпох было приурочено оледенение.

Жизнь в позднем протерозое развивалась бурно. Появились водоросли многоклеточные, красные и зеленые, кораллы — так называемые археоциаты и черви — первые животные, у которых возникла нервная система в виде нервного тяжа вдоль тела с утолщением в передней части. Во второй половине позднего протерозоя черви дали ветви других более высоко организованных животных: членистоногих, а потом и насекомых, моллюсков и, наконец, хордовых — предшественников позвоночных.

Многообразие и обилие водорослей и бактерий обеспечивало все большее количество свободного кислорода, который, судя по составу пород того времени и типу минералов, находился в атмосфере уже в ощутимом количестве. Но есть данные, по которым можно предполагать, что в конце позднего протерозоя не только существовали водоросли и бактерии, но появились уже и наземные растения. Во Франции, например в Бретани и в некоторых других местах, в верхнепротерозойских отложениях были обнаружены маломощные угли. А уголь, как известно, является результатом разложения остатков наземной растительности в условиях недостатка кислорода, повышенных давления и температур.

Выход растительности на сушу, очевидно, произошел первоначально в области заливаемых приливами прибрежных зон — тех самых, где уже давно скапливались остатки выброшенных морем водорослей и была зона почвообразующих бактерий. Эти бактерии постепенно подготовили в зоне первичные почвы, на которых и могли закрепиться некоторые водоросли, имевшие корневую систему. Из этих-то водорослей и развился самый древний тип растений — мягкостебельные плауновые. В начале следующей эры они заполнили низменные, сильно увлажненные участки суши. Остальная часть суши долго, почти до середины нового периода, оставалась пустынной. Вслед за проникновением растительности в узкую прибрежную полосу суши в зарослях этих первичных «лесов» (высота их превышала 50 см) обосновались некоторые членистоногие — предки насекомых и моллюски.

Конец протерозоя ознаменовался новой вспышкой тектонической и вулканической активности, в последний раз до наших дней на поверхность Земли поступило

большое количество кремния и урана. Возможно, это обстоятельство и способствовало коренной перестройке состава животного мира.

Следующий длительный отрезок времени расчленен более подробно — на эры продолжительностью в несколько сотен миллионов лет, а также периоды, эпохи и века продолжительностью от нескольких десятков до миллионов лет. Мы не будем здесь характеризовать каждую из них, ограничимся лишь характеристикой важнейших переломных рубежей (см. таблицу).

Последние 600 млн. лет истории Земли в целом характеризуются качественно новыми признаками. Значительные участки земной коры стабилизировались как известные ныне платформы, занимающие обширные пространства континентов. Подвижные, неустойчивые области локализовались в определенных протяженных зонах, ныне занятых горными системами. Это был древнейший из молодых Урало-Алтайский пояс, Северо-Атлантический пояс (так называемая каледонская или грампианская геосинклиналь). Средиземный или Альпийский пояс (от современных Пиренеев на западе до Гималаев, Тянь-Шаня и Индонезии на востоке и юго-востоке) и, наконец, Тихоокеанское кольцо. В этих зонах на протяжении послепротерозойского времени периодически происходила смена периодов накопления периодами горообразовательных движений, когда среди глубоких океанических зон возникали цепи островов и вулканов, пока все это не завершилось возникновением горных поясов.

Таким образом, большинство подвижных зон за последние 600 млн. лет консолидировались, интенсивность движения и вулканизма в них постепенно затухала. Такого рода перестройка земной коры позволила теоретикам говорить, что геосинклинальный тип развития земной коры в послепротерозойское время сменился платформенным типом, когда основную направляющую роль стали играть не подвижные области, а жесткие стабильные глыбы материков. Изменился и характер вулканической активности: вместо трещинных, площадных излияний лав теперь основную роль стали играть точечные, вулканические извержения. Наконец, изменилась интенсивность горообразования. На ранних этапах истории Земли и в протерозое, когда жесткие континентальные массивы имели меньшие размеры,

были удалены друг от друга и силы сжатия, вызывавшие смятие осадочных толщ, были более слабыми, горные цепи, вероятно, не превышали отметок 1,5—3 км. На протяжении последних 600 млн. лет подвижные зоны (геосинклинали) оказались зажатыми между крупными жесткими континентальными массивами, края которых представляли достаточно прочные упоры, и амплитуда горных складок резко выросла — высоты гор увеличились до 5—6 км и более.

Стали иными и климатические условия. Раньше потоки воздушных масс — один из главных, определяющих компонентов климата — подчинялись лишь действию общепланетарных факторов: зональным изменениям температуры, отклоняющему воздействию кориолисовых сил и т. п. В послепротерозойское время на циркуляцию атмосферы все большее влияние стали оказывать распределение суши и моря и характер рельефа. Соответственно перестроилось и движение гидросферы.

Сменился и тип осадконакопления: например, впервые в истории Земли огромные толщи осадков стали составлять карбонатные отложения, а роль силикатных резко уменьшилась, начали накапливаться разнообразные соли, возникать нефтеносные и угленосные толщи. Вообще роль биогенных осадочных образований неизмеримо возросла соответственно колоссально разросшейся массе живого вещества. Коренным образом изменились и господствующие формы жизни.

Все это позволило некоторым исследователям говорить о времени от 615—570 млн. лет назад до нынешнего как о качественно новом крупном этапе в истории Земли — неогее. Так как это последний крупный этап в истории нашей планеты, то от него осталось и больше следов. Поэтому неогей расчленяется более детально, чем ранние этапы. Выделяется эра древней жизни — палеозой [(615—570) — 240 млн. лет назад], который довольно четко делится на три этапа — ранний, средний и поздний, а эти последние, в свою очередь подразделяются на периоды, эпохи и века.

Ранний палеозой [(615—570) — 420 млн. лет назад] в самом начале характеризуется возродившимся развитием подвижных областей, распадом и уменьшением средней высоты древних, верхнепротерозойских континентов. Следствием было расширение площади океанов и морей, заливавших наиболее пониженные участки

суши. В соответствии с этим в изобилии распространились красные и синезеленые водоросли; древнейшие кораллы — археоциаты и корненожки, строматопоронидеи; донные кишечнорастворимые — губки; обитатели поверхностных слоев океана — граптолиты; моллюски — донные с двусторонней раковинкой, брахиоподы и свободно плавающие примитивные наутилоидеи; членистоногие, видимо донные, странные панцирные животные — трилобиты; ракообразные; примитивные панцирные рыбы. В узкой прибрежной зоне, видимо, продолжали существовать древнейшие полуводные растения, почвенные бактерии, вероятно, членистоногие, приспособившиеся к жизни в этих периодически заливавшихся зонах. Такова была картина жизни в первом палеозойском периоде — кембрии [(615—570) — 480 млн. лет назад].

В следующем, ордовикском (480—420 млн. лет назад) периоде во многих районах Земли произошли горообразовательные движения, а некоторые геосинклинали (как, например, грампинская на севере Европы) закрылись, превратившись в горные системы. Соответственно несколько увеличилась и площадь суши, а моря обмелели, в них увеличилось число островов. Отсюда обилие мелководных ракообразных, различных рифообразующих животных, появились четырехлучевые и трубчатые кораллы, увеличилось число наутилоидей, массовое развитие получили водоросли.

Горообразованием ордовикского периода (каледонским) закончился ранний палеозой и начался средний (420—320 млн. лет назад). Первая его половина — сулурийский период (420—400 млн. лет назад) и начало девонского (400—370 млн. лет назад) — характеризуются преобладанием погружения обширных участков земной коры и соответственно увеличением площади океанов и морей. Растительность заливаемых прибрежных зон континентов двинулась в глубь суши, завоевывающая новые пространства, вероятно, прежде всего сильно увлажненные низины. Среди наземных растений преобладают плауновые. Широко развиваются и дают новые формы кораллы, начинается расцвет морских лилий — прикрепленных к дну кишечнорастворимых. Кроме панцирных рыб развиваются хордовые, кистеперые, двоякодышащие рыбы. Двоякодышащие рыбы — ветвь кистеперых, которые имеют не только внутренний

скелет, но и жесткий скелет у плавников. С помощью этого приспособления кистеперые рыбы могли передвигаться по дну водоемов.

И. И. Шмальгаузен, крупнейший советский эволюционист, считал, что представители этой группы рыб, обитавшие в полузамкнутых и почти изолированных мелководных лагунах, богатых водорослями и иной мелководной жизнью, из-за недостатка кислорода в воде вынуждены были часто подниматься на поверхность, чтобы запастись кислородом воздуха. Резервуарами для таких запасов служили плавательные пузыри, которые с течением времени превратились в легкие. Таким образом, к середине девона сформировался особый тип животных — ихтиостегии, в своей форме сочетавшие признаки рыб и земноводных. Ихтиостегии и стали предками амфибий — земноводных, древнейших после насекомых сухопутных животных.

В середине девона произошли новые горообразовательные движения, на этот раз в более обширных районах, чем в ордовикское время, площадь суши снова увеличилась. С этой горообразовательной фазой и связано заселение суши потомками ихтиостегий. На увеличившейся суше широкое распространение получили плауновые, членистостебельные и древнейшие голосемянные растения, образовавшие леса. Началось угленакпление. Конец девона и первая половина следующего, каменноугольного периода ознаменовались новым расширением океанов и морей за счет суши, а затем, в конце среднего карбона, началась грандиозная перестройка лика Земли, подобная той, что произошла в конце протерозоя. Это была так называемая герцинская горообразовательная эпоха, в результате которой выросли мощные горные системы в большинстве геосинклинальных зон всей планеты, резко увеличилась средняя высота суши и ее участки, ранее разделенные морскими бассейнами, снова слились в два огромных материка: Гондвану, объединяющую древние платформы Австралии, Индии, Аравии, Африку и Южную Америку, с которой была связана Антарктида, на юге и Лавразию, представляющую почти замкнутое кольцо вокруг Арктического бассейна, только Западная Сибирь оставалась морским дном, прерывая это сухопутное кольцо севера. Между Гондваной и Лавразией пролегал средиземный океан — Тетис.

Резкое сокращение площади океанов и морей, повышение средней высоты суши, гигантские пояса гор высотой до 5—6 км резко увеличили отдачу тепла земной поверхностью, привели к понижению температуры и наступлению длительной ледниковой эпохи, занявшей конец каменноугольного периода (320—270 млн. лет назад) и первую половину пермского (270—240 млн. лет назад). Естественно также, что сокращение площади поверхности испарения и изъятие из круговорота влаги больших количеств воды, законсервировавшейся в виде льда, континентальность климата привели к «иссушению» климата и широкому распространению пустынных и полупустынных ландшафтов. И если в первую половину каменноугольного периода низменная, заболоченная суша была занята сплошными лесами гигантских плауновых — членистоствольных каламитов, клинолистников, древовидных папоротников (собственно, именно в первую половину каменноугольного периода произошло накопление большей части углей нашей планеты, почему этот период и получил свое название), то во вторую половину карбона и в перми леса значительно сократили свою площадь.

Понятно, что к таким грандиозным изменениям должна была приспособиться и жизнь. И вот в отложениях конца палеозоя мы находим не только остатки земноводных, но также пресмыкающихся, или рептилий, и весьма странных животных — так называемых лабиринтодонтов. Среди последних или их потомков выделяются териодонты (зверозубые), в строении своего скелета объединяющие черты рептилий и примитивных млекопитающих. Недавно обнаружено, что эти териодонты обладали волосяным покровом, следовательно, были теплокровными, что еще больше сближает их с млекопитающими. Можно полагать, что млекопитающие отделились от этой группы не позднее конца перми, так как представители примитивных млекопитающих начала следующей, мезозойской эры уже отличались признаками высокой специализации.

Теплокровность и волосяной покров были естественной защитной реакцией организмов в условиях пониженных температур в эпоху пермо-карбонового оледенения, и можно было ожидать, что и другие группы животных и растений также «отзовутся» на похолодание. И действительно, сейчас есть данные полагать,

что и часть рептилий стала теплокровной — это предки летающих ящеров и птиц, а также предки гигантских пресмыкающихся следующей за палеозоем эры — динозавров.

Мезозой, или эра средней жизни, начался около 240 млн. лет и окончился около 70 млн. лет назад. Он делится на три периода: триасовый, юрский и меловой. Триасовый во многих отношениях был продолжением пермского периода, хотя в это время постепенно понижалась высота материков, несколько расширилась площадь морей и океанов, началось увлажнение климата. В растительности развиваются новые формы, появившиеся в эпоху пермо-карбонового оледенения, — древнейшие примитивные хвойные (голосемянные), гинкговые (ныне сохранившиеся лишь в отдельных районах земного шара), вероятно, предки покрытосемянных. В водах морей — моллюски новых типов: аммониты, цератиты и иные головоногие; пресмыкающиеся приспосабливаются к жизни во всех трех стихиях — сухопутной, водной и воздушной: бесспорные низшие млекопитающие — еще не живородящие, а яйцекладущие.

Юрский период (190—140 млн. лет назад) — вновь океаническо-морской, теплый, когда моря заливали сушу, расчлняя ее. В это время начали формироваться современные Атлантический и Индийский океаны. Лесная растительность вновь занимает огромную площадь и начинает дифференцироваться в пространстве: на севере и в горных областях формируются леса покрытосемянных, лиственных и цветковых растений, а также хвойные; в теплых же низменных районах и в тропической зоне сохраняются древние леса.

Необычайно разнообразными становятся формы рептилий, в те времена еще не имевшие конкурентов в виде мелких, слабых и малочисленных млекопитающих. В мелководных бассейнах, озерах, лагунах, болотах, богатых пищей и труднодоступных для хищников, появились гигантские рептилии типа бронтозавров, на открытых пространствах — бегающие двуногие ящеры, в морях и океанах — помимо рыб (хордовых, костистых), рифообразующих кораллов и т. д., также крупные хищные рептилии — гигантские змеевидные мозозавры, рыбообразные ихтиозавры, длинношеее плезиозавры; в воздухе — крупные и мелкие летающие ящеры. В сере-

дине юрского периода в связи с распространением плодовых деревьев появились первоптицы и древесные млекопитающие, насекомые, пожирающие кору, плоды и нектар цветов, а следом за ними и древесные насекомоядные млекопитающие, которые позже, в конце мелового периода, стали предками всех современных высших млекопитающих.

Меловой период (140—70 млн. лет назад) в первую, большую свою часть отличался таким же, почти морским режимом, как и юрский, только площади континентов несколько выросли в результате тектонических движений в конце юры. В соответствии с этим и климат стал несколько суше и континентальнее, и в составе растительности все большую роль стали играть покрытосемянные и хвойные растения. Эти изменения были благоприятны для млекопитающих и птиц и невыгодны для рептилий. Поэтому начиная с конца юрского периода пресмыкающиеся, особенно гигантские, начали вымирать. Число их форм постепенно сокращалось, сокращалась и численность, особенно к концу мелового периода, когда на Земле вновь пробудились тектонические силы и площадь континентов снова стала расти. Это были первые отдаленные предвестники новой великой эпохи горообразования — альпийской, вновь перестроившей лик Земли.

К концу мела древние формы жизни либо исчезли совсем, либо были оттеснены в тропические области или изолированные районы. Новые же формы жизни, к которым из растений относятся покрытосемянные, цветковые, хвойные, а из животных — сумчатые млекопитающие и древние бескрылые, водоплавающие и летающие птицы, широко распространились, завоевав мир. И наконец, 70—100 млн. лет назад среди насекомоядных высших млекопитающих появилась важнейшая группа животных — приматы. Это были мелкие древесные животные вроде современных тупайи, которые в начале последней эры земной истории — кайнозойской (эры новой жизни), около 70 млн. лет назад, разветвились на долгопятов и полуобезьян (лемуров).

Последняя эра в истории Земли — кайнозойская, в которой живем и мы с Вами, началась около 70 млн. лет назад. Ее начало ознаменовалось новым развитием океанического режима, сокращением площади суши, смягчением и увлажнением климата и расширением

зон теплолюбивой растительности. Это было время экспансии новой флоры — плодовых, лиственных и цветковых растений; архаическая растительность мезозойской эры была оттеснена в тропическую зону и изолированные районы. В самом начале новой эры вымерли последние остатки крупных рептилий и по земной поверхности широко распространились примитивные сумчатые млекопитающие. В середине первого периода кайнозоя — палеогена — отряд приматов дал новую ветвь — обезьян, предками которых был один из родов или семейств лемуринов. Эти первые обезьяны не были похожи на современных, так как объединяли черты, характерные и для низших, так называемых широконосовых, и для высших — узконосовых, и даже для более поздних, человекоподобных (антропоидов) обезьян.

Разумеется, неспециализированная группа животных не могла долго оставаться единой, а потому еще задолго до конца палеогена распалась на три или четыре группы, формы и образ жизни представителей которых определились природными условиями тех районов, в которых они формировались. Это произошло около 35—40 млн. лет назад, когда начались последние общепланетарные горообразовательные движения так называемого альпийского орогенеза. Тогда в возвышенных скалистых и лесных областях сформировались мартишковые обезьяны (мартышки, макаки, павианы), в тропических влажных лесах — гиббоновые, а в разреженных и пограничных с открытыми пространствами — древесные обезьяны или дриопитековые, близкие по типу к шимпанзе. Одновременно с усложнением географической обстановки с конца палеогена началась и смена животного мира: примитивные сумчатые млекопитающие постепенно сменялись высшими, плацентарными млекопитающими, у которых детеныши рождались полностью сформированными, способными у большинства видов к самостоятельной жизни.

Второй период кайнозойской эры — неоген — характеризуется в первой своей половине основной фазой альпийского горообразования. В это время обновились старые горные системы и выросли новые — Пиренеи и Атласские горы, Альпы, Карпаты, Балканы, Крымские и Кавказские горы, Копетдаг и горы Ирана, Южный Тянь-Шань, Памир, Куньдунь, Каракорум, Гималаи, Кордильеры и Анды и многие другие. Колоссально

разрослись площади материков — Средиземное море почти закрылось, распавшись на четыре бассейна. Африка соединилась не только с Азией, но и с Европой, горы альпийского пояса, сменив средиземный океан Тетис, тесно и навсегда связали южные материки с северными. Соединились также Северная и Южная Америка, с одной стороны, и Северная Америка (в который уже раз!) через Гренландию, Исландию и Британские острова — с Европой, а через сушу, существовавшую на месте Берингова пролива и моря, — с Азией. Таким образом, впервые за всю историю Земли широкое материковое кольцо отделило арктическую область от всех южных морей.

Как и в герцинскую эпоху, эти изменения привели к «иссушению» климата, широкому развитию обширнейших пространств, занятых саванной, степями, сухими степями, полупустынями и пустынями. Именно тогда сформировались Калахари, Сахара и аравийские пустыни. Снова понизились среднегодовые температуры на Земле и четвертичный период — тот, в котором мы живем, начался (2 или 3 млн. лет назад). Оледенение, по-видимому, началось в Антарктике, так как, по исследованиям антарктических экспедиций, сплошной ледяной покров появился там менее 20 млн. лет назад, и с тех пор он неизменно держится, лишь периодически несколько отступая или наступая по краям. В северном же полушарии, в районе Гренландии и п-ова Лабрадор, следы оледенения не обнаруживаются в отложениях древнее 3,5 млн. лет.

Распространение открытых пространств и разреженных лесов вызвало новое разветвление у высших приматов. Те из дриопитеков, которые остались жить в тропических лесах, специализировались к древесной жизни и дали ветвь орангоидов; те, что попали в пограничную зону тропических лесов и открытых пространств, расчленились на несколько ветвей: шимпанзоидную (шимпанзе и гориллы), гигантопитековую (это самые крупные из когда-либо живших обезьян) и рамапитековую.

Рамапитеки — самые интересные животные. При небольших размерах они были всеядными, в строении скелета имели много общего с непосредственными предками человека — австралопитеками, а также некоторые черты сходства с человеком. Многие исследователи

полагают, что рамапитеки были прямоходящими и систематически употребляли в качестве орудий разные предметы природного происхождения — палки, камни и тому подобное, хотя прямых доказательств этому нет. Как ныне считает большинство антропологов, рамапитеки и стали предками непосредственных предшественников человека — австралопитеков, которые появились около 3 млн. лет назад.

Следующий этап развития Земли и жизни привел к нашей планете, растительность, животный мир к современному виду. Этому в значительной мере способствовали периодические эпохи похолодания, которых на протяжении последнего периода, называемого четвертичным, или антропогеном (из-за того, что главным его событием было появление человека и человеческого общества), было не менее шести.

Так на протяжении 4,5 млрд. лет в процессе развития Земли как планеты возникла новая геосфера — биосфера, т. е. оболочка, состоящая из массы живого вещества, которая занимает поверхность суши, пронизывает верхние слои литосферы до глубин около 5—6 км (а может быть и больше), всю толщу гидросферы и нижний слой атмосферы — по крайней мере до высоты 9—10 км (т. е. тропосферу). С тех пор как биосфера возникла и закончила свое формирование около 400 млн. лет назад, она играет все более и более важную роль в жизни Земли.



Направленность эволюции

Эволюции биосферы посвящено множество книг, в том числе и популярных¹. К этой литературе мы и отсылаем интересующегося подробностями читателя. Для дальнейшего изложения важны, однако, не столько детали эволюционного процесса, сколько его общие

¹ См., например, Камшилов М. М. Эволюция биосферы. — М.: Наука, 1974.

закономерности. Прежде всего бросается в глаза прогрессивный характер эволюции. Несмотря на отдельные отступления и неудачи, в целом развитие органического мира Земли идет от низшего уровня организации к высшему. Однажды появившись, жизнь оказывается необычайно стойкой. Непрерывно завоевывая себе все новые и новые области, живые организмы множатся и совершенствуются.

Корни «деревя эволюции» уходят в неорганический мир. Его вершина представлена приматами, в том числе человеком. Но какое многообразие ветвей! Перед нами действительно огромное «древо», выросшее из ничтожного «семени». Многие его ветви «тупиковые». Такова, например, ветвь насекомых, судя по всему достигших апофеоза в своем развитии. Секреты эволюционного процесса были, как хорошо известно, в основном раскрыты Чарльзом Дарвином. «Три кита» дарвинизма — изменчивость, наследственность и естественный отбор — объясняют то, что до Ч. Дарвина считалось проявлением сверхъестественных сил. Работы Ч. Дарвина нанесли сильнейший удар по метафизическому взгляду на природу. Они доказали, что современный органический мир, а следовательно, и человек — это продукт процесса развития, который длился миллиарды лет.

Естественный отбор подхватывает любое полезное для организма наследственное изменение и закрепляет его в потомстве. Этот природный механизм, по мнению Ч. Дарвина, не только объясняет прогрессивный характер эволюции в прошлом, но обеспечивает и будущий прогресс. Разумеется, развитие человеческого общества подчиняется особым социальным законам и принципы дарвинизма не могут быть использованы в социологии. Но в отношении других живых существ прогнозы Ч. Дарвина вряд ли можно оспаривать. «Материал» для естественного отбора составляет изменчивость организмов. Эти случайные изменения либо отсекаются отбором (если они неудачны), либо дают начало новым ветвям «древа эволюции».

Экспансия, агрессивность жизни — еще одна характерная черта эволюции. Если бы внешние условия не мешали размножению некоторых организмов, они за чрезвычайно короткие сроки породили бы колоссальные массы живого вещества. Так, некоторые

бактерии, размножаясь, за несколько суток могут дать потомство, равное по массе земному шару! У высших организмов этот «напор жизни» хотя и ослаблен, но подчас проявляет себя весьма заметно. Жизнь всегда стремится занять как можно больше «места под солнцем». С помощью обмена веществ живые организмы стараются пропустить через себя и переработать возможно большее количество неживого вещества. Экспансия жизни выражается и в биологическом состязании организмов, в этой разновидности борьбы за существование, которая сыграла решающую роль в эволюции органического мира Земли.

Но здесь нам хочется подчеркнуть, что в истории земной жизни заметно проявилось и другое — великая тяга живых существ к объединению, к единству. На это обстоятельство впервые обратил внимание в 1880 г. русский зоолог К. Ф. Кесслер, по глубокому убеждению которого тяга к единству, стремление к взаимопомощи являются положительным фактором прогрессивной эволюции. Эту важную идею развил знаменитый русский ученый и революционер П. А. Кропоткин, который в малоизвестной, к сожалению, книге «Взаимная помощь, как фактор эволюции» писал: «В животном мире мы убедились, что огромное большинство видов живет сообществами и что в общественности они находят лучшее оружие для борьбы за существование... Виды животных, у которых индивидуальная борьба доведена до самых узких пределов, а практика взаимной помощи достигла наивысшего развития, оказываются неизменно наиболее многочисленными, наиболее процветающими и наиболее приспособленными к дальнейшему прогрессу». Не в этой ли черте биологической эволюции таятся ее будущие успехи?

Самая, пожалуй, общая черта эволюции биосферы — накопление информации в ходе эволюционного процесса. Понятие «информация» не просто. Оно принадлежит к числу самых сложных в теоретическом отношении и в то же время самых действенных на практике понятий. Разнообразие — наиболее общий синоним информации. Биологическая информация заключается в необычайном разнообразии организмов. Она закодирована в клеточных ядрах и через гены передается при смене поколений. В ходе эволюции

биосферы в целом наблюдается рост информации, ее накопление. Как считает А. И. Перельман, в отдельные эпохи прошлого наблюдались «информационные взрывы», выражающиеся в бурном развитии новых, прогрессивных групп организмов. Таково, например, «взрывообразное» развитие рептилий в триасовый период (240—185 млн. лет назад), развитие млекопитающих в палеогене и др. В ходе эволюции биосферы происходило, конечно, и «захоронение» информации, свидетельством чего служат мощные слои органогенных пород. Но ступенчатая лестница эволюции все же ведет вверх, к накоплению все большей и большей информации. Энергетическим источником этого процесса накопления служит главным образом солнечная энергия, воплощенная в жизнедеятельности земных организмов. Таким образом, как предлагает А. И. Перельман, можно сформулировать следующий закон прогрессивного развития биосферы: «По мере развития биосферы и аккумуляции солнечной энергии происходила дифференциация вещества, образование геохимических барьеров, росло число видов организмов, усложнялась их структура, т. е. увеличивалась неорганическая и органическая (биологическая) информация¹.



Под знаком космоса

В главе об эволюции Земли и жизни мы видели, что развитие жизни на нашей планете неразрывно связано с этапами развития Земли как планеты, что каждой коренной перестройке земного шара отвечала соответствующая перестройка форм и преобладающего типа жизни. Однако эволюция органического мира Земли никогда не была изолированным от космоса процессом. Если солнечные ритмы, по-видимому, отразились в ритме жизни, а возможно, и в ритме геологических

¹ Перельман А. И. Геохимия биосферы. — М.: Наука, 1973.

процессов, если излучение Солнца влияет на движение всей Земли в целом, отражаясь в скорости вращения Земли и движения ее полюсов, то тем более «дыхание космоса» должно было как-то сказаться на ходе эволюции биосферы. «Твари Земли,— писал В. И. Вернадский,— являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма...»¹.

Прежде всего само гравитационное поле Земли, в обстановке которого возникла и развивалась жизнь, отразилось в строении и функционировании земных организмов. Впервые идеи о роли гравитации в биологии были высказаны в 1882 г. К. Э. Циолковским. В статье «Биология карликов и великанов» он писал: «Снова возникает вопрос: почему в процессе эволюции человек не превратился в лилипута, если так велики выгоды малых размеров? Во-первых, абсолютная сила органов у больших существ все-таки больше, и в борьбе их с малыми последним приходится плохо. Во-вторых, умственные способности у больших существ все же преобладают. Это прибавляет победные шансы в борьбе. Будь иная сила тяжести на нашей планете, и размер наиболее совершенных людей, как, впрочем, и всех других существ, изменился бы... На Марсе, Меркурии и других маленьких планетах и спутниках можно бы ожидать большего роста сухопутных животных и сильнейшего развития мозга, если бы не препятствовали другие неблагоприятные условия»².

Эта идея о гравитации как важном факторе эволюции с большим трудом пробивала себе дорогу в науке. Лишь в 1960 г. была опубликована обстоятельная монография В. Я. Бровара³, где на примере сельскохозяйственных животных анализируется связь строения их тела и гравитации. По мнению В. Я. Бровара, масса животного как механическая система не изолирована, она зависит от масс других тел, и в первую очередь, конечно, от массы нашей планеты. Сила тяжести, несомненно, влияет на возникновение и изме-

¹ Вернадский В. И. Избр. соч., т. V.— М.: изд. АН СССР, 1960, стр. 11.

² Циолковский К. Э. Биология карликов и великанов.— В кн.: Путь к звездам.— М.: Наука, 1960, стр. 315, 316.

³ См. Бровар В. Я. Сила тяжести и морфология животных.— М.: Наука, 1960.

нение многочисленных структурных и функциональных биологических особенностей любого живого существа нашей планеты.

Не только в работе самого В. Я. Бровара, но и в трудах советского биолога профессора П. А. Коржуева связь гравитации и эволюции показана на конкретных примерах¹. Так, например, в эпоху появления первых наземных животных природа поставила естественный эксперимент. Из водной среды, где тяготение ослаблено (точнее, вес уменьшен), животные перешли на сушу, в условия воздушной среды и максимального проявления гравитационного поля. Это вызвало перестройку всего их организма, и в первую очередь способов дыхания и передвижения. Когда некоторые группы млекопитающих (китообразные и др.) вернулись к водному образу жизни, т. е. перешли в условия уменьшенного веса, это сказалось и на их морфологии, и на физиологии.

У позвоночных животных в преодолении гравитации основная роль принадлежит скелету. Он обеспечивает механическую прочность организма и уровень его энергетических затрат. Но главное приспособление к новой среде при выходе позвоночных на сушу — образование в костях костного мозга, очага синтеза гемоглобина. Почему синтез гемоглобина в прежних органах (селезенка, почки), пригодных для обитателей морей, при выходе их на сушу был заменен синтезом в костном мозгу? В воде вес животного меньше, чем на суше, а в земных условиях животное должно не только передвигаться, но и поддерживать тяжесть своего тела, т. е. преодолевать гравитацию, что требует гораздо больших затрат энергии. Такие затраты не могли обеспечить почки и селезенка, но вполне обеспечил их костный мозг. Отсюда следует, что чем более активно наземное позвоночное животное, тем больше у него должно быть костного мозга и тем тяжелее скелет.

Мощные рога диких высокогорных баранов нужны им прежде всего как богатые поставщики гемоглобина, крайне необходимого в разреженной атмосфере. По тем же причинам скелет млекопитающих в период внутриутробного развития весит относительно значи-

¹ См. Коржуев П. А. Эволюция, гравитация, невесомость. — М.: Наука, 1971.

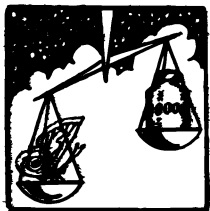
тельно больше, чем у взрослых животных. Наоборот, у китообразных скелет и костный мозг развиты весьма умеренно. Вообще в ходе эволюции наземных позвоночных животных масса костного мозга неизменно возрастала, достигнув у птиц и млекопитающих огромных величин (до 13 % массы тела!).

В ходе эволюции биосферы менялся климат Земли и в целом, и в отдельных районах. Многократно наступали эпохи большего или меньшего оледенения. Они сменялись периодами влажными и теплыми. Вместе с тем много раз отступало и наступало море, утихала или, наоборот, усиливалась вулканическая и тектоническая деятельность. Вообще периодизация геологической истории, ее разделение на эры и периоды, связана с периодическими колебаниями тектонической и вулканической активности Земли и климата. Легко проследить, что именно к этим критическим моментам в эволюции Земли, отмеченным границами геологических эпох, приурочены главные этапы видообразования и коренного обновления флоры и фауны нашей планеты. В частности, и появление человека произошло во время последнего крупного четвертичного оледенения.

Случайны ли все эти связи? Вряд ли. Хотя биосфера эволюционирует по внутренним, присущим ей законам, внешние резкие перемены среды, по-видимому, стимулируют скачкообразные переходы органического мира с одного уровня развития на другой. Но если колебания климата и ныне и в далеком прошлом связаны с солнечной активностью, то тогда и в эволюции биосферы Солнце выступает как великий дирижер. Как увлекательна должна быть та, еще не написанная книга, где ход эволюции биосферы увязан с много ритмичными колебаниями солнечной активности, где регулирующая роль Солнца будет прослежена во всех деталях!

То, что колебания солнечной активности весьма заметно отражаются в жизни современной нам биосферы, не подлежит сомнению. Даже человек не освободился пока от вредных солнечных влияний и в колебаниях частоты заболеваний многими болезнями (грипп, тиф, энцефалит и др.) проглядывают солнечные ритмы. Так как в периоды повышенной солнечной активности размножение микроорганизмов усилива-

ется, можно думать, что в органогенных осадках прежних эпох удастся проследить отражение солнечных циклов. Если это предположение подтвердится детальными исследованиями литологов, то гипотеза о связи ритма эволюционного процесса с солнечными ритмами получит опытное подтверждение. Пока же эта гипотеза имеет не только сторонников, но и противников, считающих, что в эволюции Земли и ее биосферы влияние Солнца или ни в чем не выразилось, или по крайней мере было несущественным.



Живое вещество и биосфера

Мы уже много раз употребляли этот образный термин «живое вещество», введенный в науку В. И. Вернадским. Под «живым веществом» он понимал совокупность всех живых организмов Земли, всю их суммарную живую массу. Не следует путать «живое вещество» Земли с ее биосферой — особой земной оболочкой, в которой существует и действует «живое вещество» и где проявляется его влияние. Кроме живого вещества в состав биосферы входит «биогенное вещество», т. е. органоминеральные, или органические, продукты, созданные «живым веществом» (например, каменный уголь, битумы, горючие газы, нефть). Есть и третий компонент биосферы — «биокосное вещество», созданное живыми организмами вместе с неживой природой. Таковы, скажем, биогенные осадочные породы, кислород, частично, может быть, азот атмосферы и т. п.

«Живое вещество» Земли в настоящую эпоху представлено почти тремя миллионами видов животных, растений, микроорганизмов. Хотя на долю растений приходится «всего» 300 тыс. видов, именно растения благодаря фотосинтезу служат основой биосферы Земли. Из трех составляющих «живое вещество» микроорганизмы наиболее устойчивы к крайне суровым условиям внешней среды. Споры некоторых бактерий, на-

пример, остаются живыми в жесточайшем вакууме (10^{-15} МПа), синезеленые водоросли великолепно себя чувствуют в активной зоне ядерных реакторов. Многие микроорганизмы, а также некоторые насекомые и высшие растения остаются жизнестойкими даже при температурах, близких к абсолютному нулю. Живые бактерии встречаются на дне океана, внутри земной коры, в стратосфере — на высоте 20 км. Благодаря микроорганизмам создается впечатление, что жизнь — явление очень стойкое и почти ничто (кроме высоких температур в сотню градусов и выше) не может убить живое. Правда, животные и растения, особенно высшие, значительно уступают в стойкости вездесущим микроорганизмам.

Общая «биомасса» всей суши составляет примерно три биллиона ($2,7 \cdot 10^{12}$) тонн. Из них на долю почвенных микроорганизмов приходится около миллиарда тонн. Общая масса животных суши не превышает 3 % от массы наземных растений (кстати сказать, по массе позвоночные составляют всего около 1 %.) Хотя в суммарной биомассе суши преобладает биомасса древесных сообществ, наибольший эффект в создании плодородия почв принадлежит почвообразующим бактериям и травянистым растениям. К сожалению, мы не можем пока достаточно уверенно распространить эту статистику на обитателей морей и океанов: изучение океанских глубин только начинается.

Одно из характерных свойств «живого вещества» — это накопление и сохранение в своей биомассе энергии солнечного излучения. Именно эта солнечная энергия преобразуется в энергию органических соединений, в конечном счете в энергетическую базу жизни. Присутствие «живого вещества» придает энергетическим явлениям на поверхности Земли своеобразный оттенок. В ходе эволюции «живое вещество» Земли четко разделилось на два яруса. Нижний ярус образуют автотрофные организмы, извлекающие необходимые для жизни энергию и вещество непосредственно из неорганической среды. Таковы, например, почти вся растительность, анаэробные бактерии и т. п. Организмы второго, верхнего, яруса называются гетеротрофными. Они питаются существами нижнего яруса (растениями) или себе подобными гетеротрофами (таковы все хищники). Микроорганизмы могут быть и авто- и ге-

теротрофными. В конечном же счете, повторяем, жизнь Земли черпает свою энергию от Солнца. Накопленная «живым веществом» энергия по праву может быть названа свободной. Всякие действия живых существ есть проявление этой свободной энергии. Она же особенно ярко проявляет себя в размножении всего живого, в этом саморасширяющемся процессе самовосстановления. Как уже говорилось, источником энергии всех процессов, происходящих в биосфере, служит Солнце — его свет и тепло, а также другие виды солнечных излучений. Живые организмы, как подчеркивал В. И. Вернадский, превращают эту космическую энергию в земную, химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Живые организмы своим дыханием, своим питанием, своим обменом веществ, своею смертью и своим размножением, постоянным использованием своего вещества, а главное — длящейся сотни миллионов лет непрерывной сменой поколений, своим рождением и размножением порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме биосферы. Этот великий планетарный процесс, по учению В. И. Вернадского, есть миграция химических элементов в биосфере, движение земных атомов, непрерывно длящееся больше двух миллиардов лет согласно определенным законам.

Вихрь жизни, постоянно усиливающийся, вовлекает в круговорот веществ в природе все большие и большие количества неорганического материала. Благодаря этому «живое вещество» уже давно стало активной геологической силой. За один год живые существа Земли пропускают сквозь себя почти столько же углерода, сколько находится его в земной коре. В морях и океанах образовались многокилометровые толщи осадочных пород. Масса углекислоты в органических известняках, этих породах, созданных «живым веществом», в 10 раз превышает массу ледяного панциря Антарктиды.

Живые существа можно уподобить крошечным, но весьма многочисленным химическим заводам. Моллюски накапливают из морской воды медь, асцидии — ванадий, медузы — цинк, олово, свинец, губки — йод. Как уже говорилось, серные бактерии «производят» серу, а фукусы и ламинарии накапливают алюминий и т. д. В живых организмах скапливаются огромные

количества неорганических веществ. Например, бора, калия, серы морские организмы содержат в десятки раз больше, чем морская вода; железа, серебра, брома — в сотни раз; кремния и фосфора — в тысячи; меди и йода — в десятки тысяч; цинка и марганца — в сотни тысяч раз! Отмирая, «живое вещество» оставляет сконцентрированные им химические элементы в поверхностных слоях Земли. Миллиарды тонн различных веществ отдаются организмами во внешнюю среду и снова захватываются ими. Из органических соединений, когда-то составлявших живые организмы, возникли энергетически ценные горные породы (например, нефть, торф, уголь).

Живые существа не только накапливают химические элементы. В других ситуациях они, наоборот, распыляют их, участвуют в процессах выветривания. Все эти странствования химических элементов, увлеченных вихрем жизни, вся эта биогенная миграция химических элементов — одно из основных свойств биосферы. Оценивая с эволюционной точки зрения биогенную миграцию химических элементов, В. И. Вернадский пришел к двум эмпирическим обобщениям, названным им биогеохимическими принципами.

1. Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.

2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы.

В сущности в этих двух принципах выражается вполне конкретно главное качество жизни — ее агрессивность, напор, стремление «переработать» как можно большее количество неорганического вещества. Жизнь — «живое вещество» — поистине является одной из самых могущественных геохимических сил нашей планеты. В. И. Вернадский писал, что в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего «живого вещества», которое тогда существовало. Это положение можно считать, если это окажется нужным, третьим биогеохимическим принципом¹.

¹ Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1965, стр. 286.

«Живое вещество» Земли на всех уровнях своей организации способно принимать и использовать информацию, поступающую из внешней среды. Так, фотосинтез растений контролируется сигналами внешней среды, несущими информацию о будущем состоянии этой среды (например, колебаниях температуры, светового режима). «Живое вещество» «штампует» сложнейшие органические соединения, что невозможно без генетической информации, закодированной в нуклеиновых кислотах. В сущности в живом организме постоянно взаимодействуют информация и энергия. Чем совершеннее живое существо, тем большую информацию оно способно использовать. Именно эта способность и дает преимущества одним существам перед другими. Животные, например, используют информацию, поступающую не только из неорганической среды, но и от других живых организмов (например, запах зайца настраивает волка на преследование, а запах волка помогает зайцу избежать опасности).

«Живое вещество» активно противодействует возрастанию энтропии (так физики именуют меру вероятности осуществления данного состояния системы)¹. Жизнь постоянно и с великим упорством (по крайней мере в масштабах Земли) «упорядочивает» природу. Ход эволюции совершается от простого к сложному, от более вероятного к менее вероятному. Конечно, этот факт не противоречит второму началу термодинамики, согласно которому всякая замкнутая система стремится к тепловому равновесию, к состоянию максимальной устойчивости, т. е. к максимуму энтропии. Ведь биосфера — открытая саморегулирующаяся система, и если в ней энтропия уменьшается, то лишь за счет увеличения энтропии в окружающей среде.

Из внешней среды в «живое вещество» поступает множество сигналов. Эта информация позволяет «живому веществу» наилучшим путем использовать накопленную им энергию. По-видимому, в ходе эволюции постоянно создается «перенасыщение» биосферы информацией. И как электрон в атоме, получив извне энергию, переходит на более высокий энергетический уровень, так и «живое вещество», накопив «избыточ-

¹ Энтропию можно также рассматривать как меру «беспорядка» в данной системе.

ное» количество энергии, переходит на высший организационный уровень, совершив тем самым очередной эволюционный скачок.

Жизнь сравнивают с вихрем, вовлекающим в круговорот все большие и большие количества неорганического вещества. Сравнение образное и точное: в биосфере действительно происходит усиливающийся от эпохи к эпохе биологический круговорот атомов. Наряду с образованием «живого вещества» и накоплением им энергии совершается и процесс противоположный — превращение сложных органических соединений в минеральные вещества (например, вода). При этом выделяется и энергия, отчасти в форме тепла, но главным образом в форме химической энергии, носителями которой являются природные воды и газы. В конце концов этот «вихрь жизни», это постепенное совершенствование живого вещества привели к качественно новому этапу в развитии биосферы — на земле появился человек.



БИОСФЕРА ПЕРЕХОДИТ В НООСФЕРУ

...В нашем столетии биосфера получает совершенно новое понимание. Она выявляется, как планетное явление космического характера... Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное изменение биосферы. Мы входим в ноосферу...

В. И. Вернадский



Человек разумный

Сознание в истории Земли появилось не беспричинно, не из «ничего», а значит, и не неожиданно. Оно увенчало, как итог, всю предшествующую эволюцию мира, как органическую, так и неорганическую. Великий акт появления человека — не случайность, а неизбеж-

ный в земных условиях результат непрерывного совершенствования живого вещества. Все шло к тому, что и случилось, — к появлению мысли.

В. И. Ленин писал: «... в ясно выраженной форме ощущение связано только с высшими формами материи (органическая материя), и „в фундаменте самого здания материи“ можно лишь предполагать существование способности, сходной с ощущением»¹.

Действительно, все предметы и явления окружающего нас мира находятся во взаимосвязи и взаимодействии. Но отражение в философском смысле этого термина и есть проявление этой взаимосвязи, изменение одного тела, вызванное другим. Иначе говоря, отражение — это «след» взаимодействия или взаимосвязи предметов и явлений. След на проселочной дороге от протектора автомашины — это простейший пример механического отражения. Отклонение стрелки компаса под действием магнита — отражение воздействия магнитных полей. Наконец, обычное отражение предмета в зеркале — это также пример философского отражения, поясняющий, кстати сказать, и происхождение этого термина.

Высшие формы отражения связаны с жизнью. Как известно, всем живым существам присуща раздражимость — элементарная форма отражения. Она выражается в той или иной реакции живых существ на внешние раздражители (свет, колебания температуры и т. п.). Организм, воспринимая внешние раздражения, делает окружающий мир своим достоянием, тем самым внешнее для него становится «внутренним». Реагируя же на внешнюю среду, организм «внутренне» снова переходит во внешнее.

Раздражимость свойственна даже микроорганизмам. Например, пурпурные бактерии, освещенные пучком света, скапливаются в световом кружке, который для них играет роль световой ловушки. Легко вызвать раздражимость инфузорий, воздействуя на них некоторыми химическими веществами. Общеизвестны и реакции растений на внешние раздражители: вспомните, например, движение подсолнухов вслед за солнцем. На более высоком уровне организации раздражимость живых существ переходит в чувствитель-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, с. 39—40.

ность — способность отражать отдельные свойства вещей в форме ощущений.

С зарождением нервной системы живые организмы приобретают способность восприятия, т. е. отражения целостного образа ситуации. Появляются элементы психики как функции нервной системы, с помощью которой отражение внешнего мира становится целостным и достаточно полным. Эволюция органического мира выражается, в частности, в совершенствовании форм отражения объективного мира. С момента появления ясно выраженной нервной системы (например, у позвоночных) рост и усложнение психики животных могут быть прослежены на прогрессивной эволюции нервной системы.

В 1851 г. американский ученый Д. Дана (1813—1895 гг.) назвал подмеченную им прогрессивную эволюцию мозга у позвоночных «цефализацией», но сам воздержался от каких-либо объяснений этого факта. На «принцип Дана» не обратили внимание ни Ч. Дарвин, ни его ближайшие последователи. Между тем факт цефализации имеет немалое значение. В нем выражается предыстория создания, его эволюционные, биологические предпосылки.

«Обобщение Дана,— писал В. И. Вернадский,— заключается в следующем: в эволюционном процессе мы имеем в ходе геологического времени направленность... Нет ни одного случая, чтобы появился перерыв и чтобы существовало время, когда добытые этим процессом сложность и сила центральной нервной системы были потеряны и появлялся геологический период, геологическая система с меньшим, чем в предыдущем периоде, совершенством центральной нервной системы»¹. Но следует оговорить, что этот принцип оправдывается лишь на переломных этапах развития живого, а непрерывно прослеживается лишь на той ветви приматов, которая дала человека. Так, среди человекоподобных обезьян наиболее развитыми были крупные австралопитеки, но они все вымерли, а менее развитые гориллы и шимпанзе существуют до сих пор.

При всей сложности психики высших животных в ней отсутствуют понятия — характерная черта соз-

¹ *Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение* — М.: Наука, 1965, с. 193.

нения. Нет и самосознания, самооценки, присущей человеческому разуму. Зато сильно развито бессознательное — инстинкты. Когда же и как из бессознательного родилось сознание, когда на Земле впервые загорелась мысль?

Рассматривая путь эволюции Земли и жизни, мы остановились на том, что в конце неогена, около 5 млн. лет назад, среди приматов появились высокоразвитые обезьяны — австралопитеки (южные обезьяны). Они были распространены очень широко — от Южного Китая на востоке до Восточной Африки на западе включительно. Это были обезьяны ростом не более 1,2—1,4 м, с нижними конечностями, очень близкими по строению к современным человеческим, что свидетельствует о двуногом способе передвижения. В остальном эти обезьяны были похожи на шимпанзе и имели некоторые черты, близкие гориллам. Только лицо у них не так сильно выступало вперед, было более плоским и походило на человеческое. Судя по строению зубов, они ели все подряд и вели исключительно наземный образ жизни. Это обстоятельство обусловило, по сравнению с другими человекоподобными обезьянами, особенности их поведения. Не обладая колоссальной физической силой, как древние гигантопитеки и современные гориллы, мощными зубами, они должны были компенсировать свою слабость чем-то иным.

Давно уже зоологи заметили, что в трудных условиях животные различных видов (даже те, для которых стадный образ жизни не характерен) собираются вместе, иногда огромными массами. Так и у австралопитеков: по многим данным, они образовывали относительно большие стада, иногда, вероятно, как у павианов, до 200 особей. Также известно, что многие высшие животные (например, кошки) часто манипулируют предметами. Обезьяны даже используют предметы — палки, камни — в случае необходимости в качестве орудий. У австралопитеков, очевидно, такая орудийная деятельность носила более систематический характер. С помощью палок и камней они подобно шимпанзе убивали ящериц и мелких животных, сбивали труднодоступные плоды, доставали мед земляных пчел.

И вот около 2,5 млн. лет назад австралопитеки некоторых групп перешли к изготовлению орудий и со-

вместному строительству убежищ в виде кольцевых стенок, т. е. к труду. «Сначала труд, а затем и вместе с ним членораздельная речь явились двумя самыми главными стимулами, под влиянием которых мозг обезьяны постепенно превратился в человеческий мозг...»¹.

Труд создал самого человека. Труд, деятельность рук, развитие мозга, речь, организация общественного производства — вот главные факторы, превратившие первобытное стадо в первобытное общество. Начало же формирования общества совпадает с первоначальным зарождением сознательного труда.

Однако само становление труда еще не характеризуется началом изготовления орудий, так как труд носит общественный, коллективный характер, а австралопитеки, начавшие изготавливать орудие, использовали его только для себя, в крайнем случае для своей семьи. Понадобилось еще около двух миллионов лет, несколько эпох похолоданий, когда жизнь в изменившихся, ухудшенных условиях требовала коллективных усилий для того, чтобы выжить. Только около 700 тыс. лет назад, в эпоху крупного и длительного оледенения, охватившего южные районы умеренной зоны и даже некоторые области субтропиков, появились древнейшие настоящие люди — архантропы (питекантропы Явы, Китая, Восточной и Северной Африки и юга Восточной Европы и Палестины). Последнее крупнейшее по площади оледенение, около 100—200 тыс. лет назад, ознаменовалось появлением примитивного разумного человека — неандертальца, а около 50—60 тыс. лет назад, в эпоху последнего оледенения, оформился, наконец, человек современного типа.

О происхождении человека написано множество книг и здесь нет необходимости подробно останавливаться на этой интереснейшей теме. Подчеркнем, однако, два важных обстоятельства. Во-первых, в постепенном становлении человека наблюдается прогрессивное развитие центральной нервной системы, ее постепенное усложнение — верный признак совершенствования психики. Второе, не менее важное обстоятельство — ускорение эволюционного процесса. От появления первых млекопитающих до ответвления от них гоминид прошли сотни миллионов лет. Спустя еще

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 490.

примерно 10 млн. лет появились австралопитеки. От них до первых питекантропов протекло еще около 4 млн. лет. Но переход от питекантропа к неандертальцу занял уже всего несколько сотен тысяч лет, а спустя сотню тысяч лет на Земле появился «человек разумный».

Но это было не просто появление нового вида. Произошел великий качественный скачок в истории Земли. Возник не просто человек, а человеческое общество. Началась человеческая история, объясняемая своими, особыми социальными законами.

Животные приспосабливаются к окружающей среде. В отличие от них человек с помощью орудий труда и общественного производства сам изменяет внешнюю среду, природу, заставляя ее служить своим человеческим целям. Но этому воздействию человека на природу пока свойственны черты, отмеченные еще Ф. Энгельсом: «И так на каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы,— что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее, что все наше господство над ней состоит в том, что мы, в отличие от всех других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять»¹.

В прошлом Земли роль человека была ничтожна. Совсем иначе выглядит эта роль сегодня и особенно в будущем.



Становление ноосферы

С появлением человека на Земле начал действовать новый, невиданный ранее геологический и космический фактор — человеческий разум. Мысль зародилась в

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, с. 496.

биосфере и поначалу немногочисленные мыслящие существа были редким исключением в немыслящем растительном и животном царстве. Трудно было бы в ту пору представить себе великое будущее человеческого рода, ту эпоху, когда мыслящие существа своим трудом начнут преобразовывать всю планету, когда научная мысль станет, по выражению В. И. Вернадского, «планетным явлением».

Между тем исторический опыт человечества показывает, что внутри биосферы зарождается новая, «мыслящая» оболочка Земли — ноосфера. И этот процесс не случайность, а закономерность, подготовленная всем ходом предшествовавшей эволюции материи. Что же такое ноосфера и почему ее становление может служить прочным фундаментом оптимизма, веры в великое будущее человечества?

Слово «ноосфера» в буквальном переводе с греческого означает «сфера разума», или «разумная оболочка» (от греческого «ноос» — «разум»). Общая идея учения о ноосфере созрела у В. И. Вернадского еще в конце прошлого века, хотя в научный обиход термин «ноосфера» был впервые введен в 20-х годах текущего столетия П. Тейяром де Шарденом и Э. Леруа. Первый из них — известный палеонтолог и в то же время богослов, основной труд которого «Феномен человека» был издан в Советском Союзе¹. Как и богослов Э. Леруа, П. Тейяр де Шарден считал себя последователем и учеником известного французского философа-идеалиста А. Бергсона, в книге которого «Творческая эволюция» прогрессивное развитие органического мира Земли рассматривается с идеалистических позиций как некий процесс постепенного «одухотворения» природы. П. Тейяр де Шарден и Э. Леруа были знакомы со взглядами В. И. Вернадского, который в 1922—1923 гг. в Сорбонне читал лекции по геохимии и биохимии. Поэтому основоположником учения о ноосфере с полным основанием следует считать нашего великого соотечественника, тем более что философские концепции его французских коллег увели их далеко от естественно-научных представлений о ноосфере в сторону метафизических богословских спекуляций. В отличие от них, ноосферой В. И. Вернадский называл

¹ Тейяр де Шарден П. Феномен человека.— М.: Прогресс, 1965.

биосферу, преобразованную разумной деятельностью человека.

Итак, ноосфера — «мыслящая оболочка» Земли, царство человеческого разума. Было бы большой ошибкой отождествлять возникновение ноосферы с появлением на Земле мыслящих существ. В ту пору впервые засверкали на нашей планете отдельные искорки разума, которые занимали лишь малые очаги на поверхности нашей планеты. Да и деятельность их, технически тогда слабо вооруженных, не столь уж сильно отличалась от деятельности животных. Только после овладения человека огнем, когда он смог начать освоение обширных областей Земли, ранее для него недоступных, и особенно после появления человека современного типа, когда резко выросла численность человечества и оно заселило почти все континенты и начало осваивать океанические просторы, результаты деятельности человека стали оставлять следы.

Эти следы исследователи сейчас обнаруживают в форме вторичных, самовосстановившихся лесов там, где прежние леса некогда были сведены, по-видимому, древними людьми. Наряду с растительностью древний человек истребил и многие виды животных, ныне не существующие. И только за время не более чем 6 тыс. лет устанавливаются следы созидательной деятельности человека в виде, например, областей, естественно бесплодных, превращенных в плодородные населенные области. Но все это носило более или менее локальный характер. По мнению В. И. Вернадского, создание ноосферы требует проявления человечества как единого целого и это есть его неизбежная предпосылка.

Лишь после эпохи Великих географических открытий люди составили себе общее, хотя еще и не полное представление о своей планете. Европейцы узнали о существовании неизвестных материков и народов. Аборигены открытых европейцами стран почувствовали на себе несовершенство и агрессивность «цивилизованных» европейских сообществ. Планетарные представления о Земле были приобретены ценою крови и страданий миллионов людей. Но в конце концов человек заселил всю Землю, не исключая и суровейшего из материков — Антарктиды, где на наших глазах был высажен и прочно закрепился международный научный десант.

Производственные, экономические связи народов и стран постепенно привели к тому, что ныне ни одна страна не может нормально развиваться, изолировав себя от других стран и народов. А всякие изменения ситуации на мировом рынке сразу же отзываются в экономике подчас весьма далеких в географическом отношении стран. Человечество спланирует не только производственные и экономические связи. Современные средства сообщения, в особенности авиация, делают в принципе легко и быстро достижимым любой уголок Земли. Благодаря средствам сообщения непрерывно идет не только обмен товарами между государствами, но и обмен людьми, совершающийся в различных формах. Радио и телевидение позволяют каждому видеть и слышать то, что происходит от него за тысячи километров. Высокоработная техника сделала внутренние информационные связи человечества необычайно мобильными: утром, включая радио или разворачивая газету, мы узнаем главные новости из жизни всего земного шара.

Как и производство, наука в наши дни немыслима без интернациональных связей. Государство, оградившее себя от экономических и научных связей с остальным миром, обречено на прозябание. Наоборот, глобальные научные связи, выражающиеся, в частности, в международных конференциях, экспедициях, исследованиях, обеспечивают стремительный рост научной мысли — основы ноосферы. Но ни необходимость и неизбежность тесных производственных, экономических, научных и культурных связей, ни то, что основа существования человеческого общества — производство все более и более становится общественным, даже общечеловеческим, не делают человечество единым. Общественный характер производства требует и общественной собственности на средства производства, международный его характер требует преодоления узких, групповых интересов, единения человечества. К этому идет производство с тех пор, как возникло человечество.

Неизбежность и закономерность такого хода событий обоснованы марксизмом-ленинизмом, и это понимал В. И. Вернадский, когда в одной из своих работ о ноосфере говорил, что «...уже более чем два столетия, особенно в XX веке, народные массы выступили созна-

тельно на политическую и социальную арену, явились политической силой... Впервые в истории человечества интересы народных масс... определяют жизнь человечества, являются мерилем его представлений о справедливости»¹.

Таким образом, зарождение ноосферы есть результат двух взаимосвязанных процессов — развития производства и научно-технической и социальной революций. И то и другое рассматривается В. И. Вернадским как неизбежный и прогрессивный процесс в эволюции органического мира Земли. Он писал: «...Человек сейчас намеренно и стихийно меняет всю окружающую его природу, является геологической силой, ближайшее будущее которой почти безгранично, и человеческий разум и воля способны целиком переработать всю окружающую его природу...

...В гуще, в интенсивности и сложности современной жизни человек практически забывает, что он сам и все человечество, от которого он не может быть отделен, неразрывно связаны с биосферой — с определенной частью планеты, на которой они живут. Они геологически закономерно связаны с ее материально-энергетической структурой.

...Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера»¹.

В становлении ноосферы огромная роль принадлежит науке и технике, этим проявлениям человеческого разума. В таких условиях деятельность даже отдельных личностей (ученых, изобретателей, государственных деятелей) иногда приобретает очень большое значение. Вот почему, как указывал В. И. Вернадский, великим основоположникам марксизма-ленинизма в этом отношении принадлежит особая заслуга. В работе «Научная жизнь как планетное явление» В. И. Вернадский писал: «Маркс, Энгельс, Ленин — были крупными мыслителями и не менее крупными политически-

¹ Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1965, с. 272, 324, 328.

ми деятелями... Социальное благо являлось целью и смыслом их жизни. Мы видим на примере этих людей реальное, огромное влияние личности не только на ход человеческой истории, но через нее и на ноосферу».

С другой стороны, переход к ноосфере, становление этой новой оболочки Земли немыслимы без разумной организации жизни и труда огромных, миллионных масс людей. Что, как не сознательный труд народных масс, направленный на благо человечества, может стать реальным фактором в прогрессивном развитии ноосферы? По убеждению В. И. Вернадского, «социальная отсталость мешает проявиться совершающемуся перевороту в реальной силе человека»¹, и потому социальные революции, переход от капитализма к социализму и коммунизму есть не менее важные предпосылки создания ноосферы, чем прогресс науки и техники.

Последовательное развитие понятия ноосферы в духе В. И. Вернадского дано, по мнению автора, в обстоятельной работе Ю. П. Трусова и других советских ученых². Ю. П. Трусов считает, что в ноосфере могут быть выделены различные структурные элементы, такие, например, как люди, техника, природа, на которую воздействует человек. Следовательно, в ноосфере надо различать ее вещественную сторону (технику, человеческое общество, ту часть природы, которая уже затронута действиями человека) и сторону идеальную (мыслительная деятельность человека, его разум, его знание, иначе говоря, отражение в психике человека в отдельности и человечества в целом объективного мира). В сущности ноосферу можно рассматривать как сферу взаимодействия природы и общества, в которой люди разумно и целесообразно, со знанием законов природы направляют и контролируют ход природных процессов³.

Характерно, что, зародившись в качестве оболочки Земли, ноосфера принципиально не ограничена рамками нашей планеты. Могущество разума беспредель-

¹ Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.— М.: Наука, 1965, с. 272, 324, 328.

² Природа и общество. Под ред. Ю. П. Трусова — М.: Мысль, 1968, с. 28—46.

³ Подробнее см. Перельман А. И. Геохимия биосферы.— М.: Наука, 1973.

но, и уже сегодня человек вступает в эпоху освоения Солнечной системы. В. И. Вернадский писал: «Мысль не есть форма энергии, как же может она изменять материальные процессы?»

...В нашем построении окружающей природы у нас нет, казалось бы, места для человеческого разума, как геологической силы, так как он не является формой энергии...»¹. Действительно, разум не является формой энергии, а производит действия, как бы ей отвечающие. Наблюдается, возможно, лишь кажущееся противоречие с законом сохранения энергии, решить которое В. И. Вернадский так и не смог. Заметим, что и сегодня вопрос о механизме превращения идеального в реальное — в сущности главный вопрос в теории ноосферы — остается нерешенным. Важность этой проблемы в свое время была подчеркнута В. И. Лениным: «Мысль о превращении идеального в реальное глубока: очень важна для истории. Но и в личной жизни человека видно, что тут много правды»².

И у отдельного человека, и в ноосфере идеальное неотделимо от вещественного. Мыслящий человек органически сочетает в себе идеальное (мысль) и вещественное (мозг). Идеальный компонент ноосферы «овеществлен» в электромагнитных волнах, в книгах и журналах, в социальных научных организациях, в технике, в нервной системе людей — короче говоря, во всем том, что мыслит или что является вещественным продуктом разума³. Как же связано учение о ноосфере, созданное В. И. Вернадским, с теорией научного коммунизма, с марксистско-ленинским учением о природе и обществе?

Связь здесь глубокая, органическая, вытекающая из существа явления. Ноосфера — сфера разума, в которой постепенно должна осуществиться оптимальная регуляция как внутри человеческого общества, так и во внешних взаимоотношениях общества с природой. Но ведь коммунистическое общество всегда мыслилось теоретиками марксизма-ленинизма как общество, идеально регулируемое в своих внутренних и внешних

¹ Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1965, с. 272, 328.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, с. 104.

³ Подробнее об идеальном и реальном см. Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. — М.: Мысль, 1968.

связях. Тем самым учение о ноосфере смыкается с марксистско-ленинским учением о коммунизме.

Факты показывают, что «ныне жизненной необходимостью для человечества становится разумное использование процессов природы в планетарном масштабе, которое только и может сделать человека подлинным хозяином Земли. Эта необходимость нашла себе выражение и в выработанном естествознанием понятии ноосферы, как сферы организованного посредством сознательной человеческой деятельности взаимодействия природы и общества... Создание такой ноосферы предполагает планомерное использование сил природы в масштабе целых стран и континентов, а это не по плечу капиталистическому обществу, для этого нужна общественная собственность на средства производства. Разумеется, это требует разумного и эффективного планирования производства, целесообразного хозяйствования, что не достигается автоматически и в условиях социализма»¹. Хорошо известно, какое огромное значение придавал К. Маркс науке, ее роли в построении коммунистического общества. В. И. Вернадский писал в своих дневниках: «Маркс ясно видел, что мысль человека создает производительную силу. Еще больше и глубже это проявится в ноосфере. (Дневниковые записи. 1941—1943).

Вера в силу человеческого разума, в неодолимость прогрессивного развития человечества особенно сильно проявилась у В. И. Вернадского в годы Великой Отечественной войны. В самые тяжелые месяцы, когда положение на фронте оставалось очень напряженным (июль — ноябрь 1941 г.), В. И. Вернадский твердо верил в неизбежное поражение фашизма как силы, пытавшейся противодействовать всему ходу мирового процесса, повернуть течение истории вспять. «Геологическая основа планетарного характера,— подчеркивал он,— не может позволить истории повернуть вспять, восстановить рабство и сделать идеалом неравенство людей... Я смотрю на все с точки зрения ноосферы и думаю, что в буре и грозе, в ужасах и страданиях стихийно родится новое прекрасное будущее человечества... Идеалы нашей демократии идут в уни-

¹ *Основы марксистско-ленинской философии.*— М.: Политиздат, 1973, с. 245.

сон со стихийным геологическим процессом, с законами природы, отвечают ноосфере. Можно смотреть на наше будущее уверенно. Оно в наших руках. Мы его не выпустим»¹.

Этот несокрушимый оптимизм — характерная черта мировоззрения В. И. Вернадского. Его источник — глубокое осознание неизбежно прогрессивного характера развития органического мира Земли, включая и развитие человечества. В ходе же единого мирового процесса развития, нашедшего свое отражение и в человеческой истории, действуют глубинные силы, сметающие на своем пути всякое противодействие. С этой точки зрения, всякие пессимистические прогнозы о неизбежности гибели земной цивилизации выглядят прежде всего как нечто антинаучное. «Цивилизация культурного человечества,— писал В. И. Вернадский,— поскольку она является формой организации новой геологической силы, создавшейся в биосфере, не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление, отвечающее исторически, вернее, геологически сложившейся организованности биосферы... Страхи обывателей... о возможности гибели цивилизации связаны с недооценкой силы и глубины геологического процесса, каким является происходящий, ныне переживаемый переход биосферы в ноосферу»¹.

В биосфере организующий элемент — живое вещество, в ноосфере — человеческое общество. Совершенно очевидно, что отношение общества к природе в очень сильной мере зависит от социальной структуры общества. Капиталистический строй, частная собственность на средства производства создают принципиальные трудности в формировании ноосферы, в чем мы еще не раз в дальнейшем убедимся. Наоборот, коммунистическое общество есть единственная социальная формация, которой в принципе доступна реализация ноосферы не только на Земле, но и за ее пределами. Конечно, это не означает, что все совершенное в капиталистических странах неразумно и противоречит ноосфере или что социалистический строй сам по себе, без труда и усилий, автоматически породит ноосферу. Но-

¹ *Вернадский В. И.* Научная мысль как планетное явление.— М.: Мысль, 1980.

вая геологическая оболочка Земли рождается, как считал В. И. Вернадский, в грозе и буре — буре социальной и научно-технической революции. Но гром гремит лишь над отживающим свой век капитализмом, который мешает человечеству создавать ноосферу. В развитии ноосферы определяющую роль играют не естественно-биологические, а социальные законы.



Вторая природа

Труд, очеловечивший обезьяну, стал важнейшим фактором, определяющим развитие, эволюцию человеческого общества. Ведь кроме членораздельной речи и способности к абстрактному мышлению, человека отличает от животных производство орудий труда, т. е. техника в самом общем смысле этого слова и сам труд как общественное, коллективное действие. Развитие человека, человеческого общества связано с необходимостью расширения производства, а следовательно, с совершенствованием его искусственных органов — орудий, средств труда. «Человек развивается как социальное существо без коренного изменения своей биологической природы... Именно потому, что развитие человека выражается прежде всего в изменении его социальных органов — средств труда, оно не имеет естественных границ»¹.

Уже тот факт, что с помощью науки и техники человечество на наших глазах выходит за пределы своей планеты, рождает оптимистическую уверенность в великом космическом будущем человечества. И мы стараемся показать, что эта уверенность покоится на прочных основах. С появлением человека эволюция в растительном и животном мире, разумеется, не прекратилась. Но отныне не она задает тон в истории Зем-

¹ Основы марксистско-ленинской философии. — М.: Политиздат, 1973, с. 240.

ли. Развитие производительных сил стало движущей силой прогресса человеческого общества.

Нет ни одного континента, где бы не жил и не трудился человек. Даже в Антарктиде, суровейшем из материков, работают постоянные научные станции — первый признак начавшегося на наших глазах заселения Антарктиды. Морские и океанские просторы бороздят бесчисленные суда, в атмосфере летают самолеты, вертолеты, а за ее пределами — космические ракеты. Человек стал на Земле почти всецудущим. А там, где есть человек, присутствует и техника. Человек заметно изменил облик своей планеты. Он покрыл ее поверхность городами и другими поселениями, густой сетью железных и шоссейных дорог, прорыл каналы, создал искусственные водохранилища и зеленые насаждения, засеял поля. Короче, возникли небывалые прежде искусственные ландшафты. С помощью техники человек создал «вторую природу», т. е. мир искусственных насаждений, водотоков, бассейнов, сооружений — всего того, чем техника видоизменила окружающую среду. Эта новая среда жизни человека по-новому определяет и его взаимоотношения с естественной природой. Все говорит о том, что человек способен в дальнейшем коренным образом преобразовать природу нашей планеты.

Космонавт, наблюдающий Землю с Луны, даже на фотографиях не обнаружит следов деятельности человека. Только с орбит околоземных стационарных лабораторий и искусственных спутников с помощью специальной чувствительной аппаратуры и увеличенных фотографий обращают на себя внимание массивы полей, некоторые каналы и искусственные водоемы, крупные города и промышленные центры. Так что в целом, как это подтверждают и космонавты, летавшие вблизи Земли, наша планета имеет пока естественный облик. Но это взгляд из космоса. С нашей же, наземной точки зрения, уже сегодня техническая деятельность человека приобрела поистине планетарные масштабы. Несколько примеров должны подтвердить этот тезис¹.

По приближенным оценкам академика А. Е. Ферсмана, за последние пять столетий человечество извлекло из недр Земли не менее 50 млрд. тонн углерода,

¹ Подробнее см. Биосфера.— М.: Мысль, 1972, с. 5.

2 млрд. тонн железа, 20 млн. тонн меди, 20 тыс. тонн золота. Тем самым благодаря технике началась искусственная миграция химических элементов, этот «вихрь», создаваемый жизнью и становящийся все сильнее и сильнее. Лишь за последнее столетие промышленные предприятия выбросили в атмосферу около 360 млрд. тонн углекислого газа. Ныне ежегодно сжигается 2,5 млрд. тонн каменного угля, 1,5 млрд. тонн нефти (наряду с другими горючими материалами). Это означает, что каждый год в земную атмосферу добавляется 8—10 млрд. тонн углекислоты. Такие количества ничтожны для земного шара или даже для литосферы и атмосферы в целом, но зато весьма ощутимы для непосредственно окружающей человека среды.

Загрязняет воздух не только углекислый газ, но и производственная пыль, хорошо знакомая каждому жителю крупного города. Так, на территории Великобритании ежегодно осаждается 4,5 млрд. тонн этой пыли, а в Нью-Йорке на каждую квадратную милю ежемесячно выпадает 112 тонн сажи. На Земле создано более 10 тыс. искусственных водоемов общей площадью около 500 тыс. км², что составляет уже 1/5 общей площади всех естественных озер. Тем не менее проблема получения пресной воды для питья и промышленных целей становится достаточно острой. Например, уже к 1980 г. в США используемые ныне ресурсы пресной воды могли быть исчерпаны. Надо, однако, заметить, что на всем земном шаре содержится 30,5 млн. км³ пресной воды, но из них 97 % сосредоточены в горных ледниках и полярных шапках и пока человеком не используются. В резерве — и неопресненные, соленые воды морей, океанов, и солоноватые воды подземных источников. Так что человечество использует пока лишь 0,06 % всех запасов воды на земном шаре, равных примерно 1,5 млрд. км³ *. Однако, это не умаляет угрозы водного кризиса.

Человек создал новый тип осадконакопления, например промышленные отходы разного вида. Искусственная порода — цемент ежегодно вырабатывается в количестве около четверти миллиарда тонн. Появилось как плод человеческой техники и огромное мно-

¹ См. Павлов Ю. Сколько воды нужно людям? — Наука и жизнь, 1970, № 8, с. 58.

жество других новых пород (силикатных, керамических). Человек создает искусственные алмазы, кварц, слюду. Синтетические материалы заполняют не только рынок. Они стали постоянным, растущим в процентном отношении элементом «второй природы».

Развитие промышленности неизбежно связано с нагревом окружающей среды. Сегодня это энерговыделение в ходе промышленных процессов составляет около 0,01 % той энергии, которую получает Земля от Солнца. Но как считают некоторые ученые, через 50—60 лет оно может возрасти (при существующих темпах развития промышленности) до 1—2 %, а тогда средняя температура тропосферы возрастает на 1—2 °С, что вызовет таяние больших масс льда и нежелательные изменения климата всей планеты.

И еще один пример. Благодаря развитию телевидения и радиосвязи Земля превратилась во второе (после Солнца) «радиосветило» Солнечной системы. Антенны бесчисленных передатчиков часть радиоволн излучают в космос, и это создает планетарный эффект, в миллионы раз превышающий естественное радиоизлучение Венеры или Меркурия.

«Конец второго тысячелетия,— пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда,— завершается глобальным воздействием человечества на структуру и функции биосферы. Развеем миф о бесконечности и неисчерпаемости ресурсов биосферы — водных, биологических, минеральных и др. На любом участке суши или водоема можно встретить «следы человечества». Нарушений «равновесий» в природе так много, что люди все чаще задумываются над проблемой «человек и биосфера». Мощная и разветвленная индустрия, поглощая и перерабатывая много сырья, все сильнее загрязняет планету, размеры которой конечны. Значение обратных связей возрастает, человечество уже испытывает на себе «ответный удар» загрязненной им биосферы... Число проблем общечеловеческого и планетарного значения резко нарастает, а многие «победы» человека над природой нуждаются в пересмотре»¹. Об этом говорил еще Ф. Энгельс.

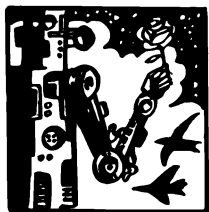
Такой пересмотр должен начаться, очевидно, с тео-

¹ *Биосфера и ее ресурсы*/Под ред. В. А. Ковда.— М.: Мысль, 1971, с. 5.

ретического осмысливания происходящего. Надо прежде всего понять, по каким законам развивается ноосфера, а познав эти законы, использовать их на благо человека. Хотя ноосфера сегодня представляет собой своеобразный результат взаимодействия природы и производственной деятельности человека, ее особенности пока еще остаются схожими с характерными чертами биосферы. Прежде всего благодаря производственной деятельности человека продолжается (во все ускоряющемся темпе) процесс накопления свободной энергии, способной к «полезному» превращению. Иначе говоря, та открытая энергетическая система, которую мы называем ноосферой, развивается от простого к сложному, от более вероятного (в термодинамическом смысле) к менее вероятному. В ходе человеческой истории усложняются производство и техника, а тем самым уменьшается общая энтропия ноосферы. В ходе технического прогресса организация, совершенство производства и техники возрастают.

Как и в биосфере, в ноосфере непрерывно происходит взаимодействие энергии и информации. Но только размах и темпы этого процесса, очевидно, больше, чем, в «немыслящем» живом веществе. В биосфере действовал и действует крайне медлительный естественный отбор. Развитие производства, вызывая необходимость совершенствования техники, производит очень быстрый «искусственный отбор», отбрасывая негодные проекты и выбирая лучшее. «Живое вещество» вовлекает в вихрь жизни множество химических элементов литосферы, гидросферы и атмосферы. Но ведь аналогичная миграция элементов осуществляется и производственной деятельностью человека. Совершенствование производства, его технологии, как катализатор, ускоряет течение химических реакций. Каждые 15—20 лет удваивается производство меди, олова, железа, вольфрама, углерода и других элементов. Производственный вихрь, вовлекающий их в круговорот, крепчает с каждым годом. И он вводит в эту «техногенную миграцию» все новые и новые элементы. Так, еще в начале нашего века алюминий ценился дороже золота, а теперь его ежегодно вырабатывают 7—8 млн. тонн. И так же, как некогда в биосфере, эта искусственная миграция химических элементов стремительно идет к максимальному своему проявлению.

«Живому веществу» свойственна «агрессивность», стремление вовлечь в вихрь жизни как можно большее количество неорганического вещества. Но не те ли качества присущи и ноосфере? Разве с прогрессом науки и техники не вовлекаются в технологические процессы все большие и большие количества природных материалов? Биосфера эволюционировала с нарастающим ускорением. То же, только в гораздо более сильной степени, происходит и в ноосфере. «Плотность» технических открытий на один и тот же промежуток времени (например, за десятилетие) сейчас несравненно выше, чем сто и тем более тысячу лет назад. Ноосфера насыщена энергией и информацией. Перенасыщение ее этим содержимым приводит к переходу на более высокий уровень развития. Читатель, вероятно, не забыл, что прогрессивное насыщение энергией и информацией характеризовало и эволюцию биосферы. Как далеко простираются эти аналогии? В чем сходство и различия двух эволюций — эволюции биосферы и ноосферы?



«Биологизация» техники

В ранних рукописях К. Маркс определял технику, различные технические устройства как созданные человеческой рукой органы человеческого мозга, опредмеченную силу знания. Но человек не существует и не может существовать вне человеческого общества. Поэтому техника вместе с людьми образует составную часть производительных сил общества. Она развивается по законам общественного производства и является показателем тех общественных отношений, при которых совершается труд.

Между тем в последнее время за рубежом широко распространились ложные, антимарксистские идеи о техническом прогрессе как единственном двигателе исторической эволюции, не зависящим от социального строя. Техника при этом рассматривается не с клас-

совых позиций, а как нечто самодовлеющее, независимое от развития социальных отношений. С одной стороны, наблюдается безудержная фетишизация техники, которую изображают как некую неконтролируемую и неуправляемую демоническую силу. С другой — слепое преклонение перед техникой нередко чередуется с машинофобией, безудержными фантазиями о пресловутом «бунте машин», которые когда-нибудь сметут с лица Земли человеческую цивилизацию. При этом, разумеется, «забывают» о главной язве, разъедающей тело современного человечества, — капитализме со всеми его античеловеческими пороками и преступлениями¹. На самом деле развитие техники не может быть понято в отрыве от истории человека, который был и остается главной производительной силой общества. Развитие техники шло в соответствии с развитием производства, призванного удовлетворять растущие потребности человеческого общества, по законам, впервые открытым К. Марксом. Этим же законам следует и развитие науки.

Другой пример. Новая форма организмов при своем возникновении обычно отличалась небольшими размерами и слабостью. Размеры первых паровозов уступали по величине многоместным конным пассажирским дилижансам, скорость которых была так мала, что их легко обгонял хороший наездник. Паровозы в наше время не выдержали конкуренции с тепловозами и электровозами, но перед своим «вымиранием» они удивили мир своими размерами и мощностью (например, наши паровозы серии ФД), подобно древним мезозойским гигантским ящерам.

Аналогии между двумя эволюциями — биологической и технической — не исчерпываются приведенными примерами. Следует, однако, подчеркнуть, что все эти аналогии вовсе не означают, что эволюция органического мира Земли и развитие техники — процессы, во всем сходные и подчиненные одинаковым законам. Думать так — это значит совершать грубейшую ошибку, не менее наивную, чем ту, которую совершает малолетний ребенок, принимая движущуюся игрушку за живое существо. Биосфера — открытая, самоорганизующая-

¹ Подробнее см. *Фролов И. Т.* Перспективы человека. — М.: Политиздат, 1983.

ся, живая система, подчиненная в своем развитии биологическим и физико-химическим законам. Техника мертва и сама по себе развиваться не может. Ее «оживляет» человек и лишь опосредствованная вмешательством человека техника приобретает в своем развитии некоторые внешние черты сходства с развитием живой природы. Но законы развития техники, разумеется, не биологические, а социальные, которым подчинено развитие человеческого общества. Вот почему в «двух эволюциях» есть не только некоторые черты сходства, но и коренные различия.

Древнейшие технические устройства, несмотря на то что человеческая мысль издавна была обращена к явлениям, наблюдавшимся в природе (например, во мраке далеких веков человек уже мечтал о полете, подобном полету птиц, и у него возникла идея создания летательного устройства, подобного крыльям птицы), были основаны на принципах, почти не встречающихся в природе. Если принцип рычага в какой-то мере и отражает устройство конечностей животных, то колесо — устройство, которое в природе не имеет аналогов. А ведь рычаг и колесо были основой любых механизмов на протяжении тысячелетий, да и сейчас они не потеряли своего значения.

Тем не менее автору кажется соблазнительным проведение некоторых параллелей в эволюции технических устройств и живых организмов. Так, ранние самолеты в своих формах ничем не напоминали птиц. А ныне те, кто видел в натуре и на снимках наш великолепный воздушный лайнер ТУ-144, согласятся, что этот самолет по облику похож на какую-то исполинскую фантастическую птицу с огромным хищным клювом. Подобное сходство прослеживается и между самолетами и рыбами — сходство даже более полное. Первые рыбы были не менее неуклюжи, чем первые самолеты, и, видимо, также тихоходны. Развитие и рыб, и самолетов шло по линии приобретения как можно больших скоростей и маневренности. Формы тела одних и фюзеляжей других становились наиболее выгодными для передвижения в водной и воздушной стихиях, поскольку законы гидро- и газодинамики настолько близки, что описываются аналогичными формулами. Правда, эволюция рыб прошла длительный путь естественного биологического развития, а самолеты совершенствовались конструктор-

ской мыслью человека в результате познания законов газодинамики, но известную аналогию все же провести можно.

Движущей силой биологической эволюции служат изменчивость и естественный отбор. В ходе развития техники отбор производит человек, что упрощает, а главное, несравнимо ускоряет техническую эволюцию по сравнению с биологической. Иначе говоря, в биологической эволюции природа действует по принципу проб и ошибок, в технической эволюции выбор дальнейшего пути совершается сознательно, хотя, конечно, не всегда безошибочно. Хотя природа в процессе эволюции действовала «вслепую», она «выжала» из исходного материала все, что возможно, и современной технике приходится лишь завидовать совершенству живых организмов. Но ведь у природы для ее творчества времени было предостаточно. Есть все основания думать, что человек способен намного превзойти природу в несравненно более сжатые сроки.

Главный путь совершенствования человека лежит через социальные преобразования его современной жизни. Совершенствование социальной организации человечества, создание коммунистического общества и гармонизация каждой личности этого общества — вот идеалы, которые способен поставить перед собой и осуществить только человек. И здесь, оставаясь частью природы, человек достигнет вершин своей эволюции.

В органическом мире передача информации от поколения к поколению осуществляет наследственный аппарат живых организмов. Этим обеспечивается преемственность поколений и поступательный ход эволюции. В общественной жизни новое поколение наследует у своих предшественников средства производства и социальный опыт, воплощенный в языке, мышлении, культуре и традициях. Самое же главное в том, что в отличие от биологических сообществ «специфику общественной жизни определяет производственная, экономическая связь. Все формы общественных отношений складываются в конечном счете на базе отношений между людьми, возникающих в процессе производства,— производственных отношений, которые цементируют социальный организм, определяют его единство... Биологические законы, как и другие законы природы,

не регулируют и не определяют развитие социальных явлений. Общество управляется своими специфическими законами, которые раскрываются историческим материализмом и другими общественными науками»¹.

Мы закончим сравнение двух эволюций указанием на их общее свойство — необратимость. В органическом мире оно выражается в том, что, достигнув апофеоза, каждый вид не эволюционирует в обратную сторону, а, постепенно вымирая, уступает место новому виду, более совершенному. Так, скажем, вымирая, пресмыкающиеся не превратились сначала в земноводных, а затем в кистеперых рыб, а просто сошли со сцены, уступив место млекопитающим. В целом биологическая эволюция носит прогрессивный характер, заключающийся в неуклонном повышении уровня организации живых существ. Исторический опыт человечества показывает, что и в технической эволюции ноосферы дело до сих пор обстоит так же. Каждому очевиден прогресс техники, ее неуклонное совершенствование от каменного топора до современных машин, от телеги до космических ракет.

Но человек — элемент биосферы, наделенный разумом. Все более познавая природу, он стал стремиться заимствовать у живой природы то наиболее ценное, простое, экономичное и эффективное, что было приобретено живыми организмами в ходе длительной эволюции для конструирования технических устройств и целых производственных систем. Это использование «опыта» живой природы в техническом конструировании, как известно, составляет предмет исследований бионики, одного из перспективных направлений науки, возникшего немногим более десяти лет назад. Бионизация техники — только одна из характерных особенностей ее эволюции. При этом, подражая природе, человек осуществляет не техническую копию живого организма или его части, а его функциональное моделирование средствами техники. Техника начинает все шире и чаще вторгаться в живые организмы, моделируя поврежденные или утраченные его части (вспомните всевозможные протезы — от искусственной ноги до искусственного сердца!). Начало этого процесса пока, конечно, скромное, но

¹ Основы марксистско-ленинской философии. — М.: Политиздат, 1973, с. 241.

перспективы самые заманчивые — «оживление» техники, т. е. приобретение техническими устройствами, свойств, а иногда и внешнего облика живой природы.

Но человек не только использует в техническом конструировании «достижения» природы. Он переходит к использованию в постепенно увеличивающихся промышленных масштабах для нужд производства некоторых природных процессов, идущих в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Мы говорим о микробиологическом производстве отдельных продуктов и лекарств. Здесь мы уже имеем дело с прямой биологизацией производства, причем речь идет не только об использовании в производстве жизнедеятельности известных микроорганизмов, но и о создании новых, с заданными свойствами.

Автоматизация — другое, не менее важное направление в развитии современной техники¹. В автоматике трудовые функции человека передаются техническим устройствам, причем это частично относится не только к физическому труду человека, но и к его умственной, интеллектуальной деятельности. Каждый автомат — это в сущности техническое устройство, функционирующее по заданной программе без непосредственного вмешательства человека. Моделирование умственной работы человека в технологическом процессе — главная черта современной автоматике. Как далеко пойдет дальнейший прогресс автоматов, сказать трудно. Однако уже и сейчас очевидно, что автоматы успешно могут заменить человека во многих сферах его трудовой деятельности и что автоматизация и бионизация техники — важнейшие черты в технической эволюции ноосферы. Благодаря автоматизации человек постепенно освободится от непосредственного осуществления производственных функций. Зато возрастет его роль в управлении производством, в конструировании, планировании и прогнозировании производственного процесса.

Все это в огромной степени увеличит возможности человека не только в удовлетворении его потребностей, но и в познании природы, в управлении процессами, в ней происходящими, освободит его для творческого,

¹ Подробнее см. *Гудожник Г. С.* Научно-технический прогресс. — М.: Мысль, 1970.

познавательного и преобразовательного труда. Но на пути к этому будущему человечеству придется преодолеть немало трудностей. Одной из важнейших в наши дни по праву считается экологическая проблема — тот разлад человека с природой, который, усугубляясь социальными пороками капиталистического общества, вызывает сегодня всеобщую озабоченность.



Экологическая проблема

Лет около ста назад в научный обиход был введен новый термин — экология. В современном естествознании экологией называют раздел биологии, изучающий взаимоотношения организмов с окружающей средой. Хотя развитие человеческого общества подчиняется особым социальным законам, с биологической точки зрения человечество можно рассматривать как некоторую совокупность организмов, взаимодействующих с внешней средой. С этой точки зрения экологические исследования могут и должны быть распространены на человечество с той, однако, весьма существенной оговоркой, что характер взаимодействия природы и общества определяется в первую очередь социальными, а не биологическими законами.

На ранней стадии развития общества, когда основным источником существования были охота и собирательство, человек не отделял себя от природы, находился с нею в гармоничном единстве. Позже, когда слишком бурная деятельность привела человека к необходимости искать себе новые источники существования и человек перешел к земледелию и скотоводству, взаимоотношения человека и природы изменились. Засухи или, наоборот, наводнения, например, уничтожали урожай, вызывали гибель скота. И природа стала восприниматься человеком как нечто враждебное. Борьба против засухи и наводнений путем проведения каналов и строительства дамб вызвала к жизни такие понятия, как «покорение природы», «борьба с природой», — терминологию,

прочно укоренившуюся даже в современном языке.

Но времена меняются. И если прежде, «борясь» с природой, человек не задумывался об обратных связях, о последствиях своей «борьбы» и своих «побед», то в современном мире природа начинает жестоко мстить человеку за его неразумное к ней отношение. Обратные связи уже сегодня дают себя знать все больше и больше, особенно в развитых капиталистических странах. В частности, об этом говорит Генеральный секретарь Компартии США Гэс Холл в своей книге «Экология: способно ли человечество выжить при капитализме?». Он пишет, что загрязнение окружающей среды представляет не только серьезную социальную проблему будущего, но и сегодня пагубно влияет на здоровье и жизнь людей. Оно угрожает всей жизни на нашей планете¹.

Вопрос, поставленный в названии книги Г. Холла, конечно, не случаен. Именно капитализм, это отживающая общественная формация, всячески поощряя пресловутую «частную инициативу» с ее духом торгашества и делячества, породил то бездумное, потребительское отношение к природе, которое в капиталистических странах уже сегодня сделало экологическую проблему «проблемой номер один». И если так будет продолжаться, то человечеству, вероятно, может грозить экологическая катастрофа.

Пытаясь извратить действительное положение дел, некоторые зарубежные социологи представляют существующий разлад человека с природой как неизбежное следствие бурного развития техники и индустрии. Спасение от экологической катастрофы они видят не в переходе всего человечества к высшей общественной формации — социализму и коммунизму, а в отказе от технического прогресса, в возвращении к патриархальным формам жизни. Нелепость такой позиции вряд ли требует пояснений. Социальная и техническая эволюция человечества так же необратима, как и предшествовавшая ей эволюция животного и растительного мира Земли. Задача состоит в том, чтобы «вписаться в биосферу», чтобы мир «второй природы» вошел органически в ее состав, не губя живое, а, наоборот, способствуя переходу

¹ Йорген Е. Капитализм и проблемы экологии.— Проблемы мира и социализма, 1972, № 4, с. 94—95.

ду биосферы в ноосферу. Такую задачу в принципе может решить лишь общество социалистическое и тем более коммунистическое. Не следует это понимать, конечно, так, что в современных социалистических странах, в частности в СССР, экологической проблемы не существует. Эта проблема приобрела сегодня глобальный характер.

Земля — космический корабль. Это образное сравнение уже не раз использовалось в печати. Будет хорошо, если глубина этого сравнения дойдет до нашего сознания. Земля действительно «космический корабль» с непрерывно возрастающим по численности экипажем. Как и всякий космический корабль, Земля обладает ограниченными, хотя и весьма значительными запасами вещества и энергии. На Земле, как и на космическом корабле, действует практически замкнутый экологический цикл, правда использующий для своей реализации внешний источник энергии — Солнце, совершается замкнутый круговорот живого вещества — разложение умерших организмов и рождение новой жизни, вовлекающей в жизненный вихрь все новые и новые массы неорганического вещества.

Развитие человечества идет в направлении освоения для собственных нужд все большего и большего количества вещества и энергии. Этот естественный процесс роста осуществляется с помощью непрерывно прогрессирующей техники производства. Однако производство создает не только ценности, но и отходы. И эти отходы уже начали угрожать самому существованию человечества. Покажем это на конкретных примерах¹.

Загрязнение воздуха в промышленных и жилых центрах капиталистических стран дает чувствовать себя уже сегодня. Дымящие трубы бесчисленных предприятий, выхлопные газы миллионов автомобилей, радиоактивное заражение атмосферы, газы, выделяющиеся из гниющих отходов, и многое, многое другое отравляют воздух, создают угрозу здоровью, жизни. Например, США ежегодно выбрасывают в атмосферу 164 млн. тонн различных ядовитых веществ, половина из которых приходится на выхлопные газы автомобилей. Эти газы содержат 77 % оксида углерода — ядо-

¹ Подробнее см. *Ленькова А.* Оскальпированная Земля. — М.: Мысль, 1971.

витого вещества, которое, попав в организм человека, соединяется с гемоглобином и тем самым нарушает нормальное снабжение органов, в частности мозга, кислородом. Судя по всему, отравление атмосферы выхлопными газами автомобилей по крайней мере в ближайшее время будет возрастать. Сейчас во всем мире ежегодно выпускается 25 млн. автомобилей с годовым приростом производства в 10 %.

Производственная пыль — результат неполного сгорания топлива и других процессов — создает над крупными городами США и других капиталистических стран серое марево. Особенно вредны отходы химической промышленности. Воздушные течения переносят эти вредные вещества на огромные расстояния. Так, задымленный воздух Вашингтона содержит серу сталелитейных заводов Питтсбурга и углекислый газ чикагских такси. В Вашингтоне после каждого дождя на мраморных зданиях и памятниках образуется разъедающая их серная кислота. Этот «каменный рак» подтачивает бесценные скульптуры Рима, Милана и других крупных европейских городов. Концентрация предприятий и населения в крупных городах и промышленных районах создает особенно неблагоприятные условия для здоровья людей. А ведь эти «центры цивилизации» непрерывно растут! В Большом Нью-Йорке с пригородами уже живут 15 млн. человек, в Большом Токио — 14 млн. Недалеко от них ушли Большой Лондон (13 млн. человек), Париж (9 млн. человек).

В Рурском промышленном районе живут и работают 11 млн. человек. За несколько лет утроилось население Калькутты (6,5 млн.), Лимы (2,5 млн.). Сегодня на Земле насчитывается 133 города с населением более 1 млн. жителей и 1784 города с населением больше 100 тыс. человек. Около 34 % обитателей Земли живет в городах. Если рост городов продолжится и дальше, то к концу века 80—90 % населения земного шара станут горожанами, а крупнейшие из этих городов будут иметь десятки миллионов жителей!

Уже сегодня крупные города капиталистических стран задыхаются от загрязненной атмосферы, от удушающего смога — смеси дыма, копоти, пыли, водяных паров и ядовитых газов. Над головами жителей Нью-Йорка постоянно висят тысячи тонн яда. За один год «с неба» ньюйоркцев окутывает 1,4 млн. тонн угар-

ного газа (оксида углерода), по 0,5 млн. тонн диоксида серы и углеводорода, около 300 тыс. тонн оксида азота и около 200 тыс. тонн пыли и сажи. В этой невеселой статистике далеко не последнюю роль играют самолеты. При старте четырехмоторного реактивного самолета остается ядовитый шлейф, равноценный выхлопам огромного числа автомобилей.

На наиболее оживленных перекрестках в Токио регулировщики пользуются противогазами или сменяются каждые полчаса, чтобы забежать в участок подышать кислородом из баллона. Кстати, в центре Токио уже торгуют кислородом и каждый задыхающийся пешеход может, опустив монету в кислородный автомат, освежить себя. В Лондоне за последние годы от смога умерли тысячи людей. В Чикаго при сырой погоде прямо на ногах расползаются нейлоновые чулки, а в Руре покрытые густой пылью кусты напоминают серые пугала. Что же касается рурского смога, то он за месяц-два заметно разъедает даже стальные плитки. И таким воздухом постоянно дышат миллионы людей!

Загрязнение атмосферы, усиливающееся с каждым годом, грозит не только отравлением. Выделяющийся в атмосферу в ходе промышленных процессов углекислый газ подобно одеялу, как считают некоторые исследователи, в будущем может создать «тепличный эффект»¹. Ведь углекислота, накопившись в атмосфере, будет препятствовать рассеянию теплового излучения планеты. А это приведет к разогреву среды, окружающей человека. Если все это так, то на тепловом балансе Земли скажется и тепло, выделяемое в процессе производства и энергетическими установками. Сегодня это тепло составляет сотую долю того количества тепловой энергии, которую Земля получает от Солнца. Но лет через 50—70 (если темпы развития техники не снизятся) оно возрастет примерно в сотню раз, что, как предполагают, вызовет нежелательные нарушения климата (например, таяние полярных льдов со всеми, не всегда

¹ В 1971 г. этот вопрос был исследован с помощью электронно-вычислительных машин. Результаты оказались отрицательными: даже если бы можно было в одно мгновение сжечь все разведанные и добываемые запасы топлива, концентрация углекислоты в атмосфере все равно не достигла бы величин, критических для теплового баланса Земли и для жизни. Тем не менее такая возможность продолжает обсуждаться. См., например, *Моисеев Н. Н.* Слово о научно-технической революции.— М.: Молодая гвардия, 1985.

предвидимыми последствиями). Впрочем, поглощение углекислого газа растениями и океаном, а также и другие процессы, по имеющимся данным, блокируют проявление «тепличного эффекта» в земной атмосфере.

Наряду с воздухом пресная вода — источник жизнедеятельности человека. Ее земные запасы внушительны — около 50 тыс. км³ (не считая льдов). Иначе говоря, на каждого жителя Земли сегодня приходится более 10 тыс. м³ воды — почти целое озеро! Но пресная вода нужна не только человеку. Ее используют на заводах и фабриках, для бесчисленных машин и в сельском хозяйстве. А использованная вода уже непригодна для питья. Из нее получается вода сточная, отравляющая водоемы. Между тем крупнейшие реки (Амазонка, Конго) и ряд других богатых резервуаров пресной воды находятся в малонаселенных районах Земли и потому почти не используются. В капиталистических странах загрязнение пресных водоемов стало повальным бедствием. Речная сеть оказалась удобной для сброса всяческих отходов и удаления нечистот. Множество рек превратились в сточные каналы. Загрязняются моря и даже Мировой океан.

От знаменитого плавания Тура Хейердала на «Кон-Тики» до последней его эпопеи на «Ра» прошло немного лет. Но океан изменился неузнаваемо. Вместо чистой океанской глади Т. Хейердал и его спутники всюду видели радужные пятна нефти, сгустки мазута, различный плавающий мусор. В реки спускают теплую воду от паровых котлов, подвергая их термическому «загрязнению». В подогретой реке кислород частично испаряется в воздух, возрастает масса синезеленых водорослей, которые, погибая, создают на дне разлагающиеся коричневые осадки, заражая водоток сероводородом.

Постоянное загрязнение Рейна стало национальным бедствием для ФРГ и Нидерландов. В крупнейшем городе Нидерландов Роттердаме санитарная инспекция однажды закрыла водопровод и запретила населению употреблять из него воду в пищу. Торговые компании решили заработать на этом. В срочном порядке они завезли чистую воду из Норвегии и по повышенной цене стали продавать ее в продовольственных магазинах. В 1971 г. на свалках двух городов ФРГ были обнаружены отходы, содержащие такое количество мышьяка и цианистого калия, которое достаточно для уничто-

жения населения всего земного шара. А пока искали виновных, в Рурской области нашли еще 200 тыс. тонн отходов производства аммиака и серной кислоты, крайне ядовитых для человека.

Ядовитые химические канцерогенные вещества с полей смываются в реки, на поверхности рек часто видны радужные пятна и пленка нефти. Близ Чикаго в одной из рек 16 % рыбы оказалось пораженной раком. Что же касается океанов, то в них ежегодно при промывке танкеров сбрасывается до 10 млн. тонн нефти (не считая загрязнения при авариях «нефтяных» кораблей).

Ветры и дожди ежегодно приносят в Мировой океан 200 тыс. тонн свинца, 5 тыс. тонн ртути и других вредных для жизни веществ. И хотя на весь объем воды в океане это составляет незначительное количество, все же в отдельных, особенно прибрежных, местах концентрация таких веществ может превысить всякие допустимые пределы. Главное же заключается в том, что некоторые морские организмы (например, рыбы или моллюски) концентрируют в своих тканях ядовитые вещества. Выловленные и употребленные в пищу людьми, они вызывают тяжелые отравления и болезни, иногда наследственные. Вместе с нефтью ядовитые соединения местами уничтожают растительный планктон, рыбу, тем самым сокращая численность рыбы и других организмов, питающихся планктоном, и обедняют воду кислородом.

Отходы иногда создают горы мусора. В 1970 г. граждане США выбросили 50 млрд. жестянок из-под консервов, 30 млрд. стеклянных бутылок и банок, 4 млн. тонн ненужных пластмассовых изделий. Выбрасываются на свалку даже автомобили. Автомобильные кладбища, эти горы изуродованных машин, встречающиеся в окрестностях крупных городов США, служат своеобразными памятниками человеческого безрассудства. Хотя в США проживает всего 6 % населения земного шара, на их долю приходится 40 % мирового загрязнения окружающей среды. Как тут не вспомнить пророческие слова Карла Маркса: «... культура, если она развивается стихийно, а не *направляется сознательно...*, оставляет после себя пустыню...»¹.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные письма.— М.: Политиздат, 1953, с. 202.

Индустриализация сопровождается колоссальным потреблением природных ресурсов и глубокими изменениями природной среды. «Распашка больших территорий суши (около 10—12 %), использование под пастбища (17 %), — пишет член-корреспондент АН СССР В. А. Ковда, — вырубка лесов, сооружение плотин и каналов, оросительных систем, обширные горно-геологические разработки, эрозия почв, применение удобрений, пестицидов, мелиорация, загрязнение почв, водоемов и атмосферы индустриальными отходами и многие другие виды деятельности человека вносят в природу большие изменения, которые нарушают сложившиеся системы и отношения в биосфере Земли. Часто эти изменения имеют негативный и, что особенно опасно для будущего человечества, необратимый характер»¹.

Приведем примеры того, как незнание законов, управляющих биосферой, делает вмешательство человека в жизнь животных и растений нежелательным, а то и вредным (даже если это вмешательство вызвано самыми добрыми побуждениями). На о-ве Бали решили избавиться от moskitov и опрыскали жилища рыбаков ДДТ. Moskity исчезли, но вскоре начали гибнуть ящерицы, питавшиеся этими насекомыми. За ящерицами наступил черед кошек, кормившихся ими. Вскоре на острове не осталось почти ни одной кошки и поэтому появились несметные полчища крыс, принесших с собой чуму. Срочно завезли новых кошек. Но тут начались новые беды: как только кошка вспрыгивала на крышу дома, крыша обрушивалась. Оказалось, что после исчезновения ящериц на острове развелось множество термитов, которые источили все балки в домах.

Биосфера как саморегулирующая система постоянно находится в динамическом равновесии. Если нарушить это равновесие, то последствия могут быть самыми неожиданными. Казалось бы, для увеличения продуктивности сельского хозяйства надо всемерно увеличивать посевные площади. Но вот распахали плодородные поймы, степи, склоны. Усилилась эрозия почв. Ветры и паводки стали сдирать почву, началось быстрое образование оврагов. В итоге от непродуманного хозяйство-

¹ *Биосфера и ее ресурсы*/Под ред. В. А. Ковда.— М.: Мысль, 1971, с. 7.

вания за последнее время для земледелия потеряны миллионы гектаров земли. Очевидно, что, планируя какое-нибудь мероприятие в биосфере, надо добиваться того, чтобы равновесие в природе сохранилось и последствия вмешательства человека были благоприятными и для него, и для природы.

Сооружение исполинских плотин и водохранилищ — доброе дело. Но при этом приходится учитывать, как меняется режим реки, как заиливается ее дно и какой ущерб понесет рыбное хозяйство, когда во время нереста рыба из-за плотин не сможет подняться к истокам реки.

Уничтожение волков всегда считалось хорошей охотой. Казалось, есть и польза от этого занятия: ведь истребляются хищники. Но вот, когда в арктических районах Канады истребили волков, невиданно размножились олени карибу, на которых охотились волки. В итоге, уничтожив волков, загубили и пастбища, почти начисто истребленные оленями. Надо заметить, что хищники выполняют и важную «селекционную» роль: они истребляют преимущественно слабых и больных особей, что препятствует распространению болезней и закреплению наследственных недостатков. Эта «мудрость» природы — результат ее длительной эволюции, и вмешательство людей в жизнь «живого вещества» должно быть разумным. Проблеме разумного вмешательства человека в жизнь биосферы посвящено немало книг, но особого внимания заслуживает уже цитированный выше сборник¹.

В Советском Союзе и других социалистических странах загрязнение среды хотя и происходит, но далеко не в таких катастрофических масштабах, как в крупнейших капиталистических странах. А главное, сознательно регулируемое общество, т. е. общество социалистическое, способно так регулировать свое взаимодействие с природой, что результаты этого взаимодействия будут полезны и природе и обществу. Важные обнадеживающие шаги в этом направлении уже сделаны. В сентябре 1972 г. Верховный Совет СССР принял специальное постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию при-

¹ См. *Биосфера и ее ресурсы*/Под ред. В. А. Ковда.— М.: Мысль, 1971.

родных ресурсов», а в декабре 1972 г. было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», в которых намечены конкретные мероприятия, сочетающие дальнейший технический прогресс с сохранением и даже улучшением живой природы. Эти постановления были весьма своевременными: по подсчетам Госплана СССР, от неправильного и нерационального использования природных ресурсов, а также от неправильного воздействия на окружающую среду наша страна ежегодно несла ущерб, исчисляемый многими десятками миллиардов рублей. И за какие-нибудь два-три года повсеместно осознана серьезность экологической проблемы. Этой теме посвящены сотни книг, тысячи статей¹.

Отрадно меняется и тон прессы. Если раньше, в особенности за рубежом, положение представлялось почти безвыходным, то ныне все чаще предлагаются конкретные позитивные решения проблемы, публикуются сообщения и о первых успехах в возрождении погубленных человеком участков биосферы. Мы рассмотрим здесь возможные пути оптимизации биосферы, т. е. гармонического соответствия человеческой деятельности и природы. Тема эта сложная, многоплановая, и поэтому мы ограничимся только несколькими примерами принципиального характера.

Производство и технические устройства создают отходы, грязь. Но неизбежно ли это? Кто-то из химиков метко сказал, что в химии нет грязи. Грязь — это химическое соединение в неподходящем месте. Если это так, то отходы — это вещество и энергия, которые мы пока не научились использовать для нужд человека и природы. Известно, например, что множество ТЭЦ, работающих на угле, выбрасывают в атмосферу огромные количества сернистого газа. Между тем пашни и луга испытывают сернистое голодание, им нужно большое количество серы. Некоторое время на одной из московских ТЭЦ действовала установка, которая извлекала из дымовых отходов и выдавала в жидком виде сернистый газ. Эта ТЭЦ перешла на использование газа, и нужда в такой установке отпала. Но ведь остались ТЭЦ, работающие на угле.

¹ Вопросы философии, 1973, № 1—4.

Радикальный выход, очевидно, заключается в создании безотходной технологии, беструбных и бессточных заводов. Иначе говоря, идеальное производство будущего должно работать на замкнутых технологических циклах: сырье — производство — отходы — сырье и т. д. При этом, конечно, вовсе не обязательно, чтобы отходы превращались в сырье для того же производства. Важно, чтобы они с пользой были употреблены для человека, техники, природы, а не рассматривались бы как отбросы, которые нужно убрать как можно дальше. В будущем производственная деятельность человека должна раздвоиться на производящую и компенсирующую последствия производства, т. е. обеспечивающую превращение отходов в сырье. Эта вторая сторона деятельности потребует уже сегодня, очевидно, не меньших творческих усилий, чем первая. Но не здесь ли во всей своей мощи должен проявляться человеческий разум — основа ноосферы? Не на этом ли благородном поприще наглядно выявятся преимущества социалистической организации общества перед хищническим потребительством капитализма?

Не будем преуменьшать трудности создания безотходной технологии — они огромны, и в этом направлении делаются пока лишь первые, правда, весьма обнадеживающие шаги. Например, академик Ф. Ф. Давитая предложил технологический процесс, в ходе которого при создании полезных вещей извлекается углекислый газ из атмосферы, а взамен в воздух поступает кислород — замечательный аналог жизнедеятельности растений¹. Пока же вполне реальным, хотя и далеко не совершенным средством борьбы с загрязнением среды служат различные очистительные устройства.

За последнее пятилетие, по данным Госплана, на улучшение окружающей среды (в том числе и на очистительные устройства) было затрачено 28 млрд. рублей. Уже осуществлены эффективные меры, препятствующие дальнейшему загрязнению Байкала. В Москве на сотнях предприятий работают уловители вредных газов и частиц угля. Десятки вредных производств предприятий выведены за пределы Москвы, большая часть котельных переведена на газ. В результате воздух столицы стал

¹ См. Давитая Ф. Ф. Загрязнение земной атмосферы и проблема свободного кислорода. — Изв. АН СССР, 1971, № 7, с. 71.

чище, чем десяток лет назад. Все это, конечно, весьма отраднo. Но очистительные сооружения пока обходятся очень дорого: на Байкале они составили 25 % от стоимости загрязнявшего озеро завода, а на Щекинском комбинате под Тулой — до 40 %. Ясно, что при таких затратах оборудовать каждое предприятие очистительными устройствами пока невозможно. Еще дороже обошлось бы введение замкнутых циклов в производстве. И тем не менее средства, вкладываемые нашим государством в эти мероприятия, с каждым годом растут и, несомненно, будут расти. Пока же в качестве временного средства предлагается так размещать производственные объекты на территории нашей страны, чтобы их отходы причиняли наименьший вред природе и человеку.

В загрязнении среды немалая роль принадлежит транспорту. Современный автомобиль при пробеге в 900 км расходует столько же кислорода, сколько использует его водитель для дыхания в течение целого года. А ведь уже сегодня по дорогам планеты снуют около 350 млн. автомобилей! Пассажирский же самолет за один трансатлантический рейс расходует 35 тонн кислорода. По подсчетам академика Ф. Ф. Давитая, техника ежегодно извлекает безвозвратно из атмосферы более 10 млрд. тонн кислорода! Допустимо ли дальнейшее бесконтрольное и прогрессирующее расходование кислорода атмосферы? Не задохнется ли человечество когда-нибудь во всемирном смоге, который окутает Землю?

С 1970 г. метеослужба США начала систематическое опробование воздуха в городской, сельской местности и над Мировым океаном, где работают американские исследовательские суда. Пока что тревожные, порой катастрофические, данные поступают с улиц крупных городов и промышленных центров, что же касается сельских районов и океанских просторов, — там деятельность человека, по этим данным, не отражается на составе атмосферы, в том числе и на содержании кислорода. Но эти данные не дают оснований для успокоения: кислород в основном на земном шаре возобновляется в результате жизнедеятельности наземной растительности и, если способы ведения хозяйства останутся прежними, как в западных штатах США или в Австралии, то огромные площади пахотных земель будут

превращаться в бесплодные «черные пустыни», наступит время, когда человечество может стать перед фактом «кислородного голода». И как справедливо заметил один зарубежный эколог, либо люди сделают так, чтобы на Земле стало меньше дыма, либо дым сделает так, что на Земле станет меньше людей.

Радикальное решение проблемы, очевидно, заключается в создании таких средств транспорта и других технических устройств, которые бы не «воровали» кислород из атмосферы, не засоряли бы ее вредными газами и дымом. Электромобили и парокаты (автомобили на паровых двигателях), пневматический транспорт, возрождение дирижаблей на новой технической основе — вот лишь некоторые из возможностей, намечаемых уже сегодня. Пока же в качестве временного средства стараются загрязнение, создаваемое двигателями внутреннего сгорания и реактивными двигателями самолетов, свести к минимуму. Не удастся ли в будущем и для транспорта использовать «растительную» технологию, предложенную академиком Ф. Ф. Давитая?

Раньше при застройке новых районов деревья вырубали безжалостно. Между тем крона большого дерева за час поглощает 2,5 кг углекислого газа — столько, сколько его содержится в 5000 м³ воздуха. Всего 25 м² поверхности листьев за день выделяют столько кислорода, сколько нужно человеку, чтобы прожить сутки. А ведь кроны деревьев содержат сотни тысяч листьев! Значит, срубить дерево — это обеднить атмосферу кислородом, уничтожить дорогостоящий источник его восполнения. Эта тривиальная истина теперь осознана всеми, и градостроительство в нашей стране предусматривает максимальное сохранение естественных растений и создание искусственных насаждений, а ведь растения составляют 99 % массы всего «живого вещества» Земли.

Еще одна характерная черта сегодняшнего состояния экологической проблемы: начинают возрождаться загрязненные ранее водоемы, жизнь возвращается туда, где она была истреблена неразумными действиями человека. Несколько лет назад во время паводка на Москве-реке открыли плотину, пустили мощный вал паводковых вод и промыли грязное дно реки. Ныне у Ленинских гор летом действуют купальни и появилась рыба. Очистительные устройства в ряде случаев достиг-

ли высокого совершенства. Например, Рязанский нефтеперерабатывающий завод спускает в Оку такие промышленные воды, которые чище речной воды. В ряде портов нашей страны успешно действуют суда-губки, которые отсасывают с поверхности моря пленку нефти. Нефть потом отделяют от воды, а очищенную воду снова спускают в море. Значит, техника может «ужиться» с природой и человек способен обогатить биосферу новыми лесами, водоемами, растениями и животными.

В Сингапуре воду выдают по карточкам, в Бари (Италия) за литр ключевой воды платят 70 лир. Но под Сахарой открыто подземное пресное «море», а под Западно-Сибирской низменностью — подземное «водохранилище», по площади лишь в 3 раза меньшее Европы. Огромные запасы нефти и других полезных ископаемых обнаружены под дном в прибрежных районах Мирового океана. Наша планета таит в себе еще колоссальные запасы ценнейших для человека веществ.

Как уже не раз подчеркивалось, экологическая проблема должна решаться глобально¹. Не только в Советском Союзе, но и за рубежом в ряде стран возрождению погубленной природы уделяется серьезное внимание. Наша страна активно участвует во всех международных мероприятиях, связанных с охраной природы, с борьбой против загрязнения среды. В сущности эта борьба преследует единственную цель — постепенное превращение биосферы в ноосферу.

В истории жизни на Земле можно выделить три этапа. Первый из них продолжался до появления человека. Биосфера в ту пору характеризовалась «сбалансированной экологией», т. е. четким саморегулированием, обеспечивающим не только длительное существование живой оболочки Земли, но ее прогрессивное развитие. Второй период характеризуется стихийной деятельностью человека. Бездушное, подчас неразумное и в общем потребительское отношение к природе сделало человека «врагом» по отношению к биосфере. Ныне стало ясно, что «борьба» с природой, «покорение» ее может при некоторых условиях грозить человечеству большими неприятностями. Сейчас на наших глазах начинается третий период — период планового регулирования отношений человека с природой.

¹ Вопросы философии, 1973, № 1, с. 48—70.

От «борьбы» и «покорения» человечество переходит к содружеству с природой, к «вживанию» в биосферу. Процесс этот не простой и далеко еще не во всем нами осознанный. Непредвиденные последствия вмешательства человека в жизнь биосферы показывают, что законы этой жизни мы знаем еще явно недостаточно. Но биосфера постепенно «насыщается» техникой, и человечество приступает к проектированию и созданию своего сбалансированного отношения с природой. Очевидно, что закономерности развития таких отношений не сводятся к законам развития природы. Познание законов взаимосвязи природы и общества, особенностей сочетания биосферы и производства с теми новыми условиями, в которые ставит биосферу человек,— одна из фундаментальных задач естественных и общественных наук.

Только слившись с биосферой в органическом единстве, одухотворив ее своим разумом и техникой, этой «овеществленной силой знания», человечество в глобальных масштабах превратит биосферу в ноосферу. Но это, конечно, будет итогом не только научно-технической, но и социальной революции.



Противоречия века

Было бы глубоко ошибочным представлять себе процесс превращения биосферы в ноосферу как некую мирную и спокойную эволюцию. На самом деле ноосфера рождается в «грозе и буре» — в грозе социальных преобразований, несущих гибель капитализму, и в буре научно-технической революции, рождающей невиданную, непривычную науку и технику будущего. Хотя рождение ноосферы, по глубокому убеждению В. И. Вернадского, процесс исторически закономерный и геологически неизбежный, он, этот процесс, полон противоречивых тенденций, отражающихся прежде всего на главном действующем лице — человеке.

Главным противоречием в мире остаются классовые

противоречия. В наши дни они проявляются в противоречиях двух противоположных систем — социалистической и капиталистической, между трудом и капиталом в капиталистическом мире, а также и в противоречиях между отсталыми в недавнем прошлом колониальными народами и империализмом. Наш век характеризуется также научно-технической революцией, очень быстро, взрывообразно охватившей все стороны человеческой жизни. Научно-техническая революция взломала привычные представления, привычный уклад жизни людей и прежде всего это выражается во все ускоряющемся темпе жизни.

Мы постоянно спешим, нам вечно не хватает времени и эта постоянная спешка порождает напряженность нашей нервной системы, что способствует развитию различных нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. Человек, живущий и работающий в крупном индустриальном городе, испытывает на себе в полной мере загрязнение среды, в том числе и такую форму «загрязнения», как шум — одно из несовершенств современной техники. В обстоятельной монографии Г. И. Косицкого «Цивилизация и сердце»¹ читатель найдет подробный анализ противоречий, возникших между техникой и ее создателем — человеком.

В процессе дальнейшего совершенствования техники, несомненно, удастся устранить не только ее шумовые эффекты (эта частность уже сегодня во многих случаях легко преодолима), но и вообще все вредные воздействия техники на человека. С другой стороны, автоматизация производства постепенно разгрузит человека настолько, что у него окажется достаточно времени для совершенствования своей физической (а не только духовной) культуры. Тем самым хотя бы отчасти отпадут и причины, порождающие сердечно-сосудистые и нервные заболевания. Очищение среды и прогресс медицины принесут победу над раковыми заболеваниями — бичом современного человечества.

Все, что ныне принято называть «злом цивилизации», вызвано не только несовершенством современной техники и наших знаний о взаимоотношении этой техники с живой природой, в частности с человеком, как это пытаются представить некоторые буржуазные

¹ Косицкий И. Г. Цивилизация и сердце. — М.: Наука, 1971.

идеологи, но в огромной степени причинами социально-психологическими, порожденными бесчеловечием капиталистической системы. Не случайно в странах социалистической системы социально-психологические последствия научно-технической революции («травма цивилизации», как одно время было принято их называть) сказываются значительно слабее, чем в странах капиталистических. Короче говоря, коммунистический идеал гармоничного человека, сочетающего в себе духовное и физическое совершенство, может быть достигнут не возвратом в прошлое, не отказом от цивилизации, как призывают на Западе некоторые обыватели от идеологии, а наоборот, в процессе дальнейшего совершенствования науки и техники. Противоречие между человеком и техникой отнюдь не антагонистично. Оно временно и связано лишь с тем переломным в социальном и научно-техническом отношении периодом в истории человечества, который мы переживаем.

За рубежом широко распространены мрачные прогнозы о грядущем катастрофическом перенаселении Земли, о переживаемом ныне «демографическом взрыве», последствия которого якобы грозят человечеству неисчислимыми бедствиями. Слово «демография» в буквальном переводе с греческого языка означает «народоописание». Так именуется наука, которая на основании анализа социальных, экономических, географических и биологических факторов изучает структуру, размещение и динамику населения как отдельных стран, так и всего земного шара в целом. В нашу задачу не входит разбор методов демографии. Нас будут интересовать лишь конечные результаты, полученные этой наукой, т. е. прежде всего факты, касающиеся населения Земли и его роста.

С той поры, как человек выделился из животного мира в качестве отдельного биологического вида, очень долгое время общее население всей Земли вряд ли превышало несколько миллионов человек. Положение оставалось почти стабильным миллион или даже более лет, так как рождаемость и смертность среди населения нашей планеты численно почти компенсировали друг друга. Примерно 9—10 тыс. лет назад возникли сельское хозяйство и скотоводство. Они изменили условия жизни человека, улучшился его быт и постепенно население Земли стало увеличиваться. В начале нашей эры на всей

Земле обитало примерно 300 млн. человек. Численность человечества удвоилась только к началу XVII столетия. А затем темпы прироста населения стали быстро нарастать. Уже к 1830 г. на Земле обитал 1 млрд. человек. Спустя 70 лет, к 1900 г. население нашей планеты увеличилось в 1,7 раза, а в 1960 г. оно уже превысило 3 млрд. человек. К 1990 г. количество землян должно достичь 6 млрд.

Характерно, что быстро увеличивается не только население Земли, но и сам темп прироста населения. Если в Древнем Египте население удваивалось за тысячи лет (т. е. практически оставалось стабильным), то в новейшее время (с 1800 по 1930 г.) население Земли удвоилось за 130 лет. Сегодня же «период удвоения», как считают, сократился до 35 лет. Иначе говоря, на наших глазах происходит резкое, взрывообразное увеличение населения Земли. Этот бурный стихийный в своей основе процесс и получил образное наименование «демографического взрыва», и реальность его признается всеми демографами. Другое дело — прогнозы причин этого «взрыва» и последствий, к которым может привести «демографический взрыв», его социально-политическая оценка. Здесь позиции советских и некоторых зарубежных демографов расходятся весьма сильно.

В математике рассматривается так называемый закон естественного роста, когда скорость прироста какой-нибудь величины пропорциональна значению этой величины в данный момент времени. Решив несложное дифференциальное уравнение, можно получить график естественного роста изучаемой величины. Он представляет собой кривую, называемую экспонентой. Так как демографический взрыв подчиняется закону естественного роста, можно с помощью этого закона подсчитать, каково будет население Земли в близком и отдаленном будущем. Эти подсчеты приводят к парадоксальным результатам. Допустим, что впредь население Земли будет удваиваться каждые 50 лет (на самом деле уже сегодня срок удвоения значительно меньше). Тогда очевидно, что через 500 лет численность человечества возрастет в 2^{10} , т. е. более чем в 1000 раз, а через 1000 лет — более чем в 1 000 000 раз. Это означает, что спустя десять веков на Земле станет так тесно, что на каждом квадратном метре суши должно будет разместиться 23 человека! Если же учесть неуклонное

уменьшение «периода удвоения», то теоретически получается, что всего через 1500 лет общая масса человеческих тел может превысить массу земного шара! Совершенно очевидно, что этот формально сделанный подсчет вовсе не означает, что на самом деле когда-нибудь на Земле реально возникнет подобная ситуация¹.

Но не приведет ли все-таки демографический взрыв когда-нибудь к перенаселению Земли, о чем еще в 1799 г. писал священник англиканской церкви Т. Мальтус? Печально знаменитый закон Мальтуса гласит: если нет сдерживающих факторов, то народонаселение увеличивается в геометрической прогрессии, тогда как средства существования возрастают лишь в арифметической прогрессии. Отсюда Мальтус и его последователи делают вывод о неизбежном катастрофическом обнищании человечества, которое рано или поздно будет задушено костлявой рукой голода. Некоторые же из мальтузианцев видели выход в опустошительных войнах, снижающих темпы прироста человечества. Правда, последний человеконенавистнический тезис в наши дни выдвигается все реже и реже: ведь в настоящее время ежегодный прирост населения земного шара значительно превосходит общие потери во второй мировой войне, самой кровопролитной из всех войн. Главное же утверждение современных неомальтузианцев о том, что демографический взрыв служит основным источником общественных бедствий, защищается ими и сегодня не менее убежденно, чем в прошлом.

Прежде всего отметим, что соотношение между темпами роста населения и производством средств существования не есть нечто неизменное, раз навсегда данное. Оно зависит от уровня развития производства, от общественно-политического строя в данной стране. От социально-экономических условий в первую очередь за-

¹ Подобные расчеты еще проще опровергаются анализом причин роста населения, чем абстрактными рассуждениями об абсурдности цифр. Западные прогнозисты не учитывали, что основная масса прироста населения происходит не за счет прогрессирующего увеличения рождаемости, а за счет резкого падения детской смертности и увеличения среднестатистической продолжительности жизни. Если это учесть, то естественный прирост населения не соответствует экспоненте. Наоборот, в развитых странах рождаемость падает в таких пределах, что демографы высказывают беспокойство по поводу воспроизводства населения.

висят динамика роста населения и производство средств потребления. «Для мальтузианцев виновник голода и нищеты — чрезмерный рост населения, для марксистов — отживший социальный строй, недостаточное развитие производства. Первые считают панацеей от всех социальных бедствий сокращение рождаемости, вторые видят главное средство решения острейших социальных проблем современности в преобразовании капиталистического строя в социалистический¹.

Эти общие положения нетрудно проиллюстрировать конкретными фактами. Сегодня для развитых капиталистических стран характерны невысокая рождаемость, довольно низкая смертность, небольшой или средний годовой прирост населения (около 1—2 %). При значительной средней продолжительности жизни (от 65 до 73 лет) смена поколений в этих странах происходит медленно. Иная картина наблюдается в большинстве развивающихся стран Азии, Африки и Латинской Америки. При высокой рождаемости и значительной смертности годовой прирост составляет 3—4 %. Средняя продолжительность жизни вдвое меньше, чем в развитых странах, и потому поколения быстро сменяют друг друга. Именно в этих частях земного шара наиболее полно выражается враждебная человечеству роль капитализма, следствием чего являются экономическая отсталость, колониальная структура хозяйства, эксплуатация отсталых стран более развитыми империалистическими государствами. В результате треть современного человечества голодает. Но повинен в этом не демографический взрыв, а социально-экономическая и политическая обстановка, сложившаяся в большинстве развивающихся стран.

Наоборот, в странах социалистических, в условиях быстро технического прогресса, рост производства средств существования значительно обгоняет темпы роста населения. В такой ситуации все увеличивающийся прирост населения вовсе не грозит обнищанием, так как производство средств существования на душу населения также непрерывно возрастает. Задача, следовательно, состоит в том, чтобы и для всего человечества темпы роста производства всегда превышали темпы

¹ Основы марксистско-ленинской философии.— М.: Политиздат, 1973, с. 249.

роста населения. Тогда так называемый демографический взрыв не будет угрожать человечеству.

К концу текущего века, т. е. к 2000 г., население Земли, как полагают, увеличится до 6—7 млрд. человек. Однако даже при современном уровне сельскохозяйственной техники и максимальном использовании природных ресурсов это число надо увеличить по меньшей мере в 6 раз.

И все-таки, как считают многие исследователи, демографический взрыв, ныне никем не управляемый, рано или поздно поставит перед человечеством задачу регуляции народонаселения. Это, как полагают, совершенно неизбежно. Не исключено, правда, что прирост человечества замедлится вследствие его саморегуляции согласно законам воспроизводства вида.

Статистики подсчитали, что за последние 5559 лет народы Земли перенесли 14 513 войн. Они поглотили 3 млрд. 640 млн. человеческих жизней — примерно столько же людей, сколько сегодня живет на нашей планете. За последние 3500 лет в общей сложности лишь 300 лет прошли без войн. В остальные же годы в кровопролитных сражениях погибли тысячи людей. В период первой мировой войны убито 10 млн. человек, вдвое больше людей было искалечено, а миллионы погибли от голода и эпидемий. Жертв первой мировой войны оказалось столько же, сколько погибло людей во время всех европейских войн на протяжении последней тысячи лет. Во второй мировой войне потеряно 50 млн. человек, из которых 20 млн. приходится на долю Советского Союза. Десятки миллионов людей были ранены и изувечены. Только на территории нашей страны гитлеровцы уничтожили 1710 городов и поселков, более 70 тыс. сел и деревень.

В отличие от пацифистов, безусловно отрицающих любые войны, коммунисты, осуждая войны как историческое явление, порожденное эксплуататорским строем, различают войны справедливые и несправедливые. Агрессивные, захватнические войны, ведущиеся эксплуататорскими классами с целью захвата чужих территорий и подавления революционных движений, осуждаются марксизмом-ленинизмом как несправедливые. И наоборот, писал В. И. Ленин: «Социалисты всегда становятся на сторону угнетенных и, следовательно, они не могут быть противниками войн, целью которых яв-

ляется демократическая или социалистическая борьба против угнетения»¹.

За рубежом распространено представление, что источник международной напряженности и угрозы термоядерной войны — разрыв между высоким научно-техническим уровнем современного человечества и его моральной, а также социальной незрелостью. На самом же деле главным виновником опасного балансирования на грани войны является современный империализм, поставивший науку и технику на службу своей агрессивной политике. Этот тезис подтверждается всей историей развития ядерных вооружений с 1945 г. Им, и только им можно объяснить то сложное международное положение, которое в случае развязывания империалистами термоядерной войны грозило бы человечеству неисчислимыми бедствиями.

6 августа 1945 г. на Хиросиму, город с населением около 450 тыс. человек, американские летчики сбросили первую атомную бомбу. Три дня спустя подобная же бомба была сброшена на Нагасаки. По сегодняшним возможностям ядерного оружия эти первые атомные бомбы были «небольшие», эквивалентные каждая 20 тыс. тонн тринитротолуола. Но они сразу же убили 170 тыс. человек и примерно столько же людей искалечили. Тысячи людей получили при взрыве опасную дозу облучения и общее число жертв первой атомной бомбардировки по всей Японии превысило 200 тыс. человек². Это массовое уничтожение японцев не диктовалось военной необходимостью. После разгрома советскими войсками Квантунской армии Япония и без атомной бомбардировки стояла на грани капитуляции. Но Г. Трумэну, приказавшему сбросить атомные бомбы на Японию, хотелось продемонстрировать силу. Так было положено начало пресловутой «политике устрашения», направленной в основном против Советского Союза. Попытки запугать Советский Союз и диктовать ему свои условия с позиции силы окончились, как известно, полным крахом. Последовательно и неуклонно проводя борьбу за запрещение ядерного оружия и всеобщее разоружение, наша страна была вынуждена в реаль-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 30, с. 262.

² Подробнее см. Мацуда Х., Хаяси К. Ядерное оружие и человек. — М.: Воениздат, 1959.

но сложившейся международной обстановке принять меры, способные обуздать любого агрессора. Ядерная монополия США навсегда отошла в прошлое.

Затраты на вооружение тяжким бременем ложатся на плечи народов, тогда как эти огромные средства могли бы быть использованы на благо человечества, в первую очередь на решение экологической проблемы. Прекращение войн и В. И. Вернадский считал первым проявлением глобального перехода к ноосфере. В решении этой важнейшей задачи, стоящей перед современным человечеством, по мнению В. И. Вернадского, решающую роль сыграют народные массы и научное знание. Победа над фашизмом во второй мировой войне расценивалась им как перелом в истории человечества, как начало новой эры, когда войны неизбежно должны будут исчезнуть с нашей планеты. То, что этого не случилось,— вина исключительно империалистических государств.

В атмосфере Земли, на ее поверхности и под водой уже взорвано несколько сотен атомных и термоядерных бомб. Выяснилось, что где бы в атмосфере ни был произведен атомный или термоядерный взрыв, его радиоактивные продукты распада равномерно распределяются во всей земной атмосфере в течение года. Вместе с осадками они выпадали в почвы, из почв поглощались растениями, а затем животными и людьми. Если подобные ядерные испытания будут продолжаться, это всеобщее радиоактивное заражение может достичь таких масштабов, при которых человечеству грозит генетическое вырождение.

В зарубежной литературе много раз обсуждались (и обсуждаются) последствия термоядерной войны, если бы все-таки она когда-нибудь возникла. В очень содержательной эмоционально написанной книге выдающегося борца за мир американского физика Л. Полинга «Не бывать войне» (1960 г.) подробно описывается воображаемый ход термоядерной войны между США и Советским Союзом. По теоретическим подсчетам американских специалистов, уже в первый день войны обмен ядерными ударами уничтожил бы десятки миллионов людей, а общее число жертв такой войны было бы близко к 1 млрд. человек. Конечно, все эти оценки достаточно произвольны, к тому же сегодня они, разумеется, устарели и их можно считать, вероятно, зани-

женными: совершенствование средств уничтожения с 1960 г. не прекратилось. К тому же в приведенных оценках не учитываются жертвы радиоактивного заражения, а их число должно быть очень значительным. Более того, по мнению Л. Полинга, существует реальная возможность того, что ядерная война настолько изменит общую массу человеческой зародышевой плазмы, что человек как известный нам вид не сохранится.

Как ни сокрушительны взрывы водородных бомб, в арсенале средств массового уничтожения людей есть оружие и пострашнее. Это бактериологическое и химическое оружие. Оно сравнительно дешево, а эффект его действия куда больше, чем у самой мощной из испытанных водородных бомб. Например, по данным зарубежной печати, 250 кг смертоносных микробов могут заразить площадь в 6 тыс. км². Ядерная бомба мощностью 20 мега-тонн произвела бы эффект примерно в 15 раз меньший. Словом, человечество располагает сегодня богатым арсеналом средств для самоуничтожения. Поэтому огромное значение могла бы иметь конвенция о запрещении бактериологического и токсического оружия. За принятие такой конвенции всеми странами борются Советский Союз, другие социалистические страны и все прогрессивное человечество.



Научная мысль как планетное явление

Название этой главы совпадает с наименованием одной из работ В. И. Вернадского¹. Написана она была в 1938 г. и в ней автор дал краткий очерк развития производственной деятельности человека. Главная же идея этой работы В. И. Вернадского заключается в том, что наука, на заре истории человечества почти не игравшая никакой существенной роли, в настоящую эпоху превратилась в великую производительную силу, в ту силу человеческого разума, которой в первую очередь

¹ Опубликовано издательством «Мысль» в 1980 г.

определяется формирование на нашей планете ноосферы. Учение о роли науки в развитии производительных сил общества, как известно, впервые было разработано К. Марксом и Ф. Энгельсом. «Путем глубокого научного исследования экономических явлений,— писал В. И. Вернадский,— Маркс и Энгельс — главным образом К. Маркс — выявляли глубочайшее социальное значение научной мысли, которое философски интуитивно выявлялось из предшествующих исканий утопического социализма...»¹. В своих дневниках он подчеркивал: «Маркс ясно видел, что мысль человека создает производительную силу. Еще больше и глубже это проявится в ноосфере». (Дневниковые записи, 1941—1943).

Наука — это система знаний о мире. Объектом научного познания может быть все реально существующее, т. е. все процессы, происходящие в природе и в общественной жизни. Познание законов, управляющих этими процессами, и применение этих законов в практической деятельности человека — основная задача науки. Уже в древнем мире наука удовлетворяла некоторым практическим нуждам человечества (например, предсказание по звездам времени разлива Нила) и, собственно, эти нужды вызвали зарождение астрономии, математики и других наук. В докапиталистических формациях наука развивалась медленно, что было вызвано застойностью производства. Эпоха Возрождения ознаменовала начало бурного развития естествознания, общественно-политических наук и философии. В наши дни наука превратилась поистине в силу планетарного масштаба. Вся практическая деятельность человечества, заметно меняющая окружающую среду, основана на науке, научном знании. Научная мысль лежит и в основе научных теорий общественного развития — учения о капитализме, социализме и коммунизме. Наука изменяет не только среду обитания человека, но и его социальное бытие.

Всего сто лет назад во всем мире насчитывалось несколько десятков тысяч ученых, сейчас их миллионы. Современное производство, современная техника немыслимы без науки, и в основе научно-технической

¹ *Вернадский В. И.* Научная мысль как планетное явление.— М.: Мысль, 1980.

революции лежит научная мысль, научное знание. Было бы большой ошибкой недооценивать высокий уровень развития науки в такой, например, капиталистической стране, как США. Но в условиях капитализма двигателем научного прогресса по-прежнему остаются прибыль, конкурентная борьба и все то, что связано с частной собственностью на средства производства. Ясно, что при капитализме наука далеко не всегда служит великой цели — созданию ноосферы. Лишь в условиях социализма и тем более коммунизма научная мысль в полной мере служит интересам человеческого общества, становится созидающей ноосферу производительной силой. Разумеется, прогресс науки и техники идет параллельно с совершенствованием самого человека, созданием гармонического человека будущего. Научно-техническая революция ознаменовалась прежде всего революцией в научной информации. Именно научная мысль, научная информация, т. е. знания об окружающем нас мире, в наши дни стали «основным капиталом» человеческого общества. Казалось бы, чем больше знает человек, тем лучше. На самом деле вопрос о ценности научного знания не решается так прямолинейно и в развитии современной науки наблюдаются серьезные, хотя и преодолимые, противоречия. Накопление научных знаний в наши дни подчиняется закону естественного роста, т. е. графически может быть изображено экспонентой. С этой кривой мы уже встречались, когда говорили о демографическом взрыве. Посмотрим, как выглядит «естественный рост» научной информации в наши дни и к каким последствиям этот рост приведет¹.

В период переживаемой нами научно-технической революции необычайно усилилось движение от науки к производству, но в этом процессе действует и обратная связь. Техника, эта «овеществленная сила знания», развиваясь, увеличивает поток научной информации об окружающем нас мире и о нас самих. Казалось бы, повторяем, в этом нет ничего плохого: чем больше знает человек и чем эффективнее он внедряет научные знания в практику, тем лучше. Ведь такое развитие со временем должно привести к тому, что наука займет веду-

¹ Подробнее см. *Волков Г. Н. Социология науки.* — М.: Мысль, 1968.

щее место во всей системе общественного сознания и будет оказывать решающее влияние на общественное бытие. Но на пути к такому будущему перед человечеством возникло серьезное препятствие, именуемое информационным взрывом. Речь идет о лавине информации, обрушивающейся на нас, — лавине, угрожающей человечеству большими неприятностями, если мы не сумеем овладеть ею и направить в должное русло.

За последние 25 лет во всем мире было издано 300 млн. книг, т. е. столько же, сколько их было опубликовано на протяжении последних пяти столетий. Мировой ежегодный информационный поток выражается сегодня в 7 млрд. страниц печатного текста. Ежедневно в мире появляется не менее тысячи названий новых книг. Вместе с общим лавинообразным ростом печатной продукции растет и поток научной литературы. В начале прошлого века во всем мире издавалось 100 научных журналов, в 1850 г. — около 1 тыс., в начале нашего века — около 10 тыс., в 1950 г. — около 100 тыс. Если темпы прироста не снизятся (а скорее всего, они увеличатся), то к 2000 г. в мире будет издаваться около 1 млн. названий научных журналов. Характерно положение и с публикацией научных работ. Еще к 60-м годам текущего столетия во всем мире насчитывалось примерно 100 млн. названий печатных научных работ, в том числе 30 млн. книг и 13 млн. патентов и авторских свидетельств. Сегодня ежегодно публикуется 4 млн. научных статей, т. е. в среднем 100 печатных листов в день на одного специалиста. К 2000 г. все эти показатели возрастут не менее чем в 30 раз.

Население Земли в переживаемую нами эпоху удваивается каждые 30—35 лет. Общий же информационный поток удваивается каждые 10 лет, а в области физико-математических наук — каждые 2—2,5 года. За этим стремительным ростом пытается угнаться (но пока что безуспешно) и непрерывно растущая армия ученых¹. Сейчас на Земле насчитывается 5—6 млн. ученых и инженеров-исследователей. Любопытно, что чис-

¹ В данном случае демонстрируется чисто статистический подход к решению проблемы, к сожалению, широко ныне распространенный. Безусловно, поток информации резко возрос и растет хотя и не столь равномерно. Но суть проблемы не в росте информации как таковой, а в том, насколько поток этой информации полезен и как найти в этом потоке нужную информацию.

ло выдающихся физиков удваивается каждые 20 лет, тогда как число инженеров-исследователей — каждые 70 лет. В целом ежегодный прирост научных кадров отстает от прироста научной информации и похоже на то, что в ближайшие десятилетия (если не годы) этот разрыв увеличится.

И еще два парадокса. Удвоение научной информации за несколько лет означает, что за ближайшие годы человечество узнает о мире и о себе столько же, сколько оно узнало за все предшествующие века становления науки. Иначе говоря, «плотность» научных открытий возросла необычайно и никаких признаков «исчерпания» природы, разумеется, незаметно, так как природа бесконечно сложна во всех своих проявлениях. Кстати сказать, за каждый период удвоения научных знаний должны быть открыты не только множество «второстепенных» научных истин, но и принципиально новые явления природы и новые ее законы! Поражает наше воображение и тот факт, что 90 % из всех когда-либо живших ученых являются нашими современниками. И число их со временем должно возрасти.

В чем же опасность сложившейся ситуации? Чем грозит человечеству информационный взрыв? ¹. Давно уже известно, что в современной науке подчас проще самому выполнить какое-нибудь новое научное исследование, чем выяснить, не сделал ли уже кто-нибудь другой подобную работу. Океан научной информации, заключенной в книгах и журналах, стал настолько необъятным, что например, в фондах Государственной библиотеки имени В. И. Ленина хранятся миллионы названий книг, никогда не затребованных ни одним читателем. Самоочевидность известного афоризма Козьмы Пруткова «нельзя объять необъятное» приводит к быстро увеличивающейся специализации научных работников. Эта узость специализации чревата опасностью прежде всего для научного работника: он перестает ориентироваться хотя бы даже в смежных областях науки, без чего полноценное научное творчество вряд ли возможно. Однако и слишком большая широта интересов и занятий ученого грозит превратить его в дилетанта, который в предельном случае будет знать

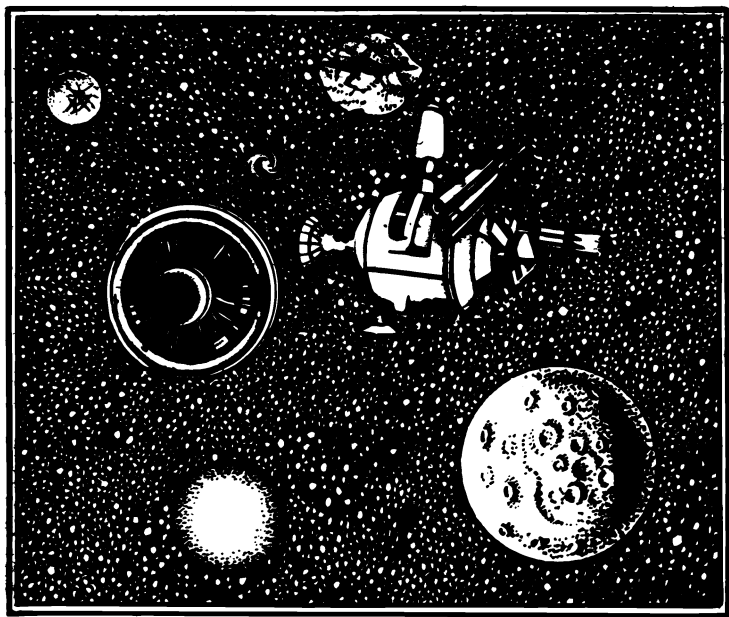
¹ См. *Барашенков В. С.* Существуют ли границы науки? — М.: Мысль, 1982.

«ничего обо всем». Получается ситуация, при которой в любом положении ощущается неудобство. Оптимальное решение, очевидно, заключается в разумном сочетании глубоких познаний в специальной области с достаточно широкой общей эрудицией. Но с ростом потока научной информации достижение такого идеала становится все более и более трудным.

Путь от научного открытия к внедрению этого открытия в производство уже сегодня нелегок. Несовершенна еще пока научная организация труда, громоздка и неповоротлива вся система науки. Отсюда задержка в реализации научных достижений, дублирование научных работ и многое другое, о чем написано немало хороших книг¹. Информационная лавина обрушивается на нас повсюду. Но далеко не всегда мы находим в ней действительно нужные для нас знания. Как известно было еще древним, «многознание уму не научает». Мы же подчас совсем не заботимся о качественном отборе воспринимаемой нами информации.

Цивилизация, захлебнувшаяся в потоке добываемой ею информации, представляет собой жалкое зрелище. Это даже не маховик, крутящийся вхолостую, а затормаживающееся колесо. Знания из силы превращаются в обузу, грозящую регрессом, катастрофой. Что может быть трагичнее такой ситуации? При существующих соотношениях между приростом информации и приростом технического могущества, когда первое обгоняет второе, «информационный тупик» оказывается неизбежным. Как же можно все-таки его преодолеть, как спастись от информационного взрыва? Информационный взрыв в ближайшее время будет главным образом преодолен развитием и совершенствованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ), этих усилителей человеческого интеллекта. Прирост производства ЭВМ исключительно высок (40 % в год) и они очень быстро совершенствуются от поколения к поколению. Параллельно бурно развиваются и средства связи, что, конечно, улучшает обмен информацией, необходимый для прогресса науки и техники.

¹ См., например, *Веников В. А., Новик И. Б. Прометей в XX веке.* — М.: Мысль, 1970.



ОТ ПЛАНЕТ ДО ПЫЛИ

В Солнечную систему входит Солнце, 9 больших планет вместе с их 34 спутниками, более 100 000 малых планет, порядка 10^{11} комет, а также бесчисленное количество мелких, так называемых метеорных тел поперечником от 100 м до ничтожно малых пылинок.

Энциклопедический словарь
юного астронома, 1980 г.

Земля возглавляет группу из четырех планет (Земля, Венера, Марс, Меркурий), которой присвоено наименование «планеты земного типа». Этот термин может создать ложное впечатление, что физическая природа всех четырех планет близка. Лишь космонавтика в полной мере убедила нас в обратном. При некотором сходстве внутреннего строения, жизненный путь этих планет оказался совсем различным. Он привел к тому, что обстановка на поверхности всех четырех планет поражает нас скорее своими контрастами, чем сходством.

Еще меньше общего с нашей планетой мы найдем в Плутоне, Луне, спутниках других планет и, конечно,

в астероидах, или малых планетах, среди которых встречаются тела от 1000 км в диаметре до мельчайшей пыли. Пожалуй, только одна черта объединяет все эти объекты — они принадлежат к миру твердого вещества, где в принципе возможно существование органической жизни.



Земля извне

Трудно описать чувство первых космонавтов, увидевших свою родную планету извне. Впрочем, в таких описаниях нет нужды — каждый может снова посмотреть воспоминания Ю. А. Гагарина и его последователей. Большинство пилотируемых полетов происходило, да и происходит в пределах земной атмосферы, следы которой сходят на нет лишь на высоте около 2000 км. Лишь первые посетители Луны в 1969 г. впервые смогли увидеть нашу голубую планету в виде сравнительно небольшого шара на фоне звездного неба.

С высоты в несколько сотен километров на поверхности Земли видно множество подробностей, особенно хорошо различимы детали рельефа, что помогло решить ряд геологических проблем и помочь поискам полезных ископаемых. Трудно переоценить роль околоземных полетов в метеорологии, гидрологии и других науках, изучающих Землю. Практический «выход», который дала космонавтика, уже давно превзошел все затраты на ее создание. Подробности обо всем этом читатель найдет в интересной монографии С. С. Шульца «Земля из космоса»¹.

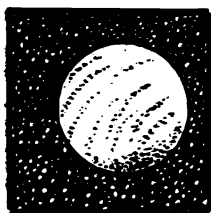
С околоземных орбит легко различимы следы деятельности человека, как полезной, так и вредной, засоряющей, уничтожающей биосферу. Достаточно напомнить, что сегодня каждую минуту на нужды промышленности уничтожается 50 га леса! Все это заметно с околоземных космических кораблей. Видны на сним-

¹ Шульц С. С. Земля из космоса.— М.: Недра, 1984.

ках и места хранения отходов — хвостохранилища горно-обогачительных комбинатов. Хорошо различимы, конечно, и города, особенно крупные, и даже археологические объекты типа мегалитических руин Стоунхенджа. Словом, тот факт, что Земля обитаема, с околоземных орбит в буквальном смысле очевиден. Гораздо труднее различить следы человечества с Луны. Для этого невооруженный глаз недостаточен и требуется телескоп средних размеров. Еще труднее доказать обитаемость Земли с других планет Солнечной системы.

Лучше всего Земля видна с Венеры. Наша планета сияет оттуда как светило — 6,6 звездной величины, что в 6 раз ярче Венеры на земном небе. На черном фоне ночного звездного неба наша планета выглядит ослепительно яркой, великолепной голубой звездой. Вряд ли стоит говорить, что для изучения деталей ее поверхности потребовался бы крупный телескоп, да и с его помощью доказать реальность землян было бы нелегко. С Меркурия Земля выглядит менее яркой и не такой эффектной. Тем более это относится к Марсу, на небе которого Земля временами появляется в качестве вечерней или утренней звезды, по блеску в 5 раз уступающей Венере на небе Земли. Если бы существовали марсиане, вероятно, реальность землян для них была бы предметом многолетних дискуссий. На небе Юпитера отыскать Землю было бы нелегко — она там отходит от Солнца очень недалеко и рассмотреть в телескоп эту слабенькую звездочку 8-й звездной величины можно лишь иногда в сумерках, и то с большим трудом. Невооруженному глазу Земля с Юпитера попросту недоступна. Тем более неразличима Земля с более удаленных планет (Сатурна, Урана, Нептуна, Плутона). Даже самые современные средства исследования вряд ли были бы способны обнаружить Землю в лучах Солнца.

Никто, конечно, такие задачи и не ставит. В Солнечной системе мы, повторяем, одиноки и братьев по разуму следует искать лишь в звездном мире, т. е. в недоступной воображению удаленности от Земли. Нам, погруженным в кипучую земную жизнь, обманчиво представляется, что наши земные дела имеют чуть ли не космическое значение. Астрономия приучает нас к скромности. Но вместе с тем и к тому бесспорному факту, что наша удивительная обитаемая планета есть, по-видимому, большая редкость во Вселенной.



Мнимый двойник Земли

В последнем дореволюционном издании «Популярной астрономии» (1913 г.) К. Фламарион о Венере писал следующее: «Единственное научное заключение, какое мы могли бы вывести из астрономических наблюдений, будет то, что этот мир отличается немного от нашего. Его растительность, животный мир и человечество должны несколько отличаться от тех же представителей органической жизни на Земле».

Радиус Венеры составляет 0,95 радиуса Земли, а масса — 0,82 земной массы. С 1761 г. благодаря М. В. Ломоносову стало известно, что Венера «окружена знатной воздушной атмосферой, таковою, если не большей, какова отливается вокруг нашего шара земного». Все эти факты надолго утвердили в астрономии представление о Венере, как двойнике Земли, где обстановка лишь несколько отличается от земной.

Исследования во второй половине XX века не оставили камня на камне от этих наивных иллюзий. Особенно помогли космические аппараты, в первую очередь советские «Венера», подробно изучающие соседнюю планету с 1961 г. Оказалось, что на Венере все необычно, начиная с ее вращения и смены суток. Ось вращения Венеры почти перпендикулярна к плоскости ее орбиты, а вращается планета не так, как Земля, а в обратном направлении, с востока на запад, завершая полный оборот за 243 земных суток. Этот промежуток времени меньше венерианского года (225 земных суток), что приводит к тому, что каждый раз, оказываясь между Землей и Солнцем, Венера повернута к нам одним и тем же полушарием. Когда-то это обстоятельство породило впечатление, что Венера вообще не вращается вокруг своей оси.

В отличие от Земли, основу венерианской атмосферы составляет углекислый газ (97 %). Есть там азот (2 %), совсем немного кислорода (0,01 %) и водяных паров (0,05 %). Эта удушающая атмосфера действительно

«знатна» и очень плотна. У поверхности Венеры она в 70 раз плотнее воздуха у поверхности Земли. Давление там достигает 9,5 МПа, а температура близка к 480° С.

Эти числа поражают наше воображение и нам трудно наглядно представить себе, ощутить условия венерианского «ада». Понятно, почему там так жарко и сухо — Венера на 43 млн. км ближе к Солнцу, чем Земля, а ее атмосфера из углекислого газа легко пропускает видимые солнечные лучи, но прочно задерживает тепло, исходящее от поверхности планеты. Иначе говоря, экзотическая атмосфера Венеры играет роль пухового одеяла и создает мощный парниковый эффект. Стоит добавить, что на высоте 50—70 км Венеру окутывает слой тумана из капелек серной кислоты.

Хотя небо Венеры постоянно покрыто облаками, освещенность на ее поверхности соответствует тому, что у нас наблюдается в заурядный облачный день. Но окраска неба необычна: так как плотная атмосфера Венеры поглощает все коротковолновое излучение, облачное венерианское небо не серое или голубоватое, а ярко-оранжевое. Добавьте к этому мощные грозовые разряды, которые совсем не редкость на Венере, сильные ветры (до 140 м/с), бегущие облака из капелек серной кислоты и хлористых соединений над головой, и тогда Вы представите, что увидел бы космонавт, высадившийся на поверхность Венеры.

Под его ногами скорее всего была бы твердая почва — океанов на Венере нет, но зато, по-видимому, есть немало действующих вулканов. Облик поверхности равнинных районов Венеры легко представить себе по тем фотографиям, которые передали на Землю автоматические станции «Венера» и другие. На них видны каменные плиты, покрытые осыпью бурого песчаника. Химический анализ показал, что грунт Венеры напоминает земные базальты. Радиолокация позволила сквозь облачный покров Венеры детально изучить ее рельеф. Оказалось, что поверхность планеты значительно сглажена по сравнению с поверхностью Земли. Однако на Венере есть горные хребты, кольцевые горы, кратеры, вулканы, а также равнины, низменности и разломы. Горные районы занимают примерно 8 % поверхности Венеры, причем высота гор не превышает 8 км. Большая часть поверхности Венеры — холмистые равнины и

обширные низменности. Среди кольцевых гор как вулканы, так и кратеры метеоритного происхождения. Размеры больших кратеров заключены в пределах от 30 до 60 км при глубине несколько сотен метров. Обнаружен исполинский вулканический кратер диаметром 2600 км, правда, очень неглубокий (до 700 м). В районе экватора Венеры найден громадный разлом длиной 1500 км и шириной 150 км при глубине около 2 км. Эта деталь рельефа несомненно свидетельствует о мощных тектонических процессах в недрах Венеры.

Судя по наиболее достоверным моделям, внутренняя структура Венеры аналогична земной (рис. 13).

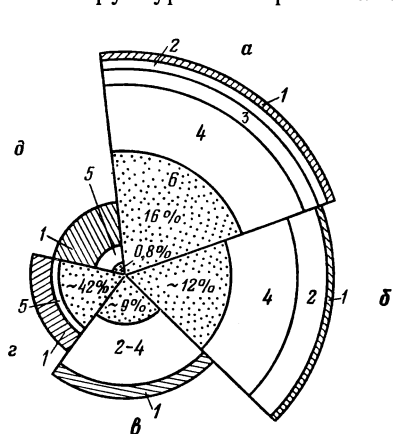


Рис. 13. Модели внутреннего строения планет (относительная масса оболочек, %).

а — Земля, б — Венера; в — Марс; г — Меркурий; д — Луна; 1 — литосфера; 2 — верхняя; 3 — средняя; 4 — нижняя, 5 — астеносфера; 6 — ядро.

Имеется жидкое железное ядро радиусом 2900 км. Оно создает слабое магнитное поле, в 3000 раз уступающее по напряженности геомагнитному полю. Эта малая напряженность вполне объяснима — вспомните, как медленно вращается Венера вокруг своей оси. Между литосферой Венеры толщиной около 100 км и ядром простирается мантия, которую условно делят на нижнюю и верхнюю. Судя по всему, их состав мало отличается от состава соответствующих геосфер. Сходны и теп-

ловые потоки из недр Венеры и Земли к их поверхностям. Чем же тогда вызвано резкое различие обстановки на поверхностях этих планет? Из-за близости к Солнцу на Венере, по-видимому, всегда было слишком жарко для зарождения жизни. Поэтому там никогда не было растений, которые для своего питания «выкачивают» углекислый газ из атмосферы и насыщают ее кислородом. Именно это случилось на Земле и не могло произойти на Венере. Вместо полной жизни получился гипертрофированный вариант дантова ада.

При большом внутреннем сходстве Земли и Венеры их внешние различия никак не позволяют считать эти планеты двойниками.



Планета рухнувших надежд

Когда в 1965 г. американская станция «Маринер-4» с близкого расстояния впервые получила снимки Марса, эти фотографии вызвали сенсацию. Астрономы готовы были увидеть что угодно, но только не лунный ландшафт. Один известный пулковский астроном даже звонил в редакции газет, чтобы проверить, не спутали ли газетчики Луну с Марсом. Увы, типичный лунный ландшафт принадлежал знаменитой Красной планете. Именно на Марс возлагали особые надежды те, кто хотел найти жизнь в космосе. Но эти чаяния не оправдались — Марс оказался безжизненным.

По современным данным, эта планета, вдвое по диаметру уступающая Земле, в 10 раз легче земного шара. Тем не менее ее масса все же достаточна для удержания атмосферы и это было известно уже давно. Сутки на Марсе почти равны земным (24 ч 37 мин) и наклон его оси к плоскости орбиты почти такой же, как у Земли (около 25°). Отсюда следует, что на Марсе есть смена времен года, хотя его продолжительность близка к 687 земным суткам. Это сходство заставляло предполагать, что и в остальном Марс подобен Земле и ряд выдающихся астрономов (Дж. Скиапарелли, П. Ловелл, Г. А. Тихов и др.) рисовали соблазнительные картины живого мира, зашедшего в своем развитии дальше Земли. Идеи о населенности Марса и его знаменитых каналах оказались весьма популярными и споры о марсианах растянулись почти на век.

Однако, суровая действительность внесла свои коррективы. Вместо земноподобной атмосферы оказалось, что Марс окружен удушливой разреженной газовой оболочкой, на 95 % состоящей из углекислого газа.

В качестве незначительных примесей в ней присутствуют азот (2,5 %), аргон (не более 2 %), кислород (0,3 %) и водяные пары (0,1 %). Даже у поверхности Марса атмосферное давление в 160 раз меньше, чем у поверхности Земли, и в низинах оно доходит всего до 10^{-5} МПа.

В отличие от Венеры, разреженная марсианская атмосфера не способна удержать дневное тепло, накопленное планетой, и потому на Марсе очень холодно. Максимальная температура на экваторе Марса в полдень близка к 25°C , но уже к вечеру наступают сильнейшие морозы и температура падает до -90°C (а в полярных районах до -125°C). Средняя годовая температура Марса близка к -60°C . Резкие температурные контрасты порождают сильные ветры и пылевые бури, при которых густые облака песка и пыли поднимаются до высот 20 км.

Красноватый блеск Марса вызван тем, что большая часть его поверхности покрыта красно-оранжевыми пустынями, грунт которых изобилует оксидами железа. Кроме железа (14 %), в марсианском грунте найдены кремний (20 %), кальций и магний (до 5 %), сера (до 3 %) и другие элементы. Белые полярные шапки Марса образованы смесью обычного водного инея и твердой углекислоты, знакомой всем по «сухому льду» для мороженого. На Марсе жидкой воды нет и быть не может из-за низкого атмосферного давления. Поэтому полярные шапки Марса не тают, а испаряются, минуя жидкую фазу. Подобный процесс называется сублимацией, или возгонкой. Совершенно так же в земной обстановке испаряются кристаллики йода.

Рельеф Марса носит многочисленные следы мощной водной эрозии. Сухие русла многочисленных рек, овраги и оползни — обычная картина многих районов поверхности Марса. Когда-то там шумели бурные реки и потоки. Не исключено, что весь Марс был покрыт мелким океаном глубиной от 10 до 160 м. Все это происходило сравнительно недавно (миллионы лет назад), так как следы водной эрозии сохранились очень хорошо. Ныне большие запасы воды на Марсе сохраняются в виде грунтовых вод и в слоях вечной мерзлоты, распространенной там повсеместно. Какие катаклизмы привели к резкому изменению облика Марса, пока не знаем.

На Марсе активна тектоническая и вулканическая

деятельность. Есть много кратеров как вулканического, так и метеоритного происхождения. Горы на Марсе очень высоки и немало из них уходят своими вершинами в стратосферу. Известен, например, гигантский разлом марсианской коры длиной около 4000 км, шириной 120 км и глубиной 6 км. Поражает наше воображение и исполинская вулканическая гора Олимп высотой 24 км с диаметром основания 600 км. Для будущих марсианских альпинистов работа предстоит нелегкая!

У Марса есть магнитное поле примерно в 500 раз слабее, чем у Земли. Под действием солнечного ветра оно деформировано, как и у нашей планеты. Никаких следов жизни на Марсе пока обнаружить не удалось.

Теоретические модели внутреннего строения Марса рисуют нам сферически расслоенную планету, в миниатюре напоминающую Землю (см. рис. 13). Небольшое ядро радиусом 800—1400 км (оно составляет около 6 % общей массы Марса) окружено толстым слоем мантии (снаружи прикрытой литосферой) толщиной несколько сотен километров. Неопределенность в размерах оболочек вызвана недостаточной изученностью Марса. Если магнитное поле Марса целиком индуцировано магнитным полем солнечного ветра, то ядро Марса полностью затвердело. В противном случае можно говорить о жидком или полужидком ядре.

Важнее другое — как и остальные планеты земного типа, Марс по своему внутреннему строению напоминает орех с его твердой корой, четко сформировавшимся ядром и промежуточной, более мягкой оболочкой. Это означает, что расслоение планетных недр, дифференциация веществ в ходе эволюции для всех планет земного типа проходили в сходных условиях.



На границах планетной системы

Из всех известных планет ближе других к Солнцу Меркурий, наиболее удален от Солнца Плутон. Обе планеты сегодня являются граничными в нашей планет-

ной системе. Если даже в будущем эта граница расширится, вряд ли за орбитами Меркурия и Плутона удастся открыть какие-нибудь крупные тела. Из известных же основных планет Меркурий и Плутон — самые маленькие. Меркурий имеет в диаметре 4880 км (0,4 диаметра Земли), а по массе он составляет всего 0,06 массы земного шара. Плутон и того меньше — его диаметр 2500 км, а масса чуть больше 0,002 массы Земли.

Фотографии Меркурия, полученные с космических станций, поразительно похожи на лунные. Неспециалист даже не различит, где снята Луна, а где — Меркурий. Множество кратеров усеивают поверхность Меркурия. Наряду с мелкими кратерами диаметром десятки метров, есть и такие, поперечники которых измеряются сотнями километров, горные хребты в некоторых местах достигают высоты 4 км. На поверхности Меркурия заметны следы активной вулканической и тектонической деятельности. Таковы, например, застывшие лавовые потоки и эскарпы — обрывы высотой 2—3 км, тянущиеся на сотни километров.

В отличие от Луны на Меркурии есть только одно обширное «море». Эту круглую впадину поперечником около 1300 км, назвали Морем Зноя. Название очень удачное — ни на одной из планет не жарко так, как на Меркурии. Обращаясь вокруг Солнца за 88 сут, Меркурий совершает полный оборот вокруг своей оси за 58 земных дней. Из-за особенностей этих движений солнечные сутки на Меркурии делятся 176 земных суток, что составляет два меркурианских года! Иначе говоря, от восхода Солнца до его захода на Меркурии проходит год, т. е. 88 земных суток. За столь продолжительное время освещенные Солнцем местности нагреваются до 450 °С, что не мешает ночью тем же районам переносить жестокий мороз (от —90 до —180 °С). Атмосфера вокруг Меркурия практически отсутствует и потому ничто не смягчает температурные контрасты. Будущие космонавты не должны смущаться, встретив где-нибудь на Меркурии, скажем в Море Зноя, озеро из расплавленного олова, зато встреча с ледником здесь исключена.

У Меркурия обнаружено слабое магнитное поле, примерно в 100 раз по напряженности уступающее земному. Есть у Меркурия и магнитосфера, сильно сжатая солнечным ветром со стороны Солнца. Мерку-

рий лишен спутников и это несколько затрудняет изучение его внутреннего строения. Тем не менее есть основания считать, что Меркурий обладает сравнительно крупным и плотным ядром, радиус которого близок к 1900 км (см. рис. 13). Внешняя силикатная оболочка Меркурия очень толстая (около 550 км), так что на атмосферу остается прослойка толщиной около 70 км. Однако в целом Меркурий похож на остальные планеты земного типа — он также пережил в своей истории четкое расслоение недр на концентрические сферические оболочки.

Плутон не принадлежит к группе планет земного типа. Во-первых, он находится в другом районе Солнечной системы, на ее окраине. Во-вторых, о нем мы пока знаем очень мало. Вокруг Плутона обнаружена метановая атмосфера и не исключено, что его поверхность покрыта метановым льдом. Холод там трудно вообразимый (-220°C). Сутки на Плутоне продолжаются чуть более 6,3 земных суток, а год — почти 248 земных лет. Средняя плотность Плутона близка к $1,7\text{ г/см}^3$, что сближает Плутон с планетами-гигантами и их спутниками. Этот темный мир, где Солнце светит лишь как очень яркая звезда, ничем не похож на нашу Землю. О его внутреннем строении ничего не известно. Не исключено, что когда-то Плутон был спутником Нептуна и тогда естественно искать сходство между ним и другими спутниками планет.



Луна и луны

Из всех небесных тел Луна не только ближе других к Земле, но она и изучена лучше всех остальных космических объектов. На Луне побывали люди, там работали разные приборы, в том числе и сейсмографы. Сведения о Луне настолько обильны, что ей посвящено много книг. Однако правильно оценить место Луны в Солнечной системе можно лишь, сравнив ее с другими спутниками планет. Сегодня вместе с Луной их насчитывает-

ся 45, но вполне вероятно, что это немалое число в будущем возрастет. Во всяком случае, уже сейчас о других лунах пишут отдельные книги¹ — так много мы узнали о них в последние годы. Подробности читатель узнает из этих книг, наша задача — указать сходство и различия в обширном семействе лун и связать эти различия с внутренним строением спутников планет².

Как уже отмечалось, Луна очень похожа на Меркурий, хотя и уступает ему в размерах и массе. Радиус Луны составляет 1738 км, масса в 81 раз меньше массы земного шара. Тем не менее по отношению к Земле Луна — очень крупный спутник и потому систему Земля — Луна нередко называют двойной планетой.

Луна лишена атмосферы, что обуславливает резкие температурные контрасты на ее поверхности. Днем эта поверхность нагревается до 130 °С, а ночью температура падает до — 170 °С. Почти столь же резки перепады температур на солнце и в тени. Лунная поверхность усеяна многочисленными кратерами, высокими горными цепями и темными низинами, по старой традиции именуемыми морями. В отличие от Меркурия, морей на Луне много и они обширны. Есть даже там Океан Бурь. Наиболее крупные из лунных кратеров имеют сотни километров в диаметре, самые высокие вершины возносятся вверх до 8 км. Известны многочисленные трещины и крупные сбросы. На Луне сохранилось немало следов прошлой бурной вулканической деятельности. Иногда газы извергаются из лунных недр и сегодня. Одни из лунных кратеров имеют метеоритное происхождение, другие вулканическое. Но в целом Луна — мертвый мир, где любые изменения — большая редкость.

Анализ поверхностных пород Луны показал, что они похожи на земные породы типа базальтов. Правда, в них наблюдается избыток некоторых тяжелых металлов, например хрома и титана. Любопытны лунные масконы — области лунной коры с повышенной плотностью. Они характерны местными гравитационными аномалиями. Лунная кора по толщине не превышает 50—60 км. Ниже, до глубины 1000 км расположена мантия, а в центре Луны находится силикатное, почти

¹ См. *Силкин Б. И.* В мире множества лун. — М.: Наука, 1982.

² См. *Жарков В. И.* Внутреннее строение Земли и планет. — М.: Наука, 1983.

твердое ядро диаметром около 1500 км (см. рис. 13). Оно нагрето до температуры чуть выше 1000 °С, а потому из недр Луны наружу просачивается тепло, так что на глубине 40 км температура лунной коры достигает 300 °С.

У Луны отсутствует магнитное поле и, следовательно, магнитосфера. Однако по размерам Луна вполне могла бы считаться полноценной планетой, если бы она обращалась вокруг Солнца. Изучению внутреннего строения Луны сильно помогают редкие «лунотрясения», очаги которых располагаются на глубине от 700 до 1100 км. Все это доказывает, что тектоническая деятельность на Луне очень слаба, однако полностью не прекратилась. Есть факты, говорящие о том, что в прошлом Луна обладала магнитным полем и была вулканически и тектонически гораздо более активной. Однако жизни на Луне никогда не было.

Среди лун Солнечной системы наша Луна далеко не самая большая. По размерам ее превосходят Ганимед и Каллисто (спутники Юпитера), Титан (спутник Сатурна) и Тритон (спутник Нептуна). Таким образом, Луна среди спутников планет занимает скромное пятое место. Крупнейшая из лун — Ганимед по размеру (диаметр 5280 км) превосходит даже Меркурий. Он вдвое тяжелее Луны и его средняя плотность близка к 1,9 г/см³. На его поверхности различают темные и светлые облака. Заметны там также кратеры и расходящиеся от них световые лучи. Складывается впечатление, что будущие космонавты встретят на поверхности Ганимеда лед и камни. Возможно, что Ганимед окружен разреженной атмосферой из метана, аммиака и водяных паров, хотя бесспорных доказательств этому пока нет.

По одной из моделей (рис. 14) Ганимед имеет каменистое ядро размером с Луну. На него приходится половина массы всего спутника. Это ядро окружено обширной водной мантией, которая сверху прикрыта ледяной корой толщиной 500—600 км. Иначе говоря, Ганимед наполовину состоит из воды, а его огромное ядро содержит силикаты и оксиды разных металлов. Судя по фотографиям с космических аппаратов, поверхностная ледяная корка Ганимеда в отдельных местах содержит каменистые россыпи. Лед на Ганимеде покрыт толстым слоем инея, а его кратеры, по-видимому, имеют метеоритное происхождение. На поверхности Га-

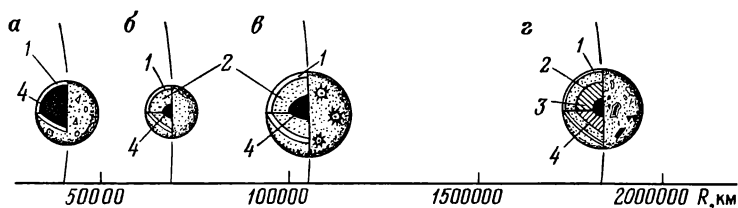


Рис. 14. Схема внутреннего строения спутников планет (R — расстояние от Юпитера).

a — Ио; b — Европа; v — Ганимед; $г$ — Каллисто; 1 — кора; 2 — жидкая мантия; 3 — твердая мантия; 4 — ядро

нимеда заметны многочисленные трещины, разломы, борозды. Ганимед, видимо, богат радиоактивными веществами и это поддерживает его высокую тектоническую активность. Образование трещин, возможно, связано с движением тектонических плит на Ганимеде. Здесь многое неясно, мир Ганимеда остается таинственным и убедительной модели его внутреннего строения пока нет.

Остальные три крупнейших спутника Юпитера вполне сравнимы с Ганимедом. Это Каллисто (радиус 2420 км), Ио (радиус 1820 км) и Европа (радиус 1565 км). Поверхность наименьшего из этих спутников — Европы — испещрена причудливой сетью переплетающихся тонких линий. Вполне возможно, что эта отличительная черта Европы — трещины от ударов метеоритов о ее ледяную кору. Плотность Европы $3,1 \text{ г/см}^3$, что заставляет предполагать, что эта луна имеет ядро из достаточно тяжелых элементов. Наоборот, Каллисто — наименее плотный из спутников Юпитера ($1,8 \text{ г/см}^3$) и, следовательно, содержание льда и воды в этом спутнике достаточно велико. На Каллисто много кратеров с многоярусными уступами. Все это похоже на то, как если бы кто-то бросил камень в пруд, который тотчас же застыл. Напоминающие исполинские стадионы, эти образования очень внушительны по размерам. Диаметр крупнейшего «стадиона» на Каллисто 3000 км, другой имеет поперечник 1500 км. Мы еще далеки от понимания того, какие процессы породили на Каллисто эти громадные раны. Тяжелое ядро у Каллисто, как и у Европы, скорее всего есть, но построение их достоверных моделей — дело будущего.

Сенсационными характеристиками обладает Ио. Это самое активное в вулканическом отношении тело Солнечной системы. На нем обнаружено семь действующих вулканов и некоторые из них выбрасывают вещество на высоту до 200 км. Недра Ио разогреваются не только радиоактивными веществами. Их подогревают электрические токи, возникающие в недрах Ио при его движении в мощном магнитном поле Юпитера, а также приливные воздействия исполинской планеты. По некоторым моделям Ио имеет ядро из раствора сернистого железа с плотностью 5 г/см^3 и мантию из обычных горных пород с плотностью $3,28 \text{ г/см}^3$. Поверхность Ио выглядит желтовато-красной. Судя по всему, она обильно покрыта серой. Разреженная атмосфера вокруг Ио есть, и в ней пока уверенно найден диоксид серы. На снимках Ио с космических аппаратов обнаружено более сотни кратеров диаметром около 25 км, по-видимому, временно спящие вулканы. Есть на Ио эскарпы и другие следы тектонической активности. По некоторым моделям на Ио имеются океаны серного расплава с твердым силикатным дном. Во всяком случае Ио очень богата серой и не исключено, что наряду с подпочвенным серным океаном на поверхности Ио есть серные озера и текут серные реки. Удивительный, экзотический мир Ио еще ждет своих исследователей.

Остальные две гигантские луны — Титан и Тритон — изучены гораздо хуже главных спутников Юпитера. Вокруг Титана (диаметр 5120 км), который больше Луны по диаметру в 1,5 раза и по массе в 1,8 раза, еще в 1947 г. была обнаружена атмосфера, но только недавно выяснили ее состав. Основную ее часть составляет азот, а в качестве примесей присутствует метан CH_4 и возможно наличие таких газов, как водород, этан, ацетилен и другие. С Земли Титан виден плохо, а потому высказывания о его природе носят предположительный характер. Поверхностные слои Титана могут быть коркой обычного водяного льда с примесями затвердевших метана и аммиака. Температура на его поверхности в точности неизвестна, но если она там поднимается до 180°C , то на поверхности Титана можно встретить жидкий метан и аммиак, растворимый в воде. По некоторым расчетам 60 % массы Титана состоит из водного раствора аммиака, а остальное приходится в основном на си-

ликаты. Впрочем, достоверной модели Титана пока не создано.

Еще меньше известно о Тритоне. Он заведомо больше Луны (его диаметр не менее 4400 км), хотя его основные параметры нуждаются в уточнении. Не исключено, что масса Тритона по крайней мере втрое превышает лунную. Велика и средняя плотность Тритона (не менее 4 г/см³). Впрочем, по некоторым подсчетам диаметр Тритона 6000 км, а плотность 1,2 г/см³. Если это так, то структура Тритона очень рыхла. В спектре этой луны присутствует метан и не исключено, что это следы газовой метановой атмосферы. Поверхность на Тритоне может быть каменной, силикатной. Конечно, эти выводы предварительны и требуют уточнения.

Остальные спутники планет значительно уступают Луне и в размерах и в массе. У наибольшего из них — Реи (спутник Сатурна) поперечник близок к 1600 км, у наименьшего — Деймоса (спутник Марса) максимальный поперечник равен всего 16 км. Все эти тела лишены атмосфер, их поверхности изрыты кратерами, а многие имеют неправильную форму. Сказанное относится не только к крошечным спутникам Марса, но даже к такому относительно крупному спутнику Юпитера, как Амальтея (размеры 130×75 км). Об их составе и тем более внутреннем строении мы знаем очень мало. По существу, изучение мира лун только начинается.



Среди астероидов

Между орбитами Марса и Юпитера вокруг Солнца обращается множество тел, названных малыми планетами, или астероидами. Последний термин в переводе означает «звездоподобные». Действительно, даже в крупные телескопы малые планеты выглядят звездочками без заметного диска и лишь собственное движение на фоне настоящих звезд выдает их истинную природу.

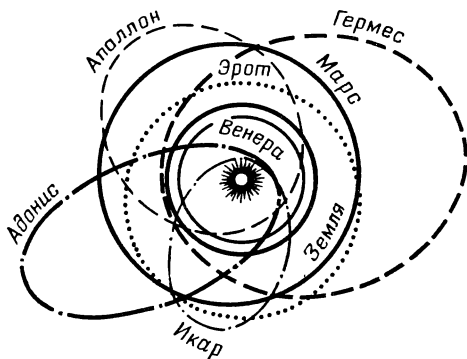


Рис. 15. Орбиты некоторых планет и астероидов.

Первые астероиды были открыты в начале прошлого века, а с середины века благодаря прогрессу телескопической техники астероиды стали открывать сотнями. К концу 1981 г. в каталогах было зарегистрировано 2474 астероида, и есть все основания считать, что этот список будет продолжен. Теоретически подсчитано, что в поясе астероидов тел с поперечником, превышающим 1 км, должно быть более миллиона! Количество же еще более мелких астероидов неисчислимо велико.

Около 98 % всех астероидов имеют орбиты, заключенные между орбитами Марса и Юпитера (рис. 15). Остальные выходят за эти пределы. Двигаясь по сильно вытянутым эллиптическим орбитам, некоторые из мелких планет подходят к Солнцу вдвое ближе, чем Меркурий. Другие уходят за орбиту Сатурна. В 1977 г. открыт астероид, обращающийся вокруг Солнца между орбитами Сатурна и Урана. Астероиды не случайно именуются иначе малыми планетами. Только у 14 из них поперечники превосходят 250 км. Остальные лишь по форме орбит напоминают крупные планеты и большинство из них имеют неправильную, осколочную форму, роднящую астероиды с метеоритами. В сущности метеоритами мы называем те из астероидов, которые сталкиваются с Землей и падают на ее поверхность.

Самые крупные из астероидов это Церера (поперечник 1000 км), Паллада (610 км), Веста (540 км), Гигея (450 км). О них (как, впрочем, и о других астероидах) мы знаем пока очень мало. Бесспорно, однако, что их недра не имеют слоистого строения, как у круп-

ных планет. Скорее они похожи на метеориты и по плотности, и по составу. Одни из астероидов имеют плотность около 2 г/см^3 и в этом отношении напоминают каменные метеориты, другие гораздо плотнее ($7\text{—}8 \text{ г/см}^3$) и сходны с железо-никелевыми метеоритами¹. Есть и такие, которые похожи на углекислые хондриты — разновидности каменных метеоритов, весьма богатые органическими веществами.

Поверхность крупнейшего из астероидов — Цереры покрыта минералами, сходными с глиной. Она, как и другие астероиды, лишена атмосферы, но иногда из ее недр выделяются газы и Церера становится своеобразной кометой. Впрочем, сходство здесь чисто внешнее, так как твердая часть комет (их ядра) представляет собой рыхлые глыбы льдов (воды, метана и аммиака) с примесью мелких твердых частиц. Их поперечники не превосходят нескольких километров.

О недрах малых планет нам пока ничего достоверно не известно. Наиболее правильно изучать эту проблему совместно с лабораторными исследованиями метеоритов, что позволит выяснить и происхождение астероидов, которое до сих пор остается предметом дискуссий. Несомненно одно, малые планеты — это осколки более крупных тел, быть может сопоставимых по размерам с планетами земного типа, причем процесс дробления астероидов при взаимных столкновениях продолжается и поныне.

Пояс астероидов — основной поставщик мелкой твердой пыли в Солнечной системе. Эта пыль не остается постоянно в роли «микропланеток», т. е. спутников Солнца. Если поперечник пылинки меньше 10^{-5} см , то она выметается прочь из Солнечной системы давлением солнечных лучей. Происходит это и с частицами с поперечником, равным 10^{-5} см , но только они улетают от Солнца не по гиперболам, а по прямым. А вот частицы большего размера солнечные лучи не в силах выгнать прочь из Солнечной системы. Они лишь тормозят их полет вокруг Солнца и частицы в полном соответствии с законами небесной механики падают на Солнце.

¹ Подробнее см. Симоненко А. Н. Астероиды.— М.: Наука, 1985.



Перспективы освоения солнечной системы

Главный процесс, совершающийся в ноосфере,— неуклонное, все ускоряющееся накопление информации. Именно информация уже сегодня осознается человечеством как самое большое богатство, ему принадлежащее, как основной, непрерывно наращиваемый его капитал. Количество информации характеризует степень разнообразия данного объекта, уровень его организации. Разумно воздействуя на окружающую его природу, человек создает вторую, искусственную «природу», отличающуюся большей упорядоченностью, а стало быть, и бóльшим количеством информации, чем естественная среда. Накопление такой производственной информации в ноосфере есть результат производственной деятельности человека, результат взаимодействия природы и общества.

Но общество способно накапливать информацию не только в средствах и продуктах труда, но и в системе научного знания. Познавая мир, человек обогащает себя и ноосферу научной информацией. Значит, источником накопления информации в ноосфере служит преобразовательная и познавательная активность человека. «Основной процесс накопления информации в ноосфере,— говорит А. Д. Урсул,— связан с ассимиляцией разнообразия за счет внешней, окружающей общество природы, в результате чего объем и масса ноосферы могут возрасти неограниченно»¹.

Расширение ноосферы в космос в настоящее время выражается и в получении научной информации о космосе с помощью космонавтов и автоматов. Нет, однако, сомнений, что со временем возникнет и космическое производство, т. е. практическое освоение небесных тел, переделка ближнего, а может быть, и дальнего космоса

¹ Урсул А. Д. Информационный аспект взаимодействия общества и природы.— В кн.: Природа и общество.— М.: Мысль, 1968, с. 297.

по воле человека. Тогда из космоса будет поступать и производственная информация, первые зачатки которой в принципе уже существуют (например, разведка лунных недр, изучение лунного грунта). Ближний космос со временем станет местом обитания и трудовой деятельности человека. Ноосфера охватит сначала ближайшие к Земле небесные тела, а затем, быть может, и всю Солнечную систему. Как это произойдет? Каковы ближние и дальние перспективы освоения космоса?¹.

Уже сегодня около Земли обращаются тысячи спутников. На околоземных орбитах начали действовать долговременные орбитальные станции со сменным персоналом. В будущем некоторые из них, вероятно, возьмут на себя функции заправочных станций для межпланетных пилотируемых ракет. Станет возможной и сборка космических кораблей на околоземных орбитах из блоков, предварительно доставленных в район «строительства». Семейство спутников разных типов и назначений обеспечит человечество постоянной научной информацией о событиях в космосе и на Земле.

Уже три небесных тела (Луна, Венера и Марс) временно обзавелись на наших глазах своими искусственными спутниками. Создание таких спутников, по-видимому, неизбежный этап в освоении планет (наряду с предварительной посылкой зондов в окрестности изучаемого небесного тела и на его поверхность). Есть все основания думать, что эта последовательность сохранится и в будущем, так что к концу века, возможно, за большинством планет станут следить зоркие глаза их искусственных спутников.

Луноходы и марсоходы (и вообще планетоходы) наряду с автоматическими неподвижными станциями, мягко севшими на поверхность изучаемых небесных тел, станут третьей очередью автоматов (после «пролетных» зондов с жесткой посадкой), изучающих соседние миры. Несомненно, что их совершенствование приведет к появлению таких космических автоматов, которые смогут выполнить почти любую задачу в космосе, в частности, взлет с планет и возвращение на Землю (как, например, было на Луне). На таком пути нет принципи-

¹ Подробнее см. *Катыс Г. П.* Информационные системы исследовательских аппаратов.— М.: Радио, 1971; *Голованов Я.* Архитектура невесомости.— М.: Машиностроение, 1985.

ально неразрешимых трудностей, но есть огромные технические проблемы, главная из которых, пожалуй, заключается в создании компактных, легких и в то же время эффективных тяговых систем.

Преимущества космических автоматов очевидны. Они не столь чувствительны к суровой космической среде, как человек, и их использование не грозит человеческими жертвами. Межпланетные автоматические станции гораздо легче пилотируемых космических кораблей, а это дает экономические выгоды при запуске. Хотя есть и другие преимущества автоматов перед человеком, все же освоение Солнечной системы осуществится, разумеется, не только автоматами, но и людьми. И здесь можно найти немало аналогий из земного опыта.

Разведка Антарктиды началась с плаваний около ее берегов. За ними последовали кратковременные высадки на берег и экспедиции внутрь материка вплоть до Южного полюса. Наконец, на наших глазах в Антарктиде обосновались постоянные научные станции (со сменным персоналом). Возможно, что со временем начнется планомерное заселение Антарктиды, сопровождающееся изменением ее природы в сторону, благоприятную для человека.

Луна намного суровее Антарктиды. Но хотя ее отделяют от Земли более трети миллиона километров, она начала осваиваться гораздо более быстрыми темпами, чем самый южный земной материк. Сначала (с 1959 г.) космические зонды пролетали вблизи Луны. Затем вокруг Луны появились первые искусственные спутники. За ними последовали жесткие прилунения. Наконец, космические автоматы мягко опустились на лунную поверхность, предварив этой разведкой соседнего мира первые лунные экспедиции. Что будет дальше, предусмотреть нетрудно. После серии новых экспедиций луноходов и космонавтов, которые соберут достаточно обстоятельную информацию о соседнем мире, на Луне, вероятно, возникнут сначала временные, затем постоянные научные станции. Следующий же шаг в освоении Луны выразится, вероятно, в ее постепенном заселении, в создании на ее поверхности постоянных энергетических установок, в развитии лунной индустрии, в широком использовании местных ресурсов вещества и энергии.

Есть два пути приспособления человека к враждебным ему условиям космической среды. В кабинах космических кораблей системы жизнеобеспечения создают миниатюрный «филиал Земли», земной комфорт. В микромасштабе ту же функцию выполняют скафандры. На первых стадиях освоения Луны и других небесных тел эта методика и впредь останется единственно возможной. Но, «закрепившись на Луне, построив первые лунные жилища, по характеру системы жизнеобеспечения напоминающие кабины космических кораблей, человечество, возможно, приступит к реорганизации самой Луны, к искусственному созданию на ней в глобальном масштабе обстановки, пригодной для обитания. Иначе говоря, не пассивное приспособление к внешней враждебной космической среде, а ее изменение в сторону, благоприятную человеку, активная переделка внешней среды в «земноподобном» духе — вот второй путь, обеспечивающий возможность расселения человечества в космосе.

Конечно, второй путь труднее первого. В некоторых случаях он неосуществим или, выразимся осторожнее, кажется неосуществимым в рамках известной нам техники. Например, создание вокруг Луны постоянной атмосферы за счет газов, полученных искусственно из лунных пород, представляется проектом нереальным, фантастическим, главным образом из-за слабости лунной гравитации. Тяжесть на лунной поверхности в 6 раз меньше земной и искусственная лунная атмосфера должна быстро улетучиться. Но тот же проект для Марса принципиально вполне осуществим и можно думать, что когда-нибудь усилия человечества превратят Марс во вторую маленькую Землю.

Из всех планет Солнечной системы Марс, вероятно, первым подвергнется «колонизации». Как ни суров его луноподобный облик, неожиданно для астрономов раскрытый средствами космонавтики, все же по совокупности признаков Марс наиболее близок к Земле. Пилотируемые полеты к Марсу и посадка первой экспедиции на Марсе проектируются до 2000 г. Однако уже сейчас Марс обзавелся искусственными спутниками и на его поверхность мягко опустились советские автоматические станции. Это случилось всего несколько лет спустя после достижения аналогичного этапа в изучении Луны, несмотря на то, что даже при наибольшем

сближении с Землей Марс почти в 150 раз дальше Луны,— факт многозначительный, снова иллюстрирующий необычайно бурный прогресс космонавтики.

Если бы мы располагали двигателем, который на протяжении всего полета к Марсу давал бы космическому кораблю ускорение $9,8 \text{ м/с}^2$, то до Марса можно было бы добраться всего за неделю. Сейчас не видно даже подхода к техническому решению такой задачи, но можно ли утверждать, что в будущем средства межпланетных сообщений останутся такими же, как и сегодня? Впрочем, если речь идет о Марсе, то и при современном уровне техники его освоение вполне возможно. Вероятно, заселению Марса будут предшествовать те же стадии, что и заселению Луны. Но этот далекий мир мы знаем гораздо хуже соседнего небесного тела и нас на Марсе наверняка ждут неожиданности. По этой причине (а также из-за удаленности Марса) его разведка, вероятно, растянется на большие сроки, чем разведка Луны.

Последние данные о Венере не располагают нас ни к ее посещению, ни тем более к ее заселению. Давление 10 МПа при температуре 500°C — вот что характерно для поверхности Венеры. Прибавьте к этому постоянную плотную пелену облаков, создающую на поверхности планеты даже в полдень полумрак, ветры в удушающей атмосфере из углекислого газа, вероятно, полное отсутствие воды и, наконец, возможно, мощнейшие вулканические извержения — такова обстановка на Венере, по сравнению с которой фантастические картины ада иллюстрируют бедность человеческого воображения. Конечно, исследования Венеры будут продолжаться, в частности зондирование ее поверхности. Но об экспедиции на Венеру, по крайней мере в обозримом будущем, не может быть и речи.

Крайние планеты Солнечной системы — Меркурий и Плутон — наглядно демонстрируют собой крайность в физической обстановке на планетах. На дневной стороне Меркурия температура в полдень может подниматься до 510°C . Температура на плохо изученном Плутоне, по-видимому, всегда близка к абсолютному нулю. Обе планеты значительно уступают в размерах Земле. Для наблюдателя, находящегося на Меркурии, Солнце выглядит по диаметру в 2,5 раза больше, чем с Земли. На небе Плутона Солнце — лишь ярчайшая звезда, прав-

да, в 50 раз сильнее освещающая Плутон, чем Луна Землю в полнолуние. Обе планеты, несомненно, подвергнутся изучению с помощью автоматов в сравнительно недалеком будущем. Они окажутся удобными объектами для функционирования на их поверхности долгосрочных автоматических научных станций. Что же касается экспедиций на Меркурий и Плутон, если они и состоятся, то скорее всего лишь в отдаленном будущем: слишком непривычна и враждебна для земных существ обстановка на этих планетах и вряд ли когда-нибудь они будут заселены человеком.

Еще более непригодны для этой цели (а лучше сказать, совсем непригодны) планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. В основном они состоят из водорода (в свободном состоянии и в соединениях с азотом и углеродом). Возможно, что у них вовсе нет твердых поверхностей в земном понимании этого слова, т. е. они целиком газообразны, хотя в недрах планет-гигантов плотности газов могут быть очень большими. Эти тела по своей физической природе занимают промежуточное положение между звездами и планетами земного типа. До звезд они несколько «недотянули» по массе и потому в их недрах недостаточно жарко для возникновения протон-протонного цикла. От планет земного типа их отличает обилие легких элементов при крайне малой доле тяжелых. Атмосферы их, состоящие из водорода, метана и аммиака, обладают огромной толщиной, а большая масса планет-гигантов обуславливает колоссальное давление в глубине их атмосфер.

Зондирование планет-гигантов пролетными космическими автоматами уже началось (полеты аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11»). При некотором благоприятном расположении планет-гигантов возможно послать зонд, который в сравнительно короткий срок (около девяти лет) сможет облететь все планеты-гиганты, тогда как обычный полет к одному Нептуну занял бы около 30 лет. Секрет этого проекта, получившего наименование «межпланетного бильярда», заключается в том, что зонд разгоняется в окрестностях планет-гигантов их гравитационным полем. Каждая из планет выступает в роли ускорителя, что существенно уменьшает сроки полета. По такой методике американские автоматические станции уже обследовали Сатурн и Уран. Вполне, конечно, реально и отправление автоматических

зондов в атмосферы этих планет, и создание вокруг них (как вокруг Венеры, Меркурия и Плутона) искусственных спутников. Вместо физически невозможного заселения планет-гигантов человечество, может быть, использует эти тела как практически неисчерпаемые резервы топлива для будущих термоядерных реакторов.

Главные из естественных спутников планет-гигантов по размерам сравнимы с Меркурием и даже с Марсом. Некоторые из них окружены атмосферой, состоящей из метана и углекислого газа. Они более сходны с Землей, чем их планеты, и не исключено, что освоение этих тел пойдет по тому же пути, что и освоение Луны и Марса. Организация научных станций и топливо-заправочных баз на спутниках Юпитера и Сатурна, быть может, станет необходимым при освоении окраин Солнечной системы. В принципе все спутники планет доступны не только автоматам, но и космонавтам.

Малые планеты (астероиды) и кометы, вероятно, не будут обойдены человечеством. На крупнейшие астероиды и спутники планет возможна посадка и людей, и автоматов. Меньшие же тела могут представлять интерес как источники топлива для космических ракет (ядра комет состоят из замерзших льдов воды, метана и аммиака) или как ресурсы полезных ископаемых (астероиды). Вполне возможно, что будущее поставит перед человечеством и такие задачи, о которых мы не имеем ни малейшего представления.

Освоение Солнечной системы — это не только полеты на планеты и их спутники, а также заселение некоторых из них людьми и автоматами. Предстоит также переделка нашей планеты Земли по вкусу и требованиям человечества. Не все нравится нам в нашей «космической колыбели». Пока человечество находилось в «младенческом» состоянии, с этим приходилось мириться. Но сейчас человечество настолько «повзрослело», что не только вышло из своей «колыбели», но и почувствовало в себе силы заняться коренной переделкой собственной планеты.

Нет недостатка в проектах искусственного изменения климата. Например, предлагается перегородить плотиной Берингов пролив и перекачивать атомными насосами теплую воду Тихого океана в Ледовитый океан. Есть немало проектов изменения направления Гольфстрима, в частности использование его для отоп-

ления североамериканского побережья. Есть проекты «оживления» Сахары и других пустынных районов Земли. Все эти проекты объединяет один недостаток — в них слабо учитываются последствия реализации каждого проекта, между тем как они могут оказаться катастрофическими (например, поворот Гольфстрима к побережью Северной Америки вызовет оледенение Европы). Теми же пороками страдают и проекты обширных водохранилищ, новых каналов и вообще всяких крупных искусственных изменений в физической природе Земли, в том числе искусственного уменьшения облачности или обильного дождевания.

Нет сомнений, что человек переделает Землю по-своему, но этой переделке должно предшествовать тщательное научно обоснованное прогнозирование последствий вмешательства человека в установившееся равновесие природных явлений. Не умея пока что переделать собственную планету, человечество тем не менее обсуждает радикальные проекты переделки всей Солнечной системы. Нашу самоуверенность можно, пожалуй, оправдать тем, что реализация этих проектов — дело далекого будущего, дело неимоверно трудное, к которому надо готовиться загодя.

В астрономии по традиции принято называть планеты небесными землями. Условность этого термина ныне очевидна: даже в нашей Солнечной системе, строго говоря, ни одна планета не похожа на Землю. Переделка Солнечной системы, очевидно, в качестве главной цели будет преследовать исправление этого «недостатка природы». Говоря яснее, человечество, вероятно, построит вокруг Солнца искусственные, годные для жизни сооружения, максимально использующие запасы вещества планет и животворящую энергию Солнца. Истоки этой идеи мы находим у К. Э. Циолковского в его проекте создания искусственных планет земного типа или гораздо меньших «космических оранжерей». С точки зрения (чисто количественной) запаса вещества в одних планетах-гигантах вполне хватило бы на изготовление нескольких сотен «искусственных земель» или нескольких сотен тысяч «космических оранжерей». В принципе можно было бы перевести все их на более близкие к Солнцу орбиты. Беда в том, что качественно планеты-гиганты для этой цели неподходящи: нельзя же строить «искусственные земли» из водорода или других

газов (если, конечно, не предварить это строительство термоядерным синтезом тяжелых элементов).

Некоторые авторы (И. Б. Бестужев-Лада и независимо от него Ф. Дайсон) предложили окружить Солнце исполинской искусственной сферой, на внутренней стороне которой разместить весьма многочисленное к тому времени человечество. Такая сфера полностью улавливала бы излучение Солнца и эта энергия стала бы одной из основных энергетических баз бывших земель («бывших» потому, что на постройку такой сферы придется, быть может, израсходовать вещество всех планет, в том числе и Земли). Несколько лет назад было показано, что сфера Дайсона динамически неустойчива, а значит, и непригодна для обитания.

В некоторых проектах предлагается, не покидая нашу «колыбель» и «не стирая ее в порошок», наращивать Землю извне за счет вещества других планет. Очевидно, при таком наращивании все новых и новых этажей прогрессивно будет возрастать сила тяжести, что сильно затруднит не только строительство «новой Земли», но и обитание на ней чрезмерно «отяжелевших» людей. В проектах профессора Г. И. Покровского¹ взамен сферы Дайсона предлагаются устойчивые твердые динамические конструкции, которые, быть может, будут созданы вокруг Солнца из вещества планет. Во всех этих проектах, кажущихся совершенно фантастическими, безусловно, верна основная идея: освоение Солнечной системы человечеством завершится лишь тогда, когда оно полностью и наиболее удобным для себя образом использует вещество и энергию этой системы. Тогда ноосфера займет, вероятно, все окосолнечное пространство.

Для современного этапа космонавтики характерно создание поколений орбитальных станций постепенно усложняющихся конструкций. Таковы советские станции «Салют» и «Мир». Американский ученый О'Нейл разработал проекты весьма крупных обитаемых космических конструкций цилиндрического типа¹. Предполагается, что в таких орбитальных станциях, где должна быть создана землеподобная обстановка, смогут оби-

¹ См. Покровский Г. И. Архитектура в космосе.— В кн.: Населенный космос.— М.: Наука, 1972, с. 345—352.

² См. Зигель Ф. Ю. Города на орбитах.— М.: Детская литература, 1980.

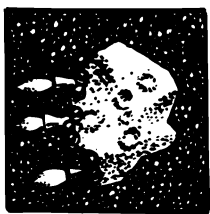
тать десятки тысяч землян. Разумеется, утопичным выглядит намерение О'Нейла постепенно переселить в его «цилиндры» большую часть населения Земли, но что подобные сверхкрупные орбитальные станции появятся на околоземных орбитах, в этом вряд ли может быть сомнение. Характерно, что на таких станциях из-за их вращения будет создаваться искусственная тяжесть. Период легкомысленного увлечения невесомостью давно прошел. Стало очевидным, что невесомость — серьезное препятствие к широкому освоению Солнечной системы. При длительной невесомости количество эритроцитов в крови уменьшается, соли кальция выходят из организма, что постепенно разрушает скелет, так что борьба с невесомостью только начинается.

Для переделки Солнечной системы нужны колоссальные затраты энергии. Сегодня ясно, что эту энергию дадут внеземные орбитальные солнечные энергоустановки. За пределами атмосферы они будут постоянно освещаться Солнцем и плохая погода не будет им мешать. Возможно, что солнечную энергию будет целесообразно сначала перевести в электромагнитную энергию (микроволновое излучение), которое затем с помощью рефлектора передавать на Землю. Инженерные проекты орбитальных солнечных энергостанций показывают, что уже завтра возможно создание на орбитах таких станций, которые по своей мощности не будут уступать крупнейшим земным гидроэлектростанциям. Об этом убедительно и увлекательно рассказывает Я. Голованов в книге «Архитектура невесомости», которую автор горячо рекомендует читателю¹.

Таким образом, уже сегодня человечество располагает средствами, необходимыми для освоения Солнечной системы. Известно, что это освоение — часть знаменитого плана К. Э. Циолковского по освоению космоса в целом. Насколько реальны планы К. Э. Циолковского в философском отношении, рассказано в книге известного советского философа академика А. Д. Урсула². На наших глазах по логике развития космонавтики возникает индустрия в космосе. Одна из ближайших ее задач — использование богатств планетных недр.

¹ Голованов Я. К. Архитектура невесомости.— М.: Машиностроение, 1985.

² Урсул А. Д. Человечество, Земля, Вселенная.— М.: Мысль, 1977.



Использование планетных недр

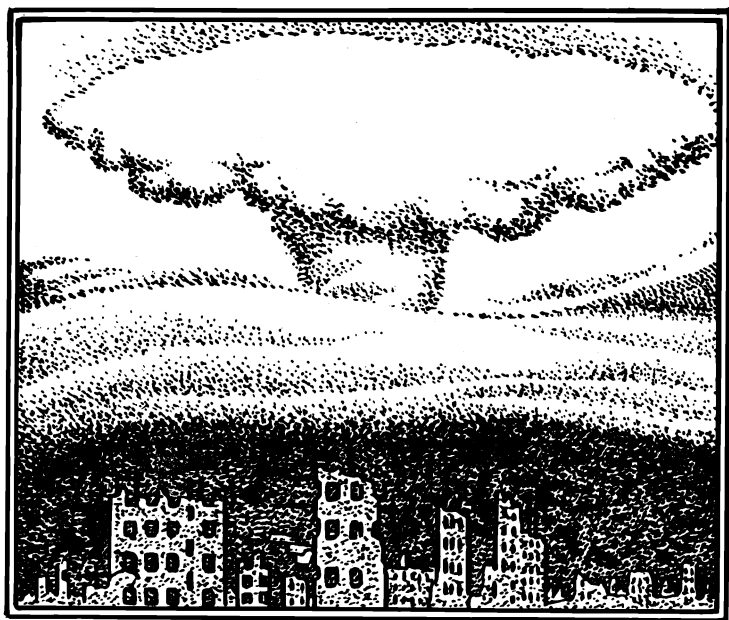
Недра в эволюции жизни на Земле сыграли важную роль. Как уже говорилось, само возникновение жизни на нашей планете, по-видимому, вызвано извержением на поверхность содержимого земных недр (гипотезы Е. К. Мархинина и Л. М. Мухина). Когда в ходе эволюции цивилизация достигла достаточно высокого технического уровня, началось широкое использование земных недр. В наши дни для всех стало очевидным, что ресурсы Земли, увы, исчерпаемы и что, скажем, запаса топлива в земных недрах (при сохранении нынешних темпов роста добычи) хватит человечеству самое большое на 100—150 лет, а нефти — и того меньше¹. Правильно говорил К. Э. Циолковский, что только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом. Следовательно, человечеству предстоит в ближайшее столетие перейти с ископаемого топлива на другие виды энергии (например, солнечную). Обращаясь к телам Солнечной системы, мы прежде всего констатируем, что недра планет и их крупных спутников представляют собой богатейшие кладези полезных ископаемых. Промышленная разработка недр начнется, вероятно, с Луны. В различных проектах предполагается, что на Луне будут добываться прежде всего необходимые для строительства металлы: алюминий и титан, а также кремний. По проекту О'Нейла электромагнитные катапульты смогут с Луны перебрасывать добытые материалы в район строительства. По его расчетам, для отправки с Луны миллиона тонн сырья и материалов достаточно 150 человек. Предполагается, что в космосе будет построена специальная «ловушка», которая будет хватать лунные посылки, нужные для «эфирных поселений». Насколько серьезны эти проекты, свидетельствует то, что недавно проекты О'Нейла рассмотрены и

¹ Урсул А. Д. Человечество, Земля, Вселенная.— М.: Мысль, 1977.

одобренны специалистами НАСА, которые опубликовали официальный документ «Космическая цивилизация — проектное исследование», в котором признаны верными все расчеты О'Нейла. Не приходится сомневаться, что по примеру Луны со временем начнут разрабатываться и сырьевые ресурсы других планет. У планет земного типа богатства недр, вероятно, напоминают земные. У планет-гигантов главное богатство — обилие водорода, практически неисчерпаемого для термоядерных установок.

Среди астероидов могут найтись такие, которые содержат большие запасы железа или других металлов. Уже сегодня существуют проекты отбуксирования таких астероидов в окрестности Земли, где они подвергнутся тщательной разработке. Советский ученый А. Т. Улубеков обстоятельно исследовал вопрос о богатстве внеземных ресурсов¹. Эта работа показывает, что человечество, по словам К. Э. Циолковского, действительно может приобрести «бездну могущества» в ходе планомерного освоения Солнечной системы. Еще в 1905 г. К. Э. Циолковский в своей работе «Реактивный прибор как средство полета в пустоте и атмосфере» писал: «Работая над реактивными приборами, я имел мирные и высокие цели: завоевать Вселенную для блага человека, завоевать пространство и энергию, «испускаемую Солнцем»¹. Но на пути к этому светлому будущему в наши дни встали темные силы зла, грозящие уничтожением всей жизни на нашей планете.

¹ Улубеков А. Т. Богатства внеземных ресурсов.— М.: Знание, 1984.



ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОГО КОНФЛИКТА

(вместо послесловия)

Нигде в Солнечной системе, кроме Земли, мы не встретили жизни. Если и есть обитаемые миры, населенные разумными существами, то где-то очень далеко, на планетных системах других звезд. Тем самым жизнь вообще и разумная в частности предстает перед нашим сознанием, как нечто весьма редкое и очень ценное. Человек появился более миллиона лет назад и на протяжении всей истории человечества вплоть до самого последнего времени его деятельность не носила глобального характера. Никогда она не грозила превратить нашу цветущую голубую планету в непригодное для жизни кладбище, где под слоями ядерного пепла будут покоиться следы когда-то бывшей цивилизации. Сегодня это может стать реальностью во Вселенной, где развитие и прогресс Разума могли бы быть в принципе неопределенно долгими.

За всю историю человечества статистика зарегистрировала более четырнадцать тысяч войн. Люди, увы, так свыклись с ними, что и подходя к последней, ядерной войне, они с трудом осознают ее качественное отличие от всех предыдущих войн, включая две мировые. На Западе раздаются безумные призывы к «звездным войнам». Там не считаются преступлением безответственные разговоры о допустимости «ограниченных» ядерных войн, и всему этому сопутствует чудовищно растущая гонка вооружений.

Приходится сознаться, что до самых последних лет даже ученые плохо представляли себе все возможные последствия ядерной катастрофы. И над ними тяготела легкомысленная надежда, что в ядерном конфликте все-таки кому-то и чему-то на Земле удастся уцелеть и ценою жизни сотен миллионов людей оставшиеся «счастливчики» начнут спокойную мирную жизнь. Но так не должно быть! Первый решительный шаг в этом направлении — подписание 8 декабря 1987 г. в Вашингтоне «Договора между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о ликвидации их ракет средней дальности и меньшей дальности» (Правда, 9 дек., 1987 г.).

30 октября — 1 ноября 1983 г. в Вашингтоне состоялась конференция под названием «Мир после ядерной войны». Ученые разных стран и специальностей, включая виднейших деятелей американской науки и советскую делегацию во главе с членом-корреспондентом АН СССР Н. Н. Моисеевым, подробно обсудили климатические последствия ядерного конфликта.

Еще несколько лет назад западногерманский физик профессор Г. Крудцен подсчитал, что высокая концентрация энергии при достаточном доступе кислорода порождает самоподдерживающиеся пожары. При этом возникают огненные смерчи, или торнадо, в которых горит буквально все, даже железобетон или, точнее, его металлическая арматура. Именно подобные условия создаются при ядерной бомбардировке и железобетонные города будут гореть как бумага в бушующих ядерных торнадо.

Во время пожаров будет, конечно, уничтожаться все живое. Громадные количества сажи поднимутся в атмосферу и образуют густые, черные, светонепроницае-

мые облака. О том, к каким последствиям это приведет, выяснил известный американский астроном К. Саган. Он составил некий сценарий, по которому должны происходить события. На любого, не потерявшего разум, человека «сценарий Сагана» производит жуткое впечатление, Судите сами! Предполагается, что во время ядерного конфликта будет при обмене ударами истрачено 5000 мегатонн ядерного горючего, что, кстати, составляет всего 12 % общих запасов такого горючего, накопленного в мире. Этого окажется вполне достаточно, чтобы огненный вихрь снес с лица Земли тысячу крупных городов северного полушария. Слой сажи, образовавшийся при пожарах в верхних слоях атмосферы, станет таким плотным, что до земной поверхности станет доходить лишь одна десятиллионная доля той солнечной энергии, которую обычно Земля получает. Короче говоря, наступит ночь, более темная, чем в любую пасмурную погоду. Так как выпадение сажи происходит очень медленно, «ядерная ночь» продлится более года, даже если ядерная война и прекратится.

Глубоко ошибаются те, кто полагает, что эти события произойдут только в районе ядерного конфликта. Атмосфера нестабильна, ее слои перемешиваются и опыт давно подсказал, что продукты высотных ядерных взрывов через год равномерно распределяются по всей атмосфере Земли. Так могло бы случиться и здесь. Сажевый покров спустя месяцы разойдется по всей планете и ядерная ночь наступит во всех точках Земли. Заранее очевидно, что долгая ночь, нарушение обычного суточного ритма повлечет за собой самые серьезные последствия. Основываясь на «сценарии Сагана», их со всей тщательностью выявили летом 1983 г. ученые Вычислительного центра АН СССР во главе с академиком Н. Н. Моисеевым. Выполненные на ЭВМ расчеты произвели буквально ошеломляющее впечатление. Оказывается, дело не ограничится «ядерной ночью». На Земле после ядерного конфликта наступит, причем повсеместно, «ядерная зима». Как показали расчеты советских ученых, уже в первый месяц после обмена ядерными ударами между противоборствующими сторонами, в приземном слое температура всюду упадет на 15—20° С, а в центре Сибири и на восточном побережье США еще больше — на 40—45° С. Источники пресной воды замерзнут, урожай погибнет, полная гибель ждет

жизнь и на суше и в океане, где из-за отсутствия солнечного света погибнет весь планктон.

На ЭВМ советские ученые «проиграли» не только «сценарий Сагана», но и многие другие сценарии. Выяснилось, что уже при сравнительно «небольшой», ограниченной по размаху ядерной войне, когда стороны пустят в ход вооружение мощностью не более 100—150 мегатонн, основные города Европы и Америки все равно сгорят и наступит «ядерная зима». Если она продлится даже всего несколько месяцев, земная биосфера ее не переживет!

Независимо от советских ученых к таким же по сути выводам пришли и ученые США. Чтобы дополнить и без того мрачную картину, напомним читателю, что из черных сажевых облаков будут литься радиоактивные дожди, радиация пронизет всю атмосферу. Ядерный конфликт разрушит спасительный озоновый слой и жесткое, канцерогенное солнечное излучение станет беспрепятственно губить то, что еще осталось живым. В ядерном конфликте сразу погибнет свыше миллиарда человек и примерно около двух миллиардов не перенесут «ядерную зиму». А тем, кто все-таки уцелеет, грозят раковые заболевания, распространение наследственных заболеваний (в частности, множество уродств) и быстрое вырождение. Вряд ли стоит рассказывать о других подробностях. Глубоко прав вице-президент АН СССР академик Е. П. Велихов, в итоге обсуждений ситуации на конференции 1983 г. сказавший, что теперь стало всем ясно, что ядерное оружие уже не инструмент политики и не инструмент войны — это инструмент самоубийства! Насколько опасна дальнейшая гонка вооружений красноречиво говорит хотя бы тот факт, что вооружение одной современной подводной атомной лодки эквивалентно 200 мегатонн взрывчатого вещества. Для «ядерной зимы» этого предостаточно.

Вот и получается нелепая картина: многие миллиарды лет потребовалось на формирование Солнца, примерно 5 млрд. лет оно согревает Землю, около 3,5 млрд. лет на Земле существует биосфера. Вероятно, сотни миллионов лет назад в каменноугольный период, биосфера пережила апогей в своем развитии. Затем по своей мощи и продуктивности биосфера пошла на убыль. Но внутри нее от простейших организмов до высших позвоночных постепенно сформировался тип су-

ществ, которым предстояло стать разумными. Примерно миллион лет назад впервые «хомо сапиес» выделились из животного мира. Всего десятки тысяч лет назад (мгновение в истории Земли!) кроманьонцы приобрели облик, внешне схожий с современным человеком. Еще несколько тысяч лет потребовалось для того, чтобы человеческая техника прошла тернистый путь от колеса до космических ракет. И только в последние десятилетия стало ясно всем, что хищнический, потребительский характер человека, особенно ярко проявивший себя в империализме, калечит Землю, безвозвратно уничтожает ее ценные ресурсы, ставит родную планету на грань катастрофы!

Всего один пример. Пятьдесят гектаров в минуту — вот современное потребление леса человечеством! Совсем недалеко то время, когда Земля станет совсем «лысой». Но еще раньше вся биосфера может погибнуть в ядерной войне. С астрономической точки зрения, в Солнечной системе при этом ничего особенного не произойдет. Скорее всего, все пройдет почти незаметно и Земля пополнит список безжизненных исполинских шаров, кружащихся вокруг Солнца. Вряд ли стоит говорить о Галактике — что такое Солнце в звездном мире! Но для нас, людей, ядерная война будет неоправимой катастрофой, верхом нелепости, дерзким вызовом здравому смыслу, рассудку.

Да не будет этого!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Астрогеология.*— М.: Наука, 1962.
2. *Ботт М.* Внутреннее строение Земли.— М.: Мир, 1974.
3. *Бялко А. В.* Наша планета — Земля.— М.: Наука, 1982.
4. *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.— М.: Наука, 1965.
5. *Горбачев А. М.* Общая геология.— М.: Высшая школа, 1973.
6. *Жарков В. И.* Внутреннее строение Земли и планет.— М.: Наука, 1983.
7. *Кауле У.* Введение в физику планет земной группы.— М.: Мир, 1974.
8. *Кауфман У.* Планеты и луны.— М.: Мир, 1982.
9. *Климашин И. А.* Астрономия наших дней.— М.: Наука, 1986.
10. *Кривоуцкий А. Е.* Голубая планета.— М.: Мысль, 1985.
11. *Круть И. В.* Введение в общую теорию Земли.— М.: Мысль, 1978.
12. *Маров М. Я.* Планеты Солнечной системы.— М.: Наука, 1986.
13. *Тейяр де Шерден П.* Феномен Человека.— М.: Прогресс, 1959.
14. *Уманский П. Л.* Космонавтика сегодня и завтра.— М.: Просвещение, 1986.
15. *Физика Космоса: Маленькая энциклопедия* /Под ред. В. П. Глушко.— М.: Наука, 1986.
16. *Шмидт О. Ю.* Геофизика и космогония.— М.: Наука, 1960.
17. *Эйгенсон М. С.* Очерки проявлений солнечной активности.— Львов, изд. Львовского гос. ун-та, 1957.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
О ТЕЛАХ МАССИВНЕЕ ЗЕМЛИ	8
Недра звезд	9
Величайшая из планет	16
Легче воды	23
Гиганты-близнецы	26
НАША УДИВИТЕЛЬНАЯ ПЛАНЕТА	29
Что там, внутри?	30
Рождение Земли	37
Первые шаги нашей планеты	44
Геосферы	49
Загадки прошлого Земли	62
Солнечные ритмы и геология	72
Возникновение жизни	81
Вулканы и жизнь	89
Путь эволюции	94
Направленность эволюции	116
Под знаком космоса	119
Живое вещество и биосфера	123
БИОСФЕРА ПЕРЕХОДИТ В НООСФЕРУ	129
Человек разумный	129
Становление ноосферы	134
Вторая природа	143
«Биологизация» техники	148
Экологическая проблема	154
Противоречия века	168
Научная мысль как планетное явление	177
ОТ ПЛАНЕТ ДО ПЫЛИ	183
Земля извне	184
Мнимый двойник Земли	186
	219

Планета рухнувших надежд	189
На границах планетной системы	191
Луна и луны	193
Среди астероидов	198
Перспективы освоения Солнечной системы	201
Использование планетных недр	211
ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЯДЕРНОГО КОНФЛИКТА (ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ)	213
Список литературы	218

Зигель Ф. Ю.

359 Путешествие по недрам планет.— М.: Недра, 1988.— 220 с. ил.

ISBN 5-247-00079-X

В увлекательной форме рассказано о первых успехах нового направления в науке — сравнительной планетологии. Читатель узнает о новейших достижениях геофизики в изучении недр планеты и спутников, космических связях геофизики, роли гравиметрии в определении фигуры Земли, предсказаниях землетрясений, вулканических процессах на планетах. Значительное место уделено проблемам происхождения Солнечной системы и планет, использованию их недр для технических нужд человечества.

Для широкого круга читателей.

Табл. 1, ил. 15, список лит.—17 назв.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

Феликс Юрьевич Зигель

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО НЕДРАМ ПЛАНЕТ

Редактор издательства *И. В. Васильева*
Оформление художника *Б. А. Сопина*
Художественный редактор *В. В. Шутько*
График иллюстратор *А. В. Лобанов*
Технический редактор *Н. В. Жидкова*
Корректор *К. И. Савенкова*

ИБ № 6617

Сдано в набор 07.09.87. Подписано в печать 21.01.88. Т-02039. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл.-печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 11,76. Уч.-изд. л. 10,96. Тираж 120 000 экз. Заказ 718/823-3. Цена 75 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

В издательстве «Недра» готовятся к печати и выйдут в свет в 1988 г. новые книги

Арабаджи М. С.

В НЕДРАХ ГОЛУБОГО КОНТИНЕНТА. 10 л.: 50 к.

Изложены современные представления о геологии, минеральных ресурсах Мирового океана и основных направлениях его изучения и освоения. Приведены сведения о рельефе океанического дна, выделяемых в его пределах областях осадконакопления, физических свойствах недр океана. Рассмотрены структуры океанического дна — срединно-океанические хребты, глубоководные желоба, рифтовые системы, каньоны и др. Особое внимание уделено проблеме освоения минеральных ресурсов океанического дна и прежде всего нефти и газа.

Для широкого круга читателей; может быть полезной для профессиональной ориентации молодежи.

Грушинский Н. П., Дралкин А. Г.

АНТАРКТИДА. 10 л.: 35 к.

Популярно и увлекательно рассказано о формировании Антарктиды, истории открытия и методах исследования ее, строении ледяного континента, условиях работы советских и зарубежных научных станций, об экспедициях вглубь континента, о животном мире Антарктиды и обитателях вод океана. Приведены примеры международного сотрудничества в Антарктиде по программам Международного геофизического года, Полярного международного года и др., а также взаимной помощи при экстремальных ситуациях.

Для широкого круга читателей разных возрастов и профессий.

Мильничук В. С., Никитина Р. Г., Ярошенко А. В.
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСКУРСИЯ
ПО ВОЕННО-ГРУЗИНСКОЙ ДОРОГЕ
(200 КИЛОМЕТРОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ЗАГАДОК). 10 л.: 30 к.

В популярной форме рассказано об истории формирования Кавказских гор. Описаны современные геологические процессы, связанные с извержением вулканов и землетрясениями, а также деятельностью атмосферных агентов — воды, ветра, температуры и т. д., формирующих современный рельеф Кавказа. Рассмотрены вопросы происхождения горных пород (магматических, осадочных и метаморфических) и сопутствующих полезных ископаемых.

Для читателей, интересующихся геологией Кавказа. Может быть полезна как справочное руководство для геологических и туристско-экскурсионных маршрутов.

Шолпо В. Н.
ЗЕМЛЯ РАСКРЫВАЕТ СВОИ ТАЙНЫ

2-е изд., перераб. и доп. 10 л.: 45 к.

В популярной форме рассказано об актуальных проблемах геотектоники — науки о строении и развитии земной коры. На примере остродискуссионных вопросов обсуждены различные методические подходы к решению проблемы складкообразования и развития подвижных поясов земной коры. Изложена проблема прогноза землетрясений. Дана оценка современных гипотез, рассматривающих эволюцию эндогенных процессов, в результате которых сформировался современный облик Земли. Во втором издании (1-е изд. — 1979) дополнены и переработаны с учетом новых данных и последних достижений науки главы «Подземные бури» и «Идеи и факты». Добавлена глава «От рабочих гипотез к теории».

Для широкого круга читателей, интересующихся развитием Земли.

Переиздается по предложению книготорговых организаций.

Вниманию читателей!

Интересующие Вас книги можно приобрести или заказать в магазинах книготорга, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства «Недра», адреса которых приведены в аннотированном плане, а также через отдел «Книга — почтой» (г. Ленинград, магазин № 17).

Адреса центральных магазинов:

№ 115 — 117334, Москва, Ленинский проспект, 40. Дом научно-технической книги;

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61

75 н.

НЕДРА