

KOCMOC



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6		
МЕЖПЛАНЕТНЫЙ МИР			
Внутренние планеты	10	Внешние планеты	52
Земля	12	Юпитер	54
Тектоническая активность	14	Луны Юпитера	58
Воздух и вода	18	Ио	60
Жизнь	20	Европа	62
Луна	22	Ганимед	64
Венера	28	Каллисто	65
Венера после «Магеллана»	30	Сатурн	66
Меркурий	34	Кольца Сатурна	68
Солнце	36	Луны Сатурна	69
Солнечный цикл	38	Телесто, Пандора, Эпиметей, Мимас	70
Марс	40	Энцелад	72
Марсианские вулканы	42	Тефия, Диона, Рея	74
Долина Маринера	44	Титан	76
Вода на Марсе	46	Гиперион	78
Астероиды	50	Япет, Феба	79
		Уран	80
		Луны Урана	
		Титания, Оберон, Умбриэль	82
		Ариэль, Миранда	83
		Нептун	54
		Луны Нептуна	
		Тритон	86
		Дальние окраины	88
		Плутон, Эрис	90
		Кварвар, Седна	91
		Кометы	92

[Вверху] Панорама туманности Киля.
Снимок сделан космическим
телескопом «Хаббл»



МЕЖЗВЕЗДНЫЙ МИР

Среди звезд	96
Жизнь звезд	104
Рождение звезд	106
Молодые звезды	112
Кратные звезды	114
Внесолнечные планеты	115
Рассеянные скопления	116
Шаровые скопления	118
Переменные звезды	120
Красные гиганты	122
Планетарные туманности	124
Белые карлики	136
Сверхгиганты	138
Сверхновые	140
Останки звезд	144
Млечный Путь	148
Ядро Галактики	150

МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЙ МИР

Местная Группа	156
Большое Магелланово Облако	158
Малое Магелланово Облако	160
Галактика в Андромеде	162
Галактика в Треугольнике	164
Галактика Барнарда	165
Галактики	166
Спиральные галактики	168
Разнообразие спиралей	170
Эллиптические и линзообразные галактики	178
Неправильные галактики	180
Активные галактики	182
Радиогалактики	184
Галактики Сейферта	186
Квазары и блазары	187
Эволюция галактик	186
Взаимодействующие галактики	192
Сталкивающиеся галактики	198

ГЛУБИНЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Скопления галактик	204
Скопления и гравитационное линзирование	206
Волокна и войды	208
Темная материя	210
Взгляд вглубь	212
Да будет свет	214
Большой взрыв	216
Конец?	218
Глоссарий	220
Предметный указатель	222

МЕЖПЛАНЕТНЫЙ МИР

Предисловие

Дэйвы Собел

Мне хочется рассказать вам о том, что происходит с моей головой, когда я пытаюсь представить себе глубину космоса. Людям кажется, что мне это легко дается, потому что я пишу о планетах и езжу наблюдать солнечные затмения. Однако Солнечная система — всего лишь уютное гнездышко по сравнению со всей нашей Галактикой. Но и сама Галактика не более, чем точка в бесконечной протяженности пространства-времени, которое образует Вселенную. И когда я пытаюсь заставить мой мозг вообразить эти гигантские масштабы, он просто отказывается работать. От тишины закладывает уши, как будто в безграничной пустоте, которую мои мысли стараются охватить, им недостает воздуха. И в то же время я чувствую, что падаю куда-то, как часто случается, когда засыпаешь, и уже впадая в забытие, вдруг вскидываешься от неожиданного образа — частью из сна, частью из глубины памяти. Летишь то ли с качелей, то ли с лестницы, и все тело судорожно напрягается, чтобы спастись.

Хотя эти внутренние ощущения, связанные с тишиной и падением, выглядят довольно интимными, подозреваю, что они навеяны каким-нибудь кинофильмом или телепередачей со спецэффектами. Подумайте только, как часто в фантастических фильмах и смонтированных в NASA имитациях космического полета момент выхода за пределы земной атмосферы обозначается наступлением внезапной тишины. Это резкое исчезновение звуков после рева стартовых двигателей сообщает нам о нашем прибытии во внешний, потусторонний мир. А что до падения — что ж, научные телевизионные программы предлагают нам сценарий безвозвратного спуска в бездонные глубины черной дыры. Только перешагнув через горизонт событий одного из этих монстров, и ты тут же распростишься не только со светом и жизнью, но и со всей прошлой историей — и с самой Вселенной. По крайней мере, так мне рассказывали и показывали в анимациях и рисунках. Но, по правде сказать, я так и не смогла обзавестись ментальным устройством для понимания этого явления. И я не в большей степени способна вызывать в воображении представление о черной дыре, чем какой-нибудь муравей способен был бы к ней подползти.

Возможно, будь я лучше подкована в математике, мне было бы легче освоиться в межзвездном мире. А ведь меня едва ли можно назвать полной тупицей в этой области. Я хорошо считала в уме, алгебра, геометрия, тригонометрия и матанализ давались мне без усилий. Но все это не помогает мне освоиться с астрономическими величинами — скажем, с тем чтобы вообразить стомиллиардное звездное население Млечного Пути или два миллиона световых лет расстояния до туманности Андромеды (а это, между прочим, больше двенадцати миллионов триллионов миль — но от этого ничуть не легче). В моей работе мне регулярно случается встречаться с астрономами, которые с легкостью жонглируют такими цифрами, нанизывая одну степень десятки на другую. Я никогда не скрываю, как сильно я им завидую.

С другой стороны, мне приходится встречаться и с людьми, которые доверительно сообщают мне, как им становится страшно, когда они думают о космосе, — настолько страшно, что они предпочли бы о нем вообще не думать. Когда я в первый раз услышала такое признание, я подумала, не может ли страх

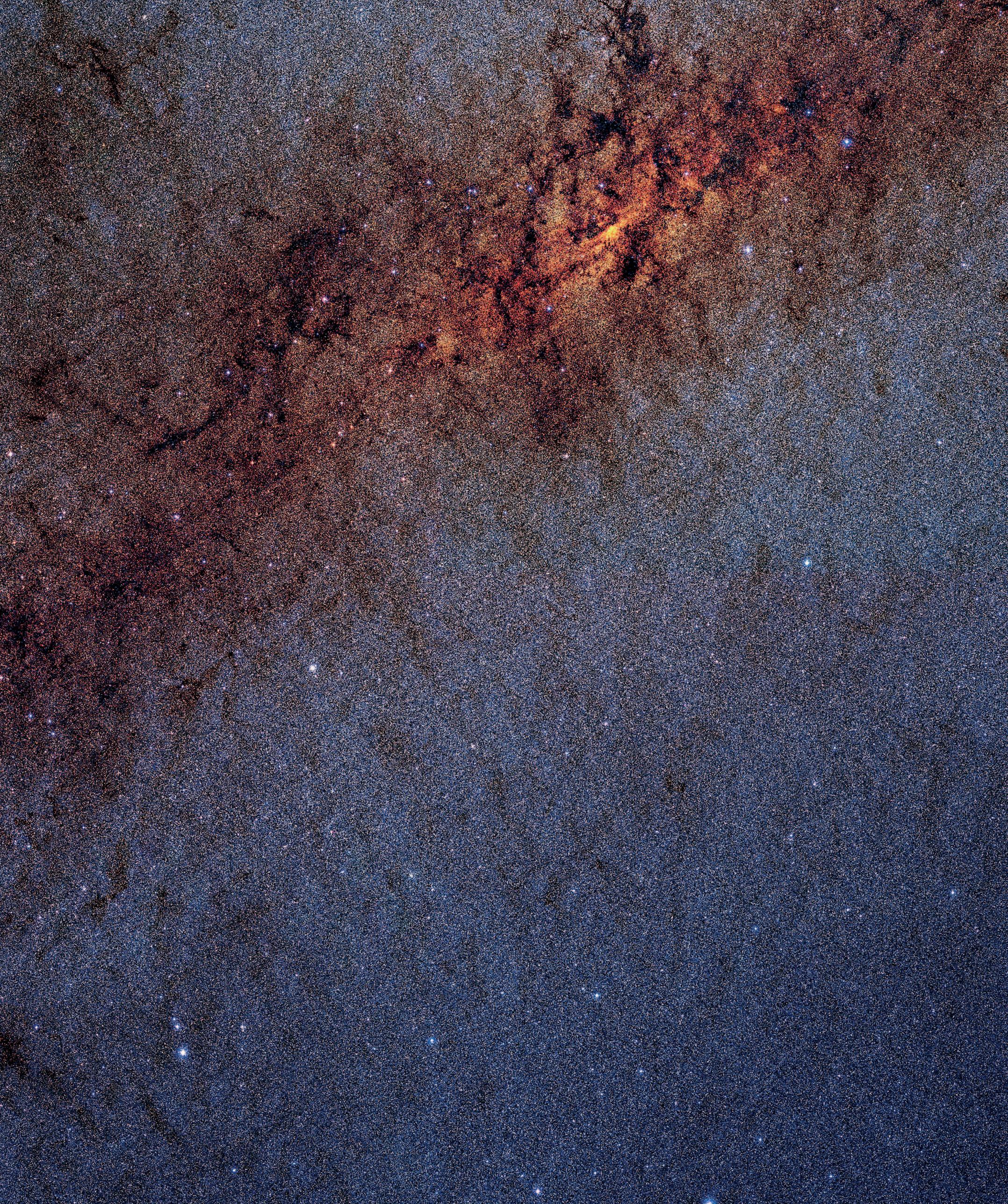
перед космосом быть неким новым болезненным синдромом, травматическим воздействием новостей науки. В конце концов, для многих апокалиптическая угроза столкновения с астероидом стала казаться столь же реальной, как угроза террористической атаки, а о том, что Солнце истощит свое ядерное горючее, некоторые сокрушаются как о неизбежной предстоящей им катастрофе. Но в результате я убедилась, что страх космоса, как страх темноты, — первобытный, иррациональный. Еще в древности он легко мог появиться, просто когда человек оказывался ночью под звездным небом и остро осознавал свою малость под его гигантским шатром.

На протяжении последних пятисот лет каждое крупное открытие в астрономии делало Землю все меньше и меньше по мере того, как осознавались все большие и большие размеры Вселенной. А ведь каждый раз, когда твоя родная планета уменьшается, соразмерно сокращается и представление о человеческой значимости. Этот затянувшийся урок смирения теперь, похоже, достиг кульминации: ведь астрономы обнаружили, что вся видимая Вселенная составляет лишь малую часть реального мира. Другими словами, все, что мы видим в нашем мире, как внутри нашей Галактики, так и во всех отдаленных галактиках, обнаруживаемых самыми дальноточными космическими телескопами, — все это лишь нечто вроде пены на каком-то таинственном основании. Доминирующие компоненты Вселенной, прозванные «темной материей» и «темной энергией», таятся повсюду, они окружают нас со всех сторон, но по-прежнему остаются ненаблюдаемыми и непонятными.

Вам могло бы показаться, что вот тут-то, на размытой границе между темной материей и темной энергией, люди вроде меня, с их ограниченным воображением и провалами в интеллекте, и должны окончательно признать свое поражение. Совсем наоборот — я чувствую себя в космосе как дома, как на чудесном лугу, заросшем прекрасными цветами. Пульсары и магнетары, квазары, блазары и другие экзотические растения вокруг меня объединены одной и той же раскинувшейся во все стороны безграничной средой, а может быть, и одним и тем же источником. Ведь и моя собственная родословная восходит от моих родителей и прародителей к предшествовавшим формам жизни, и дальше, через поколения звезд, к рассеянному в пространстве остаткам взрывов сверхновых, к связывающей все на свете силе тяготения. В конечном счете я просто хочу сказать, что трудности в осмыслении Вселенной не должны лишать человека радости ощущать свою принадлежность к ней.

Даже у темной материи и темной энергии, этих пресловутых страшилищ, таящихся в космической тьме, есть своя светлая, манящая сторона. Сама простота этих названий, кажется, противостоит гигантскому масштабу тайны, окружающей их природу. Подобно тому, как в первые дни библейского космоса «был Вечер, и было Утро», подобно «Большому взрыву» и «Большому холоду», современным техническим терминам, обозначающим способ рождения Вселенной и наиболее вероятный сценарий ее смерти, слова «темная материя» и «темная энергия» звучат в космосе призывным свистом, называя неназываемое и обозначая человеческое присутствие в поистине безграничном мире.





Внутренние планеты

Солнце содержит 99,86 процентов массы Солнечной системы. Более 90 процентов остальной массы приходится на планеты — газовые гиганты. Оставшаяся крохотная доля общей массы — это еще четыре очень разные планеты.

Солнечная система четко делится на три основные области. Во внутренней зоне, в центре которой находится и само Солнце, вокруг него обращаются относительно маленькие каменные планеты земного типа. За ней начинается мир гигантских планет — огромных газовых шаров, каждый со своей миниатюрной «Солнечной системой» спутников. И еще дальше лежит внешняя зона — безбрежное пустое пространство, в котором рассыпаны большие и малые ледяные миры.

Земля — третья от Солнца планета, самая крупная из планет земного типа. Наш космический дом совершает оборот вокруг Солнца за 365,25 дня — мы называем этот промежуток времени годом. Как и все планеты, Земля одновременно вращается и вокруг своей оси — поэтому, если смотреть с земной поверхности, Солнце движется по небу и освещает различные части планеты. Земля находится от Солнца на расстоянии примерно 150 000 000 км — чуть ближе в январе, чуть дальше в июле. Наша планета единственная из внутренних планет имеет большой естественный спутник — Луну.

Приближаясь к Солнцу, мы сначала увидим Венеру — планету почти такого же размера, как Земля. Год на ней длится 225 земных дней, а оборот вокруг оси — 243. При ее среднем расстоянии от Солнца в 108 000 000 км относительно небольшие различия между Землей и Венерой за время их развития привели к поразительно разным результатам, и теперь у Венеры с Землей нет почти никакого сходства.

Еще ближе к Солнцу Меркурий. Это самая маленькая из планет (меньше нее только Плутон, находящийся на противоположном краю Солнечной системы и переведенный в категорию карликовых планет). Меркурию хорошо подходит его имя «гонца богов» — он обращается вокруг Солнца всего за 88 дней. Его поверхность выжжена палящим солнечным светом, под которым он медленно оборачивается вокруг оси за каждые 58,67 земных дня. За меркурианский год планета совершает вокруг оси ровно три оборота.

Орбита Меркурия довольно необычна. Она вытянута в эллипс, в то время как у большинства планет орбиты почти круговые. В точке наибольшего сближения с Солнцем — перигелии, Меркурий находится от него на расстоянии всего в 46 000 000 км, а в самой далекой точке орбиты, афелии — уже в 70 000 000 км. Кроме того, орбита Меркурия на

целых семь градусов наклонена к главной плоскости Солнечной системы, вблизи которой лежит большинство планетных орбит.

Если же лететь с Земли не к Солнцу, а от него, там лежит Марс. По размерам он между Меркурием и Венерой. Из всех планет он больше всего похож на Землю. Его орбита тоже эллиптическая — расстояние Марса от Солнца меняется от 207 000 000 км в перигелии до 249 000 000 км в афелии. Полный оборот вокруг Солнца он совершает за 687 земных дней, но период осевого вращения у него — 24 часа 38 минут, и ось вращения наклонена к плоскости орбиты примерно под тем же углом, что и у Земли. Поэтому на Марсе примерно такая же, как на Земле, долгота дня и смена времен года.

Внутреннюю область Солнечной системы окружает кольцом каменная гряда — лежащий между Марсом и Юпитером пояс астероидов, малых каменных миров. У крупнейших астероидов поперечник около 1000 км, но большинство их гораздо меньше. Не все они обречены находиться внутри пояса астероидов — у многих вытянутые эллиптические орбиты, которые иногда приводят их в окрестности Земли, а то и еще ближе к Солнцу. Для астероидов, подлетающих близко к Земле, существует специальное название «околоземные астероиды» или «астероиды, сближающиеся с Землей» (АСЗ).

Образование каменных планет

Каждая из планет земной группы уникальна, у каждой есть черты, которых мы больше нигде в Солнечной системе не встречаем. Однако, сравнивая их друг с другом, мы можем сделать кое-какие выводы об их геологической истории. В эпоху после образования Солнца температура в этой области Солнечной системы была высокой. Устоять могли только тугоплавкие вещества, а летучие льды, состоящие из воды и других химических соединений, должны были превратиться в пар и смешаться с газом, оставшимся вокруг Солнца после его образования. Этот газ в конце концов либо притягивался к Солнцу могучей силой его гравитации, либо, что было более вероятно, разлетался в разные стороны под влиянием мощного солнечного ветра.

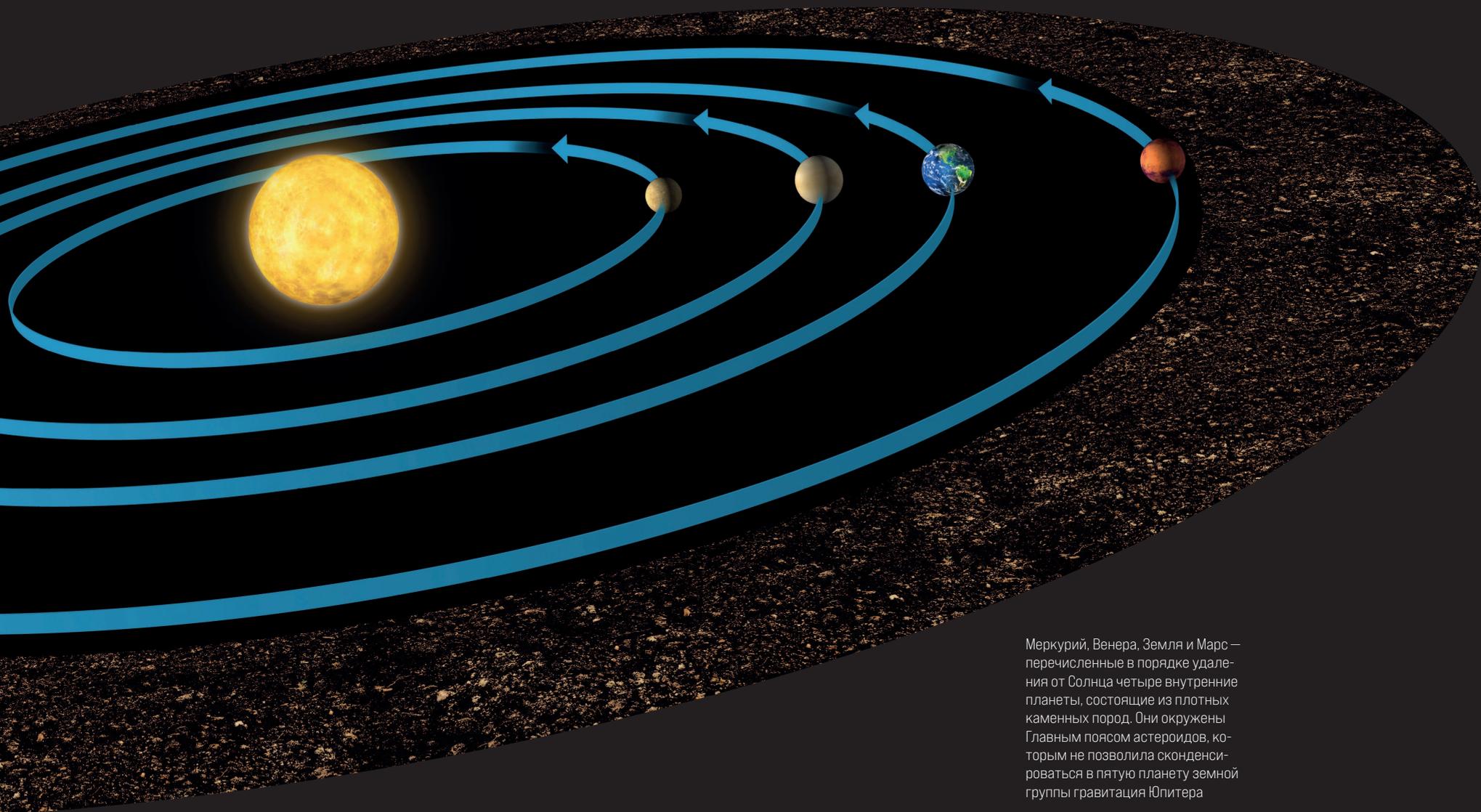
А жароустойчивые частицы, обращавшиеся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам с различными наклонениями, должны были образовать вокруг него кольцо в форме неровного бублика. Столкно-

вения между частицами были очень частыми, и частицы постепенно сбивались в кучки. За десятки миллионов лет таким путем сформировались первые планетезимали — объекты, достаточно большие для того, чтобы обладать заметной силой притяжения. Они стягивали к себе все больше вещества, быстро росли и приобретали размеры малых планет. Вероятно, несколько десятков планетезималей сумело преодолеть стадию быстрого роста, не развалившись на части и сделавшись планетоидами — телами, сила гравитации которых была уже такой большой, что они приобрели примерно сферическую форму.

В течение следующих нескольких миллионов лет большинство планетоидов, сливаясь друг с другом, образовало те самые планеты, которые мы видим сегодня. Пара последних крупных столкновений такого рода оставила во внутренней Солнечной системе — для тех, кто знает, куда смотреть — свои знаки. Одно из них оторвало от Меркурия большое количество легких веществ; второе породило нашу Луну.

Примерно 4,55 миллиарда лет назад внутренние планеты уже выглядели очень похожими на те, какими мы их знаем. Однако, внутренняя Солнечная система была все еще заполнена обломками, оставшимися после их образования. Еще больше вещества выбрасывалось в направлении Солнца при событиях во внешней Солнечной системе (см. стр. 52 и 88). Несколько сот миллионов лет на поверхности планет постоянно выпадал каменный дождь; кульминацией этой эпохи стал относительно краткий период, получивший название «Поздней тяжелой бомбардировки» — в беззащитную поверхность планет врезались крупные астероиды, вызывая катаклизмы планетарного масштаба. К этому периоду относятся все большие ударные кратеры на Луне — они образовались на протяжении нескольких десятков миллионов лет около 3,9 миллиарда лет назад.

В результате формирования внутренних планет в недрах каждой из них образовался источник внутренней энергии, которая определяла геологическую активность на их поверхности. Вначале этой энергией было просто тепло, порожденное бесчисленными столкновениями в процессе формирования планет. Но это тепло накапливалось и соединялось с энергией радиоактивного распада веществ в глубине каменных недр планеты. И в том, и в другом случае ясно, что чем больше планета, тем более мощный и длительно действующий источник энергии таится



Меркурий, Венера, Земля и Марс — перечисленные в порядке удаления от Солнца четыре внутренние планеты, состоящие из плотных каменных пород. Они окружены Главным поясом астероидов, которым не позволила сконденсироваться в пятую планету земной группы гравитация Юпитера

в ее глубинах. Размер дает еще одно преимущество: большая планета имеет относительно меньшую площадь поверхности, через которую происходит утечка тепла.

Все это помогает объяснить различную активность, которую мы наблюдаем сегодня у разных планет. Наибольшую геологическую активность различного вида проявляет Земля, за ней идет Венера (хотя на ней, эти процессы идут как будто рывками); несколько менее активен Марс. И Меркурий, и Луна давно уже растеряли большую часть своего внутреннего тепла и остаются геологически неактивными на протяжении миллиардов лет; на рельеф их поверхностей оказывали влияние только постоянные метеоритные удары.

Малые миры

Кроме пяти главных тел внутренней Солнечной системы (четырёх планет земной группы и Луны), наша область пространства наполнена множеством объектов меньших размеров. Самые значительные среди них — астероиды, орбиты большинства которых лежат в поясе астероидов между Марсом и Юпитером. Они отмечают границу внутренней Солнечной системы — зону, в которой гравитация близлежащего Юпитера достаточно сильна, чтобы помешать формированию любой мало-мальски крупной планеты. Даже если бы можно было собрать все астероиды вместе, их суммарная масса оказалась бы гораздо меньше массы Меркурия, так что старая идея, что астероиды являются остатками разрушенной пятой планеты, не очень правдоподобна. Считается, что большинство астероидов со времени своего образования изменилось очень мало — даже у крупнейших из них, обладающих достаточной гравитацией, чтобы выглядеть приблизительно круглыми, на поверхности не заметно признаков геологической активности. Исключения из этого правила — Веста и горсточка астероидов, по-видимому, связанных с ней. Этот носящий следы бесчисленных ударов мир покрыт чем-то вроде застывшей магмы.

Хотя астероиды разделены огромными пространствами, в астрономической шкале времени сближения и даже столкновения между ними неизбежны. Иногда в результате таких столкновений астероид разлетается на куски, которые постепенно рассеиваются вокруг первоначальной орбиты. В других случаях взаимодействие между астероидами

и без столкновения может выдать астероид на новую орбиту. Точно такое же влияние оказывают и тесные сближения с Юпитером — астероиды выбрасываются из пояса на новые пути. За миллиарды лет эти механизмы оказались столь эффективными, что в поясе астероидов на определенных расстояниях от Солнца образовались отчетливые просветы — «люки Кирквуда», отмечающие положения орбит, на которых астероиды регулярно тесно сближаются с Юпитером.

Некоторые «беглецы» из пояса астероидов рассеиваются по внутренней Солнечной системе и пополняют группу астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ). Об этой группе малых планет мы, наверное, знаем больше всего. Если уж астероид выброшен на эллиптическую орбиту, которая приводит его в окрестности главных планет земной группы, шансы на то, что орбита этого астероида испытает дальнейшие гравитационные искажения под их воздействием, резко возрастают. В результате образовались три основные группы АСЗ, каждая из которых названа по имени первого открытого члена «семейства».

Астероиды группы Аполлона («аполлоны») подходят к Солнцу ближе, чем сама Земля, хотя в наиболее удаленной от Солнца точке своей орбиты (афелии) они снова оказываются в Главном поясе астероидов, откуда и произошли.

«Амуры» (астероиды группы Амура) дальше от Солнца, чем «аполлоны». Часть времени они проводят между Марсом и Солнцем, но с Землей тесно не сближаются, а в афелии тоже возвращаются в Главный пояс.

Пересекающие орбиту Земли астероиды группы Атона полностью расстались с Главным поясом. На определенной стадии своей жизни они должны были принадлежать к семейству «аполлонов», но тесные сближения с Землей заставили их перейти на гораздо более вытянутые орбиты. Теперь «атоны» пересекают земную орбиту только близ афелия, а большую часть времени проводят ближе к Солнцу.

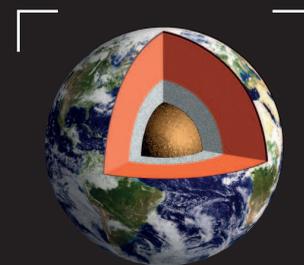
Хотя у многих из астероидов семейства Аполлона орбиты пересекают земную, лишь несколько из открытых на сегодня «аполлонов» могли бы реально угрожать нашей планете. Орбиты большинства из них заметно наклонены к плоскости орбит главных внутренних планет; у многих в результате возмущений периоды обращения стали такими, при которых они ни с одной планетой не

сближаются. И все же, в космической шкале времени такие сближения и даже столкновения неизбежны — и наш земной мир, и другие миры носят следы этих катастроф, которые проявляются на физическом, а на Земле еще и на эволюционном и палеонтологическом уровне.

Впрочем, и на более коротких временных масштабах малые столкновения случаются почти постоянно. Межпланетное пространство никак не назовешь пустым — оно заполнено мелкими камнями и пылевыми частицами. Многие из этих камней — это обломки разрушенных астероидов, а большая часть пыли оставлена кометами во время их визитов из внешней части Солнечной системы. Все это вещество, как правило, не находится на круговой орбите вокруг Солнца, поэтому большие планеты постоянно на него натываются. Большая часть выпадающей на Землю космической пыли сгорает в атмосфере в виде метеоров, но каменные осколки могут перенести нагрев, испытываемый ими при полете сквозь земную атмосферу, и долететь до поверхности в виде метеоритов — ценных образцов первобытной материи, по всей видимости, оставшихся неизменными с ранних дней существования Солнечной системы. Атмосфера Венеры, более плотная, чем земная, оказывается еще более труднопроходимым барьером — сквозь него могут проникнуть только самые крупные метеориты. Даже тонкая воздушная прослойка над поверхностью Марса дает ему какую-то защиту. Остальные два мира внутренней Солнечной системы — Луна и Меркурий — не имеют никакой атмосферы. Ничто не спасает их от бомбардировки. Ни эрозия, ни тектонические процессы не сглаживают их изрезанной кратерами поверхности, глядя на которую мы можем наглядно представить себе, какое огромное количество метеоритов на нее обрушилось.

Земля

Главные цвета Земли — голубой, зеленый и белый. У нашей планеты активная геология, гигантские океаны и буйное разнообразие жизни.

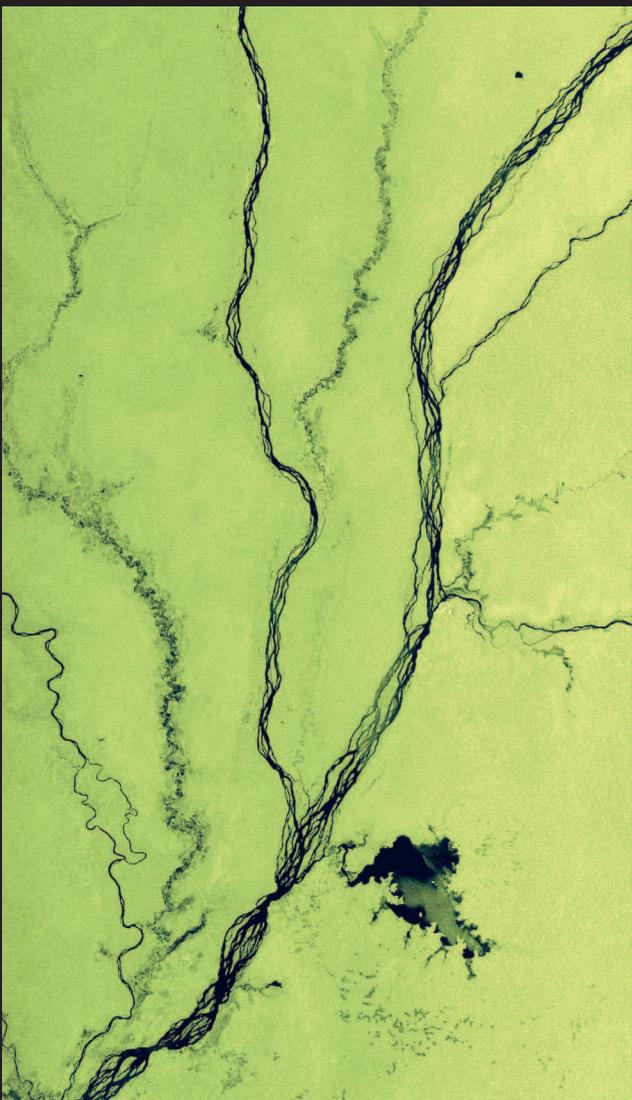


Земная кора глубиной в несколько десятков километров состоит в основном из силикатных (кремниевых) пород. Под ней залегает мантия из твердых, но подвижных каменных пород, еще ниже — железо-никелевое ядро, расплавленное снаружи, но твердое внутри.

Расстояние от Земли	Диаметр	Масса	Продолжительность дня	Продолжительность года	Наклонение орбиты	Наклон оси вращения	Средняя температура поверхности	Среднее тяготение на поверхности
0	12756	1	24	365	0	23,45	15	1
световых минут	км	масса Земли	часа	дней	градусов	градуса	градусов Цельсия	g (ускорение свободного падения)



[1]

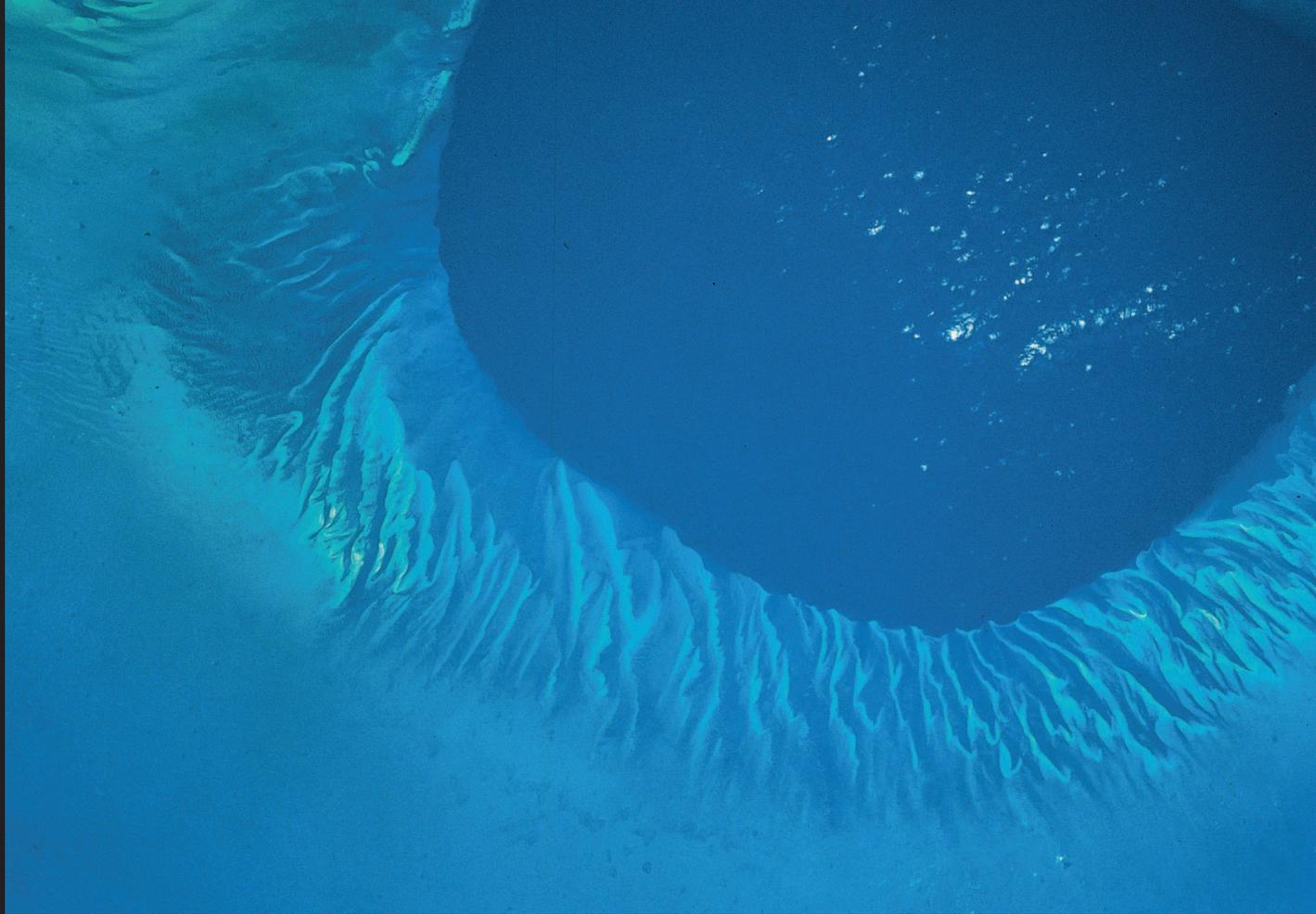


[4]

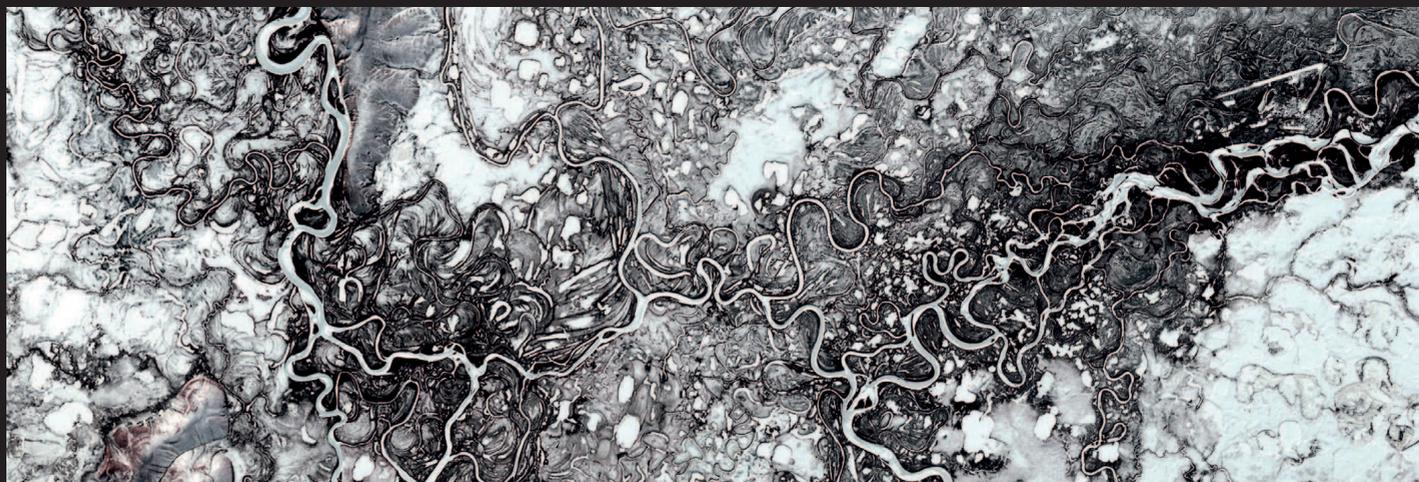
Наша материнская планета — удивительное место. Она возникла как ничем не примечательный каменный шар, обращающийся вокруг вполне заурядной звезды, но стечение целой серии счастливых совпадений превратило ее в гостеприимный, постоянно развивающийся мир, полный разнообразных пейзажей и населенный множеством обитателей.

Земля — крупнейшая из внутренних планет Солнечной системы и единственная из них, обладающая крупным спутником. Последнее обстоятельство — одна из нескольких уникальных особенностей, которые, как мы увидим, могли в прошлом защитить нашу планету от самых страшных угроз из космоса. За 23 часа 56 минут Земля совершает один оборот вокруг своей оси, положение которой определяет северный и южный географические полюса нашей планеты. Земля обращается вокруг Солнца по почти круговой орбите на среднем расстоянии от него в 150 миллионов километров (93 миллиона миль) и за 365,25 дня совершает полный оборот.

Как и у многих других планет, ось вращения Земли наклонена к плоскости ее орбиты. Вместо того, чтобы при обходе вокруг Солнца сохранять вертикальное положение, ось нашей планеты отклоняется от вертикали на угол 23,5 градуса. Этот наклон сохраняет неизменное



[2]



[3]

[1] Вблизи Голубая планета выглядит разноцветной. До 20 процентов ее суши покрыто пустынями. Эти пейзажи могут показаться вечными, но всего 5000 лет назад оазис Теркези в Чаде был покрыт плодородными лугами

[2] Вода покрывает две трети поверхности Земли. Если бы исчезли континенты, океан покрывал бы планету слоем воды глубиной 2500 м. На фото — «Язык океана», глубокая и обрывистая подводная впадина, надвое рассекающая мелководные моря вокруг Багамских островов

[3] Где текут воды, обычно цветет и жизнь. Вокруг великой реки Конго находится четверть всех тропических лесов земного шара. По объему воды, которую она переносит, Конго уступает только Амазонке

[4] Вода и лед определяют рельеф поверхности на планете Земля, украшая ее причудливой резьбой. На крайнем северо-востоке Сибири почва промерзает на сотни метров в глубину, но, когда на короткое время сюда возвращается лето, здесь снова текут реки, покрывая землю абстрактными узорами

направление в пространстве независимо от того, в какой точке своей околосолнечной орбиты находится Земля. Поэтому на протяжении года различные области планеты получают разное количество солнечного света. Этим объясняется смена времен года: в июне Северный полюс Земли обращен к Солнцу и Северное полушарие освещается более щедро (мы называем это летом), а Южному полушарию в это время достается меньше света — там зима. Спустя шесть месяцев, в декабре, наблюдается обратная ситуация.

Большая часть земной поверхности покрыта водой — температурные условия на Земле позволяют ей существовать в жидком состоянии, а атмосфера не дает испаряться и рассеиваться в космическом пространстве. Океаны покрывают две трети поверхности планеты. Вокруг полюсов, в областях, которые по несколько месяцев в году скрыты от солнечного света, образовались полярные шапки — северная плаваает на поверхности холодного океана, а южная покрывает обледеневший континент.

Выступающие из волн континенты и острова — всего лишь самые высокие части покрывающей весь земной шар коры. Толщина коры под океанским дном составляет всего несколько километров, но в древних

«кратонах» — платформах, на которых стоят континенты, — она уходит вглубь планеты на десятки километров. Земная кора медленно, но неуклонно меняет свою форму и распределение масс под воздействием процесса, называемого тектоникой плит (см. стр. 14). В то время, как тектонические процессы ведут к образованию новых участков суши и возникновению горных цепей, ветер, дожди и жара безжалостно стирают их с лица Земли, постепенно превращая в песок даже высочайшие горные массивы.

Главные силы, формирующие облик нашей планеты, соответствуют четырем «элементам», или первичным стихиям, древних: тектоника представляет силы земли и огня, эрозия — воздуха и воды. Но в этом уравнении есть и еще один важнейший элемент — жизнь. Развитие сложных форм жизни отличает нашу планету от всех остальных миров Солнечной системы. За почти четыре миллиарда лет жизнь стала неразрывно связана с остальными механизмами, определяющими строение нашего мира. Ученые, исследующие окружающую среду, уподобляют нашу планету единому гигантскому саморегулирующемуся организму, в котором переплетаются биологические и геологические процессы, и в такой точке зрения есть глубокий смысл.



[1]



[2]

[1] Анды — величайший в мире вулканический горный массив, возникший в результате бурных тектонических процессов, которые бушуют в километрах под ним и вызваны тем, что литосферную плиту Наска [восточный участок дна Тихого океана] подминает под себя Южноамериканская плита. На этом инфракрасном снимке спутника — вулканическая область Пампа Лукзар в Боливии.

[2] Мауна Лоа — действующий вулкан в Гавайской вулканической цепи, возвышающийся на 8 км [5 миль] над уровнем морского дна. Эти вулканы не отмечают границу тектонического сдвига — они расположены в тех точках тихоокеанского бассейна, где «горячее пятно» в мантии Земли прожгло земную кору. В ходе происходящего на протяжении миллионов лет дрейфа плиты, расположенной над этим горячим пятном, одни вулканы один за другим затихают, а на смену им появляются новые.

[на соседней странице] Каждый горный массив хранит память о геологической истории Земли: хребет Анти-Атлас в Марокко когда-то находился на дне древнего океана Тетис, пока при столкновении Африки с Евразией из донных осадочных пород не поднялись горные пики.

Тектоника

Земля отличается от других планет — ее соседок по Солнечной системе, и одно из самых важных отличий лежит в области геологии. Наша планета — единственная из внутренних планет, в недрах которой существует развитая система тектонических плит. Тектоника плит — сила, которая поддерживает континенты Земли в непрерывном движении и постоянно обновляет земную кору.

Кора разделена на семь основных плит поперечником в несколько тысяч километров; кроме них, есть еще много плит меньших размеров. Толщина плит варьирует от всего нескольких миль под океанским дном, до примерно 110 км [70 миль] под континентами, причем самые высокие области земной поверхности имеют и самые глубокие «корни» в земной коре, напоминая айсберги с их подводной частью. Под корой на большой глубине располагается мантия, в которой частично расплавленные каменные породы постоянно перемешиваются, образуя гигантские конвекционные потоки, переносящие тепло из недр Земли к ее поверхности. На границе между мантией и корой имеется тонкий и гораздо более текучий слой, называемый астеносферой. На его поверхности и плавают плиты, уносимые в разных направлениях конвективными потоками из лежащей под ними мантии.

Когда плиты сталкиваются, возможно несколько сценариев их дальнейшего движения. Если они будут дрейфовать прочь друг от друга, между ними образуется разрыв, через который поднимется расплавленная магма и образует новый участок коры. Так появляются рифтовые долины и ущелья — такие, например, как долина, пересекающая Восточную Африку, — и глубоководные вулканические горные цепи, такие, как Срединно-Атлантический хребет.

Там, где плиты движутся друг мимо друга по касательной, они формируют зоны землетрясений. Такие плиты могут и уткнуться друг в друга, долго оставаясь неподвижными, а потом внезапно начать скользить вперед. В этом случае последствия бывают катастро-

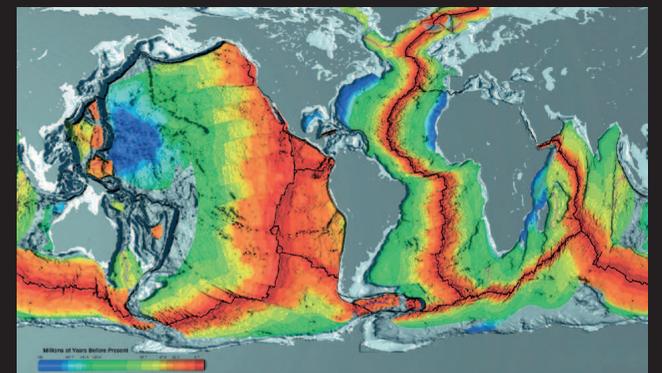
фическими. Вероятно, наиболее известным примером такого стыка плит является разлом Сант-Андреас в Калифорнии.

Наконец, когда плиты движутся друг другу «в лоб», какая-то из них должна уступить. Если встречаются океанская и континентальная плиты, подается обычно тонкая океанская плита. Часто случается, что континентальная плита ее подминает — это называется субдукцией. При этом плиты плавятся и в верхней мантии выделяется огромное количество тепла, которое, поднимаясь, может привести к образованию вулканической горной цепи или дуги, такой, как Тихоокеанское огненное кольцо.

К еще более эффектным результатам приводит столкновение двух континентальных плит. Одна из них обычно взгромождается на другую, вследствие чего образуется гигантская зона деформации и между сталкивающимися плитами вырастают горные цепи. Именно такое столкновение между индийским субконтинентом и плитой азиатского материка привело к образованию самой крупной сейчас горной структуры мира — Гималаев.

Хотя тектоника приводит к образованию гор, постоянно действуют и процессы эрозии, стирающие эти горы в порошок. 300 миллионов лет назад Аппалачский хребет на северо-востоке Соединенных Штатов был Гималаями палеозойского мира — теперь от них осталась лишь тень былого величия.

Откуда же у Земли могучая тектоническая система, которой нет у соседних планет? Отчасти ответ может быть связан с размерами нашей планеты — как у крупнейшей планеты земной группы, у нее самые горячие недра и больше тектонической энергии. Однако воде тоже может принадлежать ключевая роль. Когда при наплывании одной плиты на другую вода попадает в верхнюю мантию, она, возможно, обеспечивает «смазку» астеносферы, в то время как способность процессов выветривания изменять плотность каменных пород может предотвращать сцепление континентов друг с другом и их стагнацию.



• Идея дрейфа континентов была предложена немецким ученым Альфредом Вегенером в начале 1900-х. Он обратил внимание на бросающееся в глаза сходство береговых линий на противоположных сторонах Атлантического океана и на сходство некоторых окаменелостей, найденных в удаленных друг от друга частях света. Однако во времена Вегенера еще не был известен геологический механизм движения континентов, поэтому его предположение осталось без внимания, а порой над ним открыто издевались. Только в 1950-х геологи начали открывать пересекающие на большой глубине океанское дно магнитные «полосы», которые, во-первых, свидетельствовали о том, что в горных хребтах в глубине океанов постоянно образуется новая кора, во-вторых, представляли собой сохранившуюся «запись» магнитного поля Земли в процессе ее затвердевания. Эти открытия привели к возрождению идеи Вегенера в виде модифицированной теории «тектоники плит», которая быстро доказала свою правильность, объяснив много геологических загадок.