



Династия

Нил ШУБИН

ВСЕЛЕННАЯ ВНУТРИ НАС

Что общего у камней,
планет и людей

СЕРИЯ Э | Л | Е | М | Е | Н | Т | Ы

«...Возвратишься в землю, из которой ты взят, ибо прах ты и в прах возвратишься», – напоминает Библия. «Так и есть», – соглашается автор бестселлера «Внутренняя рыба» (2008; рус. пер. 2010), профессор биологии Чикагского университета и член Национальной академии наук США Нил Шубин. И уточняет: человек состоит в кровном родстве не только со всеми живыми организмами, но и с землей, с водой и воздухом, с нашей планетой, с Галактикой и всей Вселенной. Наши тела сотканы за миллиарды лет эволюции из «звездной пыли». Автор пересказывает – буквально с космическим размахом – историю человечества, начавшуюся еще в момент Большого взрыва.

- [Нил Шубин](#)
 -
 - [Пролог](#)
 - [Глава 1](#)
 - [Глава 2](#)
 -
 - [Рождение звезд](#)
 - [Глава 3](#)
 -
 - [Голубые брызги](#)
 - [Близнецы-уродцы](#)
 - [Хвала Юпитеру](#)
 - [Глава 4](#)
 -
 - [Следим за временем](#)
 - [Конец ознакомительного фрагмента.](#)
 - [notes](#)
 - [1](#)
-
-

Нил Шубин

Вселенная внутри нас: что общего у камней, планет и людей

Посвящается Мишель, Натаниэлю и Ханне

Neil Shubin

The universe Within

Discovering the Common History of Rocks, Planets, and People



Серия “Элементы” основана в 2007 г.

Перевод с английского

канд. хим. наук Татьяны Мосоловой

Издательство АСТ. Москва

Издание осуществлено при поддержке Фонда некоммерческих программ Дмитрия Зимина “Династия”

Художественное оформление и макет серии Андрея Бондаренко

© Neil Shubin, 2013

© Т. Мосолова, перевод на русский язык, 2013

© А. Бондаренко, художественное оформление, макет, 2013

© ООО “Издательство АСТ”, 2013

Издательство CORPUS ®

Фонд некоммерческих программ



“Династия” основан в 2002 году Дмитрием Борисовичем Зиминим, почетным президентом компании “Вымпелком”. Приоритетные направления деятельности Фонда – развитие фундаментальной науки и образования в России, популяризация науки и просвещение. В рамках программы по популяризации науки Фондом запущено несколько проектов. В их числе – сайт elementy.ru, ставший одним из ведущих в русскоязычном

Интернете тематических ресурсов, а также проект “Библиотека ‘Династии’” – издание современных научно-популярных книг, тщательно отобранных экспертами-учеными. Книга, которую вы держите в руках, выпущена в рамках этого проекта. Более подробную информацию о Фонде “Династия” вы найдете по адресу www.dynastyfdn.ru.

Значительную часть времени я занимаюсь тем, что разглядываю камни под ногами, и поэтому у меня сложился определенный взгляд на жизнь и на Вселенную. Ответы на интересующие меня вопросы о возникновении живых организмов я ищу в песках пустынь или в арктических льдах. Возможно, кому-то это покажется странным, но примерно тем же занимаются и те мои коллеги, которые вглядываются в свет далеких звезд и галактик, рисуют карты океанического дна или изучают поверхность бесплодных планет Солнечной системы. Объединяют нашу работу некоторые из самых удивительных идей, когда-либо рожденных человечеством – идеи о том, как возникли мы и весь наш мир.

Именно эти идеи вдохновили меня на создание моей первой книги – “Внутренняя рыба”^[1]. В каждом органе, в каждой клетке, в каждом фрагменте ДНК в нашем организме запечатлены следы трех с половиной миллиардов лет истории жизни на Земле. Эта история определила форму наших тел, но ключ к ее разгадке следует искать в отпечатках древних червей на камнях, в ДНК рыб и в гуще водорослей на дне прудов.

Обдумывая первую книгу, я понял, что черви, рыбы и водоросли указывают нам на другие, еще более глубокие связи, уходящие в прошлое на миллиарды лет, когда на Земле еще не существовало никакой жизни. Рождение звезд, движение небесных тел и даже появление дня и ночи оставили следы внутри нас.

За последние 13,7 миллиарда лет в результате Большого взрыва возникла Вселенная, стали появляться и исчезать звезды, образовалась из космической материи наша планета. С тех пор Земля неустанно вращалась вокруг Солнца, а на ней появлялись и исчезали моря и континенты. Многочисленные открытия прошлого столетия подтвердили многомиллиардную историю Земли, необъятность космоса и скромное положение человека на древе жизни. Все эти новые знания могут вызвать законный вопрос: неужели задача ученых состоит именно в том, чтобы заставлять людей чувствовать себя мелкими, ничтожными созданиями перед бесконечностью пространства и времени?

Но разве, расщепляя крошечные атомы и наблюдая за галактиками, изучая камни на самых высоких вершинах и в самых глубоких океанических впадинах, а также исследуя ДНК всех живущих ныне существ, мы не открываем изумительно прекрасную истину? В каждом из нас живет глубочайшая история всего сущего.

Глава 1

И все завертелось

С высоты птичьего полета я и мой напарник могли бы показаться двумя черными песчинками, застрявшими высоко на склоне среди камней, льда и снега. Подходил к концу наш долгий маршрут, и мы возвращались в лагерь, разбитый на гряде, зажатой между двумя крупнейшими ледовыми щитами планеты. Под ясным северным небом лежало пространство от дрейфующих льдов Арктики на востоке до безграничных ледниковых покровов Гренландии на западе. После продуктивного дня и долгой прогулки мы, увидев эту величественную картину, почувствовали себя на вершине мира.

Однако внезапно состоянию блаженства пришел конец, и все потому, что почва под ногами переменялась. Мы пересекали полосу материковой породы, и бурый песчаник уступил место участку розового известняка, а это, как нам было известно, верный признак того, что поблизости могут найтись окаменелости. Мы уже несколько минут разглядывали валуны, когда я заметил необычный отблеск, исходивший от одного из камней размером с дыню. Опыт работы в полевых условиях научил меня прислушиваться к внутреннему голосу. Мы приехали в Гренландию для охоты за мелкими окаменелостями, и потому я привык разглядывать камни сквозь увеличительное стекло. Это блестела белая крупинка размером не больше кунжутного семечка. Добрых пять минут я разглядывал камень, а потом передал находку Фаришу, моему спутнику, чтобы услышать его авторитетное мнение.

Фариш замер, вглядываясь в крупинку, а потом посмотрел на меня с восторгом и изумлением. Ставив перчатки, он высоко, метров на пять, подбросил их – и крепко сжал меня в объятиях.

Подобный взрыв эмоций отвлек меня от абсурдности ситуации: бурный восторг вызвала находка зуба размером с песчинку! Но мы нашли то, что искали три года, потратив уйму денег, то, в погоне за чем не раз растягивали себе связки на ногах: недостающее звено между пресмыкающимися и млекопитающими возрастом около двухсот миллионов лет. Конечно, наш проект не сводился к поиску одного-единственного трофея. Этот маленький зуб – лишь одна из ниточек, связывающих нас с древностью. В гренландских скалах заключена часть тех сил, что некогда сформировали наши тела, нашу планету и даже нашу Вселенную.

Отыскать связи с этим древним миром – все равно что обнаружить в оптической иллюзии первоначальный рисунок. Мы ежедневно видим людей, камни и звезды. Но тренируйте глаза – и привычные вещи предстанут перед вами в необычном ракурсе. Если вы научитесь смотреть на мир, то предметы и звезды станут для вас окном в прошлое – таким огромным, что оно почти не поддается осознанию. В нашем общем далеком прошлом случались страшные катастрофы, и они не могли не отразиться на живых существах.

Как огромный мир может отразиться в маленьком зубе или даже в человеческом теле?

Я начну с рассказа о том, как я и мои коллеги впервые попали на ту горную гряду в Гренландии.

Представьте себе долину, простирающуюся так далеко, насколько хватает глаз. И вы ищите здесь окаменелости размером с точку в конце предложения. Окаменелости и необъятная долина несопоставимы по размерам, но любая долина покажется крошечной в

сравнении с поверхностью Земли. Научиться отыскивать следы древней жизни – значит научиться смотреть на камни не как на неподвижные объекты, но как на динамические сущности, часто с историей, насыщенной событиями. Это относится и ко всему нашему миру, и к нашим телам, представляющим собой “моментальный снимок”, запечатлевший определенный момент времени.

За последние полтора века тактика открытия мест для охоты за окаменелостями почти не изменилась. В принципе, здесь нет ничего сложного: следует найти участок, где на поверхности лежат камни интересующего нас возраста, причем такие, в которых с наибольшей вероятностью могут содержаться окаменелости. Чем меньше придется копать, тем лучше. Этот подход, который я описал в своей книге “Внутренняя рыба”, позволил мне и моим коллегам в 2004 году обнаружить остатки рыбы, готовившейся выйти на сушу.

Будучи студентом, в начале 80-х годов я вошел в группу, занимавшуюся разработкой новых методов поиска окаменелостей. В нашу задачу входил поиск самых ранних родственников млекопитающих. Ученые отыскивали ископаемые остатки мелких животных, напоминающих землероек, и их родственников-пресмыкающихся, однако к середине 80-х годов зашли в тупик. Возникшую проблему лучше всего описывает известная шутка: “Каждое найденное недостающее звено создает два новых пробела в ископаемой летописи”. Мои коллеги внесли свой вклад в создание новых пробелов и были вынуждены заполнять их, в том числе разыскивая камни возрастом около двухсот миллионов лет.

Обнаружению новых местонахождений окаменелостей способствовали экономические и политические события: в поисках источников нефти, газа и других полезных ископаемых многие государства стимулировали создание геологических карт. Поэтому практически в любой геологической библиотеке есть журнальные статьи, отчеты и – на что мы всегда очень рассчитываем! – карты территорий, регионов и стран с детальным описанием возраста, структуры и минерального состава пород, выходящих на поверхность. Задача в том, чтобы найти правильную карту.

Профессор Фариш А. Дженкинс-младший возглавлял исследовательскую группу в Музее сравнительной зоологии в Гарварде. Поиск окаменелостей – это его хлеб, точнее, его самого и его команды, и поиск они начали в библиотеке. Ключевую роль в этом исследовании сыграли коллеги Фариша из другой лаборатории – Чак Шафф и Билл Эймерал. Они использовали свой богатый опыт в геологии, чтобы указать потенциальные места нахождения ископаемых, и, что тоже важно, натренировались видеть на земле мелкие окаменелости. Совместная работа Чака и Билла нередко выглядела как долгая дружеская дискуссия: один выдвигал новую гипотезу, а другой с жаром пытался ее опровергнуть. Если гипотезе удавалось устоять, они выносили ее на суд Фариша, с его логикой и научным чутьем, для вынесения окончательного решения.

Однажды в 1986 году во время такой дискуссии Билл увидел на столе у Чака копию справочника компании “Шелл” по отложениям пермского и триасового периодов. Перелистывая страницы, Билл наткнулся на карту Гренландии с небольшим заштрихованным участком отложений триасового периода на восточном побережье, лежащем на 72-м градусе северной широты, примерно на широте самого северного мыса Аляски. Изучив карту, Билл заявил, что именно с этого места следует начать поиски. Завязалась обычная дискуссия: Чак доказывал, что горные породы здесь не те, а Билл ему возражал.

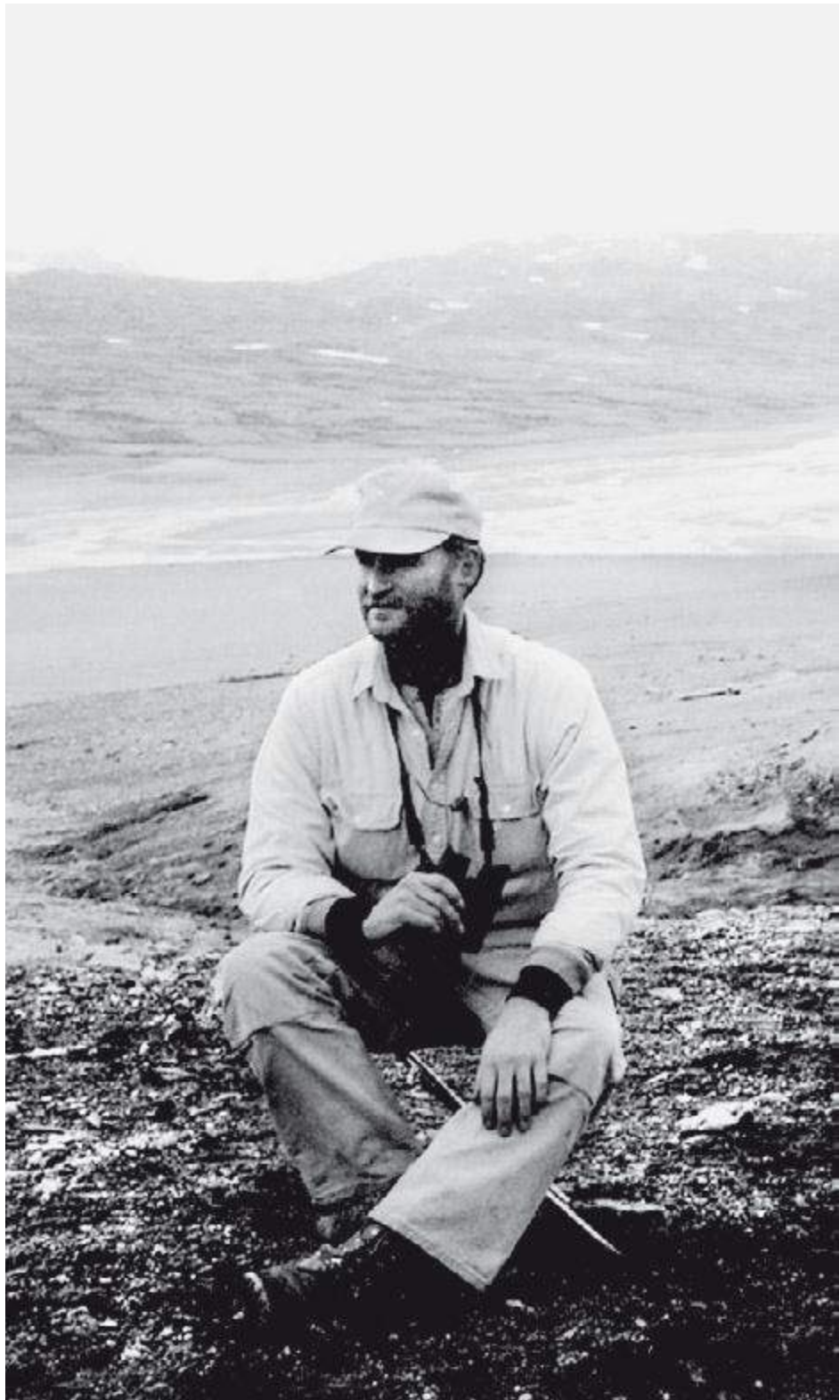
Счастливым случай позволил завершить спор тут же, у книжной полки. За несколько недель до этого Чак рылся в библиотечном хламе и выудил из него отпечаток статьи “Обзор

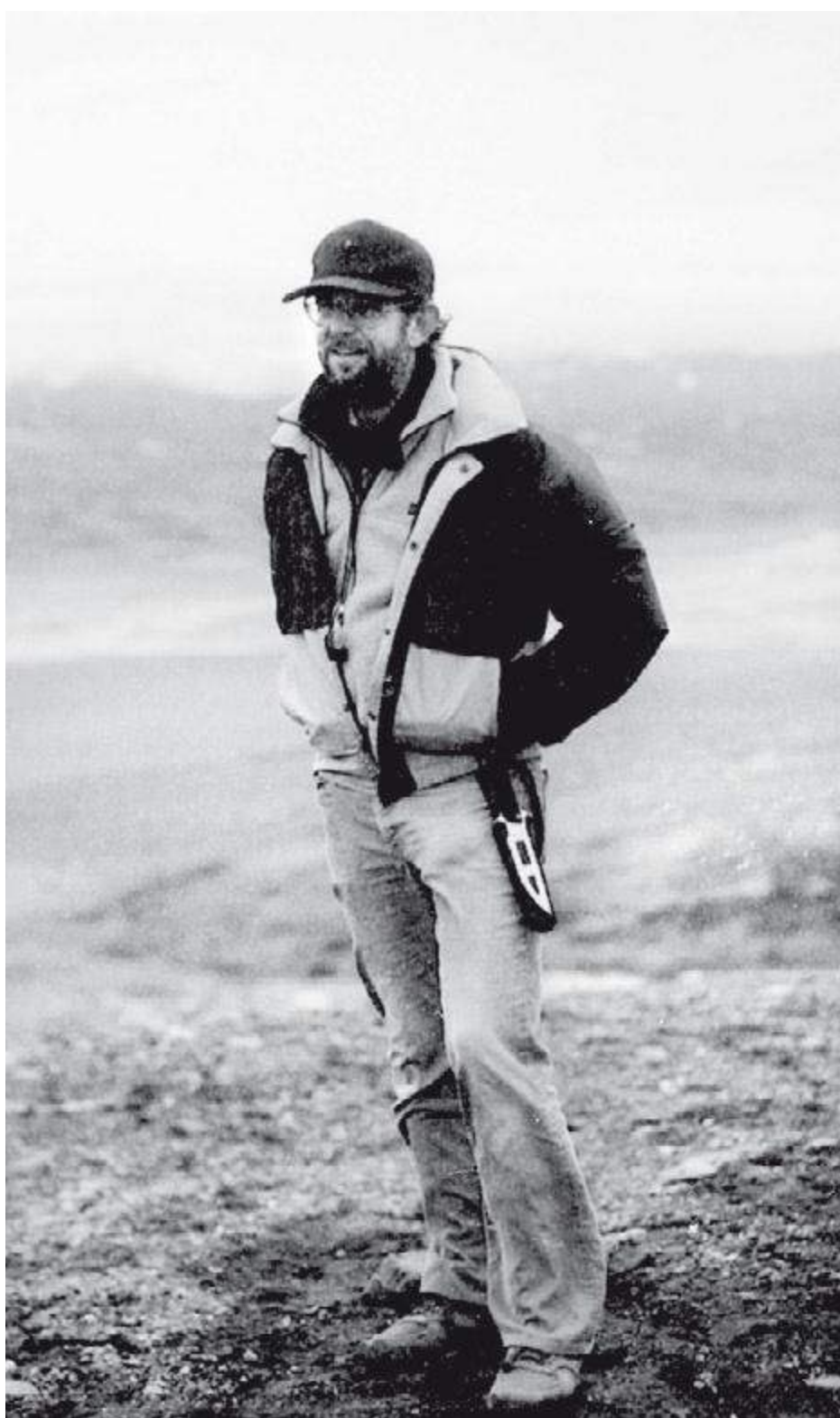
стратиграфии триасовых отложений Земли Скоресби и Земли Джеймсона в Восточной Гренландии”, написанной датскими геологами в 70-х годах. Мало кто мог тогда себе представить, что это чудом спасенное из макулатуры сочинение определит нашу жизнь на десять лет вперед. Дискуссия закончилась буквально в ту минуту, когда Билл и Чак взглянули на карты в статье.

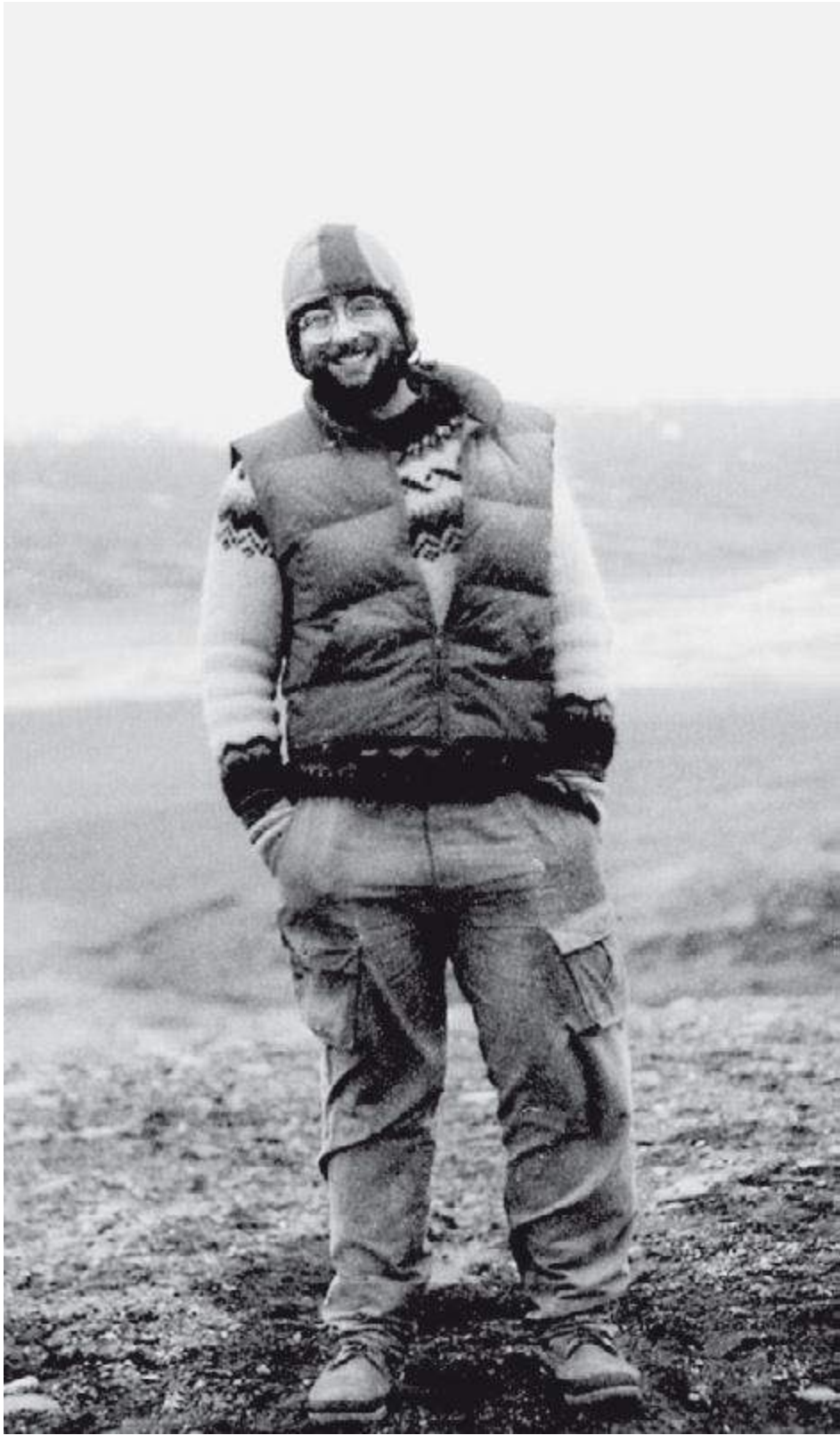
Аспирантская комната находилась чуть дальше по коридору, и, как это частенько случалось, в конце дня я заглянул к Чаку. Билл вертелся тут же, и было ясно, что они только что по обыкновению спорили. Билл сунул мне оттиск статьи. Это было именно то, что мы искали. На восточном побережье Гренландии, напротив Исландии, имелись отложения, в которых встречаются остатки первых млекопитающих, динозавров и другие сокровища.

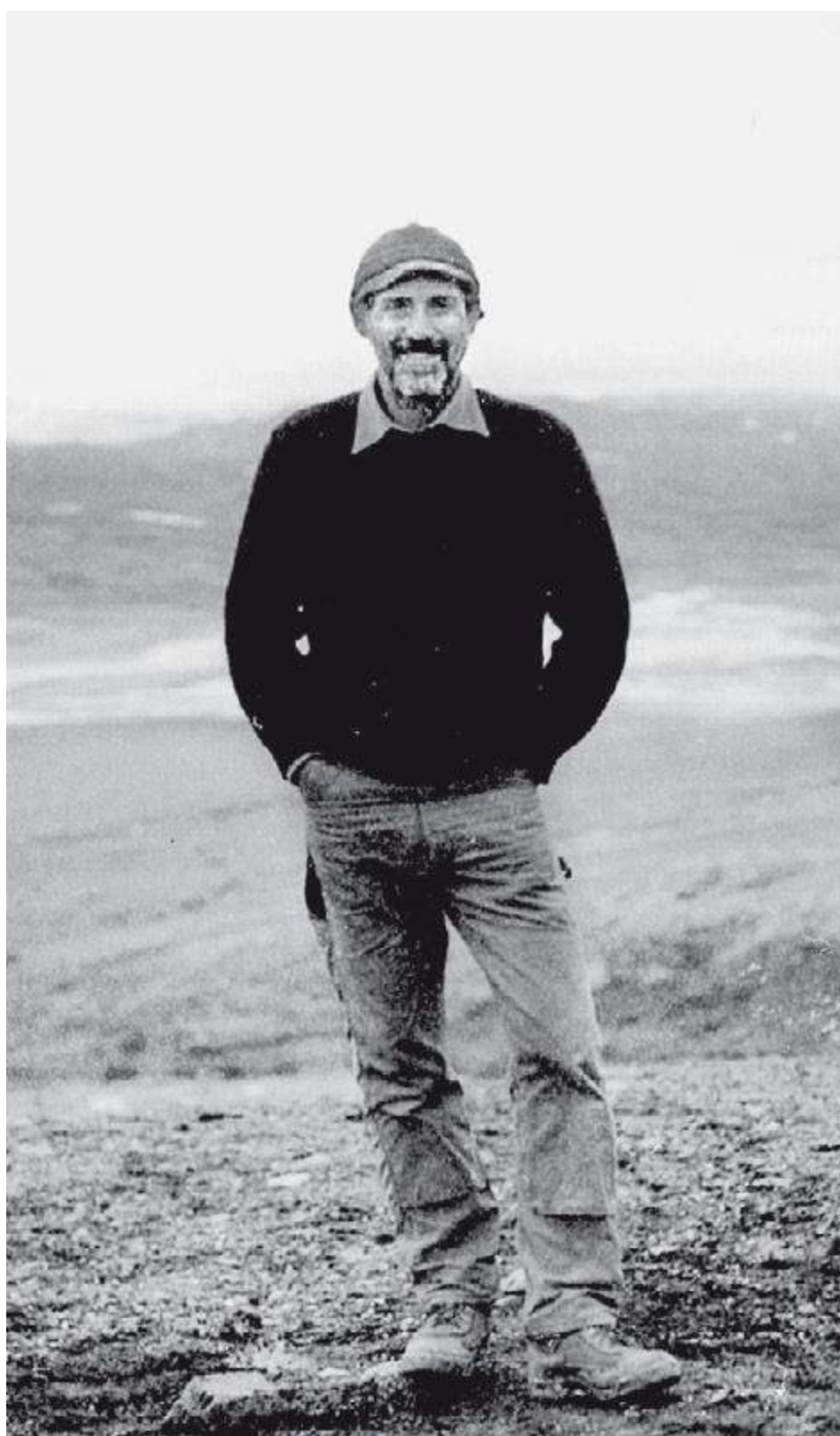
Карты выглядели необычно, даже пугающе. Восточное побережье Гренландии – место удаленное и гористое. Названия местностей связаны с именами путешественников прошлого: Земля Джеймсона, Земля Скоресби, полуостров Вегенера. И некоторые из них, как мне было достоверно известно, именно там и погибли.

К счастью, хлопоты легли на плечи Фариша, Билла и Чака. Имея за плечами в сумме шестьдесят лет полевых работ, они накопили множество знаний о проведении экспедиций в самых разных условиях. Хотя какой опыт мог подготовить нас к предстоящему путешествию? Один опытный руководитель экспедиции сказал мне как-то: ничто не сравнится с первым путешествием в Арктику.









Гренландская команда (по часовой стрелке, начиная с верхнего левого фото): Фариш, военная простота формы; Чак, опытный искатель окаменелостей; Билл, во многом определяющий удачу экспедиции; я, допустивший в тот первый год массу ошибок (взгляните хотя бы на мою шапку).

Во время моей первой экспедиции в Гренландию я многому научился, и это пригодилось мне через одиннадцать лет, когда я затеял собственную экспедицию в Арктику. В тот первый раз я взял с собой в страну слякоти, льда и вечного дня протекающие кожаные ботинки, маленькую старую палатку и гигантский фонарь, да и вообще допустил столько

ошибок, что улыбался только тогда, когда повторял мною же придуманный девиз: “Никогда ничего не делай в первый раз”.

Самый неприятный эпизод той экспедиции был связан с выбором места для лагеря: решение следовало принимать быстро, прямо когда мы осматривали местность с вертолета. Пока работает мотор, деньги, образно говоря, вылетают в трубу: стоимость часа аренды вертолета в Арктике может достигать трех тысяч долларов. С учетом бюджета палеонтологической экспедиции, скорее ориентированного на использование битого пикапа, чем вертолета “Белл-212”, это означает, что нельзя терять ни минуты. Оказавшись над местом, которое при изучении карт в лаборатории казалось нам пригодным для стоянки, мы быстро отмечали важные для нас элементы. Их немало. Нужен сухой, плоский участок, расположенный близко от источника воды, но при этом на некотором расстоянии от моря, чтобы избежать встреч с белыми медведями. Участок должен быть укрыт от ветра и находиться недалеко от выходов горных пород, которые мы собираемся исследовать.

Мы хорошо представляли себе общий план местности, поскольку изучили карты и фотографии, сделанные с воздуха, и потому нашли чудесный небольшой участок тундры в центре широкой долины. Здесь имелись небольшие протоки, из которых можно было брать воду. Место было сухим и ровным, так что мы могли спокойно поставить палатки. К тому же отсюда открывался великолепный вид на гряду заснеженных гор и на ледник у восточной оконечности долины. Но вскоре мы поняли свою главную ошибку: на доступном для пешехода расстоянии не было нужных горных пород.

После того как лагерь был разбит, мы ежедневно отправлялись на поиски камней. Мы взбирались на самые высокие точки местности вокруг лагеря и пытались разглядеть в бинокль хотя бы один из тех скальных выходов, которые буквально бросались в глаза на картах в найденной Биллом и Чаком статье. Мы ориентировались еще и на то, что камни – красноцветный песчаник – должны иметь характерную окраску.

В поисках красных камней мы попарно покидали лагерь: Чак и Фариш взбирались на холмы, чтобы высмотреть красноцветы на юге, а мы с Биллом пытались разглядеть, что находится на севере. На третий день обе команды вернулись с одной и той же новостью. Примерно в десяти километрах к северо-востоку виднелась узкая красноватая полоска. Остаток недели мы обсуждали этот выход и разглядывали его в бинокль. Иногда, при правильном освещении, казалось, что это серия гряд, идеальная для поиска окаменелостей.

Было решено, что мы с Биллом отправимся к камням. Поскольку я не имел никакого представления о том, каковы в Арктике дороги, я выбрал неудачные ботинки, и переход оказался тяжелым испытанием: сначала мы пересекали поля бульжников, потом небольшие ледники... но в основном шли по грязи. Жидкая глина неприлично хлюпала всякий раз, когда мы вытягивали из нее ногу. Мы не оставляли следов.

Три дня мы искали дорогу, но в конце концов смогли найти надежный путь к желанным камням. После четырехчасового перехода красноватая полоска, видимая из лагеря в бинокль, превратилась в череду скал, хребтов и холмов, состоящих из тех самых камней, которые мы искали. Если нам повезет, на поверхности могут найтись окаменелости.

Теперь задача состояла в том, чтобы как можно быстрее вернуться сюда вместе с Фаришем и Чаком, сократив время перехода и сохранив максимум времени для поиска окаменелостей. Возвратившись обратно всей командой, мы с Биллом чувствовали себя такими гордыми, как будто демонстрировали гостям новый дом. Фариш и Чак, уставшие после перехода, но возбужденные предвкушением поисков, даже не затеяли обычную

дискуссию. Они методично сканировали взглядом почву.

Мы с Биллом направились к гряде, расположенной примерно в километре, чтобы посмотреть, что ждет нас дальше к северу. После передышки Билл начал оглядываться в поисках чего-нибудь интересного: наших коллег, медведей или каких-либо других проявлений жизни. Наконец он произнес: “Чак лег”. Взяв бинокль, я действительно увидел Чака, ползающего на четвереньках. Для палеонтолога это означает лишь одно: окаменелости.

Мы быстро зашагали туда. Чак и в самом деле нашел кусочек кости. Однако наш поход в одну сторону длился четыре часа, и теперь мы вынуждены были возвращаться. Фариш, Билл, Чак и я растянулись шеренгой на расстоянии метров десяти друг от друга. Метров через пятьсот я что-то увидел на земле. Это “что-то” отсвечивало знакомым блеском. Опустившись на колени, как Чак час тому назад, я разглядел его во всей красе: чудесный кусок кости размером с кулак. Слева были другие кости, справа – еще и еще. Я окликнул Фариша, Билла и Чака.

Ответа не последовало. Я огляделся и понял, почему: они тоже стояли на четвереньках. Мы оказались на поле, усыпанном обломками костей.

В конце лета мы вернулись в лабораторию с ящиками окаменелостей, которые Билл начал собирать, как объемный пазл.

То были кости существа длиной около шести метров, с рядом плоских листовидных зубов, длинной шеей и маленькой головой. Судя по анатомии конечностей, это был динозавр, хотя и не самый большой.

Динозавры этого типа, прозауроподы, занимают важное место среди палеонтологических находок в Северной Америке. В восточной части континента динозавров раньше находили вдоль рек, автомобильных трасс и железных дорог, то есть в местах, где горные породы оказываются на поверхности. Знаменитый палеонтолог Ричард Сванн Лулл (1867–1957) из Йельского университета обнаружил прозауропода в каменоломнях Манчестера, штат Коннектикут. Правда, каменный блок содержал лишь заднюю часть тела животного. Опечаленный ученый узнал, что блок с передней частью был включен в опору моста в Южном Манчестере. Лулл описал лишь заднюю часть динозавра. Только при разборке моста в 1969 году остальные фрагменты также были освобождены. Кто знает, какие окаменелости скрыты в глубинах Манхэттена? Ведь знаменитые коричневые дома на острове построены из тех же самых камней.

Холмы Гренландии образованы широкими каменными ступенями, которые не только рвут ботинки, но и могут многое рассказать о происхождении камней. Твердые слои песчаника, почти такие же прочные, как бетон, выходят из-под более мягких, хрупких слоев. Практически такие же ступени есть и на юге: слои песчаника, алеврита и сланца протянулись от Северной Каролины и Коннектикута до самой Гренландии. Эти слои содержат характерные разломы, заполненные осадочными породами. Они указывают на места расположения древних озер в глубоких долинах, которые возникали при растрескивании земной коры. Расположение древних разломов, вулканов и озерных отложений в этих слоях почти такое же, как в озерах современной Восточно-Африканской рифтовой долины (Виктория и Малави): движение в недрах Земли привело к расщеплению участков поверхности, а в образовавшихся провалах появились реки и озера. В прошлом такие рифтовые расселины тянулись вдоль побережья Северной Америки.



В поисках окаменелостей мы следовали вдоль “правильных” горных пород (выделены черным цветом). Успешные поиски в Коннектикуте и Новой Шотландии привели нас в Гренландию.

С самого начала наш план состоял в том, чтобы вести поиски вдоль этих трещин. Знание того, что в скалах на востоке Северной Америки можно найти остатки динозавров и мелких существ, близких к млекопитающим, позволило нам оценить значение того обнаруженного

Чаком оттиска геологической статьи. Это, в свою очередь, привело нас на север Гренландии. Затем, уже в Гренландии, мы продолжали идти вдоль той же нити за находками, подобно голубям, семенящим за крошками хлеба. Эта работа заняла три года, но подсказки, найденные нами в красноцветах, в конце концов привели нас с Фаришем на тот обледеневший хребет.

С вершины гребня наши палатки казались малюсенькими. Наверху шумел ветер, но выступ розового известняка, на котором сидели мы с Фаришем, образовывал укрытие, так что мы спокойно смогли разглядеть находку. Ликование Фариша подтвердило мое подозрение, что белое пятнышко на камне – это действительно зуб млекопитающего. Три бугорка и два корня: именно так он и должен выглядеть.

Ободренные находкой, мы расширили круг поисков в Восточной Гренландии и в последующие годы нашли другие остатки млекопитающих. Это было небольшое, похожее на землеройку животное вдвое меньше домашней мыши. Возможно, это и не был изумительный скелет, заслуживавший особого места в музее, однако же его ценность заключалась в другом.

Это был скелет одного из самых ранних ископаемых существ с нашим типом зубов: их режущая поверхность образована бугорками, смыкающимися при соединении верхних и нижних зубов, а ряд разделен на резцы, клыки и моляры. Ухо животного также напоминает наше и содержит мелкие кости, соединяющие барабанную перепонку с внутренним ухом.

Форма его черепа, плеч и конечностей тоже как у млекопитающих. Вполне вероятно, животное имело шерсть и другие признаки млекопитающих, такие как молочные железы. Когда мы жуем, слышим высокие звуки или поворачиваем кисти рук, мы используем те части скелета, развитие которых можно проследить от приматов и других млекопитающих до исходных структур у этих небольших существ, живших двести миллионов лет назад.

Камни тоже связывают нас с прошлым. Разломы в земле – вроде тех, что привели нас к окаменелым остаткам млекопитающих в Гренландии – оставили свой след и в наших телах. Гренландские горные породы – одна из страниц в громадной библиотеке, в которой хранится история нашего мира. До появления этого маленького зуба мир существовал уже миллиарды лет, и с момента его появления минуло двести миллионов лет. За это время на Земле возникали и исчезали океаны, вздымались и разрушались горы, а на Землю, совершавшую свой путь в Солнечной системе, падали астероиды. В слоях горных пород запечатлены изменения климата, атмосферы и земной коры, происходившие на протяжении миллионов лет. Изменение – это обычный порядок вещей: тела растут и умирают, виды появляются и исчезают, любой элемент и признак нашей планеты и Галактики подвержен как внезапным превращениям, так и постепенным изменениям.

Камни и тела – это “капсулы времени”, несущие в себе отпечаток тех великих событий, которые их сформировали. Молекулы, составляющие наши тела, возникли в результате космических событий на заре Солнечной системы. Изменения атмосферы Земли сформировали наши клетки и весь метаболизм в целом. Изменения орбиты планеты, появление гор и другие революционные сдвиги на самой Земле – все это отразилось в наших телах, в мозге и в нашем восприятии окружающего мира.

Как и жизнь и история наших тел, эта книга строится вдоль временной шкалы. Наш рассказ начинается примерно 13,7 миллиарда лет назад, когда в результате Большого взрыва возникла Вселенная. Затем мы познакомимся с историей нашего скромного уголка Вселенной и увидим, какие последствия образование Солнечной системы, Земли и Луны имело для наших органов, клеток и содержащихся в них генов.

Глава 2

Эхо далеких взрывов

13,7 миллиарда лет

В этой формуле:

$H_{375\,000\,000} O_{132\,000\,000} C_{85\,700\,000} N_{6\,430\,000} Ca_{1\,500\,000} P_{1\,020\,000} S_{206\,000} Na_{183\,000} K_{177\,000} Cl_{127\,000}$
 $Mg_{40\,000} Si_{38\,600} Fe_{2680} Zn_{2110} Cu_{76} I_{14} Mn_{13} F_{13} Cr_7 Se_4 Mo_3 Co_1$

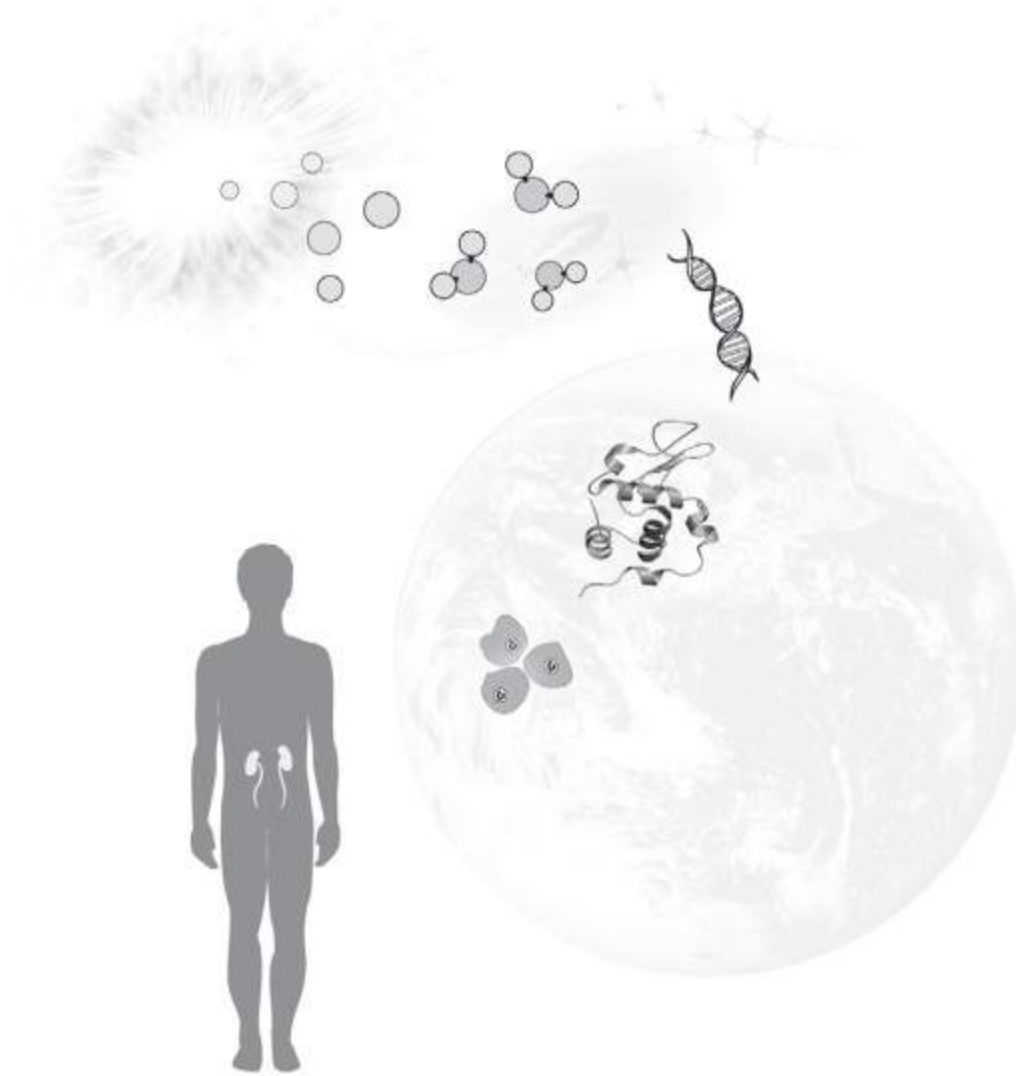
перечислены элементы, имеющиеся в теле человека. В химическом смысле мы представляем собой весьма специфический набор атомов. В основном тело состоит из водорода: на каждый атом кобальта, например, приходится почти четыреста миллионов атомов водорода. А по массе в нас содержится так много кислорода и углерода, как ни в одном другом объекте в известной нам Вселенной.

Интересную историю может рассказать элемент, которого в нашем организме нет: гелий – второй после водорода наиболее распространенный элемент во Вселенной. Структура его такова, что он не обменивается электронами с другими атомами. Поэтому гелий не может участвовать в химических реакциях, определяющих жизненно важные процессы в организме живых существ, такие как метаболизм, рост и воспроизводство. Напротив, кислород и углерод, которых во Вселенной примерно в двадцать раз меньше, чем гелия, легко вступают в реакции с другими элементами и образуют разнообразные химические связи, необходимые для существования живой материи. Способность вступать в реакции – обязательный признак элементов в составе тел. Лентяям здесь не место.

Соотношение атомов – лишь один из отличительных признаков нашего тела. Оно организовано подобно матрешкам: мельчайшие частицы составляют атомы, группы атомов образуют молекулы, а молекулы формируют клетки, ткани и органы. На каждом уровне организации возникают новые свойства, так что каждый элемент сложнее суммы составляющих его частей. Можно досконально изучить атомный состав печени, но это не поможет нам понять, как она функционирует. Иерархическое строение, при котором более мелкие элементы составляют более крупные структуры с новыми свойствами, является базовым принципом строения мира и отражает нашу глубочайшую связь со Вселенной, Солнечной системой и Землей.

Откройте современный научный биологический журнал – и с большой вероятностью вы найдете там дерево родственных связей. Любое создание – от человека до чистокровной лошади или элитной коровы герефордской породы – имеет родословную. Изучение родственного древа позволяет понять связь между живыми существами, обнаружить момент возникновения того или иного вида, даже выявить причину выраженной склонности к заболеваниям у некоторых индивидов. Именно по этой причине врачи интересуются семейной историей болезни своих пациентов.

Современной биологии известно, что наша семейная история простирается далеко за пределы нашего вида и включает в себя историю всех других живых существ. Для обнаружения подобных связей требуется сравнительный анализ различных видов.



Наши тела устроены как матрешки: мельчайшие частицы составляют атомы, группы атомов образуют молекулы, а молекулы формируют более сложные структуры.

Порядок возникновения видов отражен в признаках живых существ: близкие родственники имеют больше общих признаков, чем дальние. У коровы больше общих органов и генов с человеком, чем с мухой: волосистой покров, теплая кровь и молочные железы есть у всех млекопитающих и отсутствуют у насекомых. Пока кто-нибудь не обнаружит волосатую муху с молочными железами, будем считать мух дальними родственниками людей и коров. Внесите в этот список рыб – и вы обнаружите, что рыбы связаны с людьми и коровами теснее, чем с мухами. Мы можем утверждать это, поскольку рыбы, как и люди, имеют позвоночник, череп и другие части тела, отсутствующие у мух. Мы можем и дальше следовать этой логике, добавляя в список новые и новые виды и строя семейное древо, объединяющее людей, рыб, мух и миллионы других видов, обитающих на планете.

Но зачем ограничиваться лишь живыми организмами? Солнце сжигает водород. Другие звезды сжигают кислород и углерод. Основные атомы, из которых состоят наши руки, ноги и мозг, служат топливом для звезд. Но не только атомы наших тел распространяются по всей Вселенной: в космосе обнаружены и молекулы. Составляющие элементы белков и других биологических молекул – аминокислоты и нитраты – приносят на Землю метеориты, покрывают каменистую поверхность Марса и спутников Юпитера. Если наши химические

родственники встречаются на звездах, метеоритах и других небесных телах, значит, ниточки наших древнейших связей с Вселенной уходят куда-то далеко в небо у нас над головой.

Научиться различать детали Вселенной – форму галактик, свойства планет, компоненты двойных звезд – непростая задача. Глаза привыкают к темноте постепенно, и так же постепенно приходит осмысление. Чтобы обнаружить в темноте какой-то рисунок, глаза нужно тренировать. Если вы разглядываете в телескоп или бинокль светящееся скопление звезд, ваше воображение и ожидание начинают создавать миражи. Чтобы их удалить и действительно обнаружить в космосе слабо светящиеся объекты, нужно научиться пользоваться периферическим (боковым) зрением, за которое отвечают наиболее восприимчивые светочувствительные элементы глаза. Это позволяет уловить слабый свет и выделить отдельные объекты. Если вы научитесь правильно смотреть на небо, над головой возникнут цвета, глубины и формы – точно так же, как окаменелости начинают бросаться в глаза на фоне песка.

Научиться различать небесные объекты – лишь первый шаг в усвоении законов неба. Наши отношения со звездами в значительной мере изменились в начале XX столетия благодаря “гарему Пикеринга” (“живым компьютерам Гарварда”). Перед директором Гарвардской обсерватории Эдвардом Чарльзом Пикерингом стояла сложная задача, требовавшая серьезной вычислительной и аналитической работы. В обсерватории накапливались изображения звезд, созвездий и туманностей. Их было так много, что даже регистрация данных и нанесение их на карты были чрезвычайно трудоемкой задачей. Конечно, в те времена еще не существовало мощных вычислительных машин и все расчеты приходилось делать вручную. Пикеринг был чудовищно скуп. Однажды в порыве гнева он заявил сотрудникам, что за полцены наймет для выполнения этой работы свою служанку. Идея понравилась ему самому, и он в самом деле взял на работу в обсерваторию горничную Вильямину Флеминг.

Вильямине Флеминг был двадцать один год, и она воспитывала маленького сына. Муж бросил ее, и она осталась без работы и средств к существованию. Пикеринг сначала доверил ей уборку дома, а затем, после произнесенных во всеуслышание слов, привел в обсерваторию для регистрации новых данных. Получив щедрое пожертвование, Пикеринг смог нанять еще нескольких женщин. Конечно, тогда он не мог предположить, что в его группе вырастут величайшие астрономы того времени (да и любого времени, если уж на то пошло). Работавших у Пикеринга женщин называли “гаремом Пикеринга” или (уже в наши дни) “живыми компьютерами Гарварда”: они работали с сырыми астрономическими данными – фотографиями неба – и определяли их смысл.

Генриетта Ливитт, дочь священника, пришла в обсерваторию в 1895 году. Сначала она трудилась на добровольных началах, а потом стала получать жалование – тридцать центов в час. Она полюбила астрономию еще в школе, и эта любовь помогала ей долгие годы, пока она выполняла скучнейшую работу по составлению каталогов фотопластинок с изображениями звезд и туманностей.



Эдвард Чарльз Пикеринг (в верхнем ряду) и “живые компьютеры Гарварда”. Вильямина Флеминг – третья слева в первом ряду, Генриетта Ливитт стоит справа от Пикеринга.

Ливитт знала, что звезды различаются по цвету и интенсивности свечения. Одни звезды маленькие и бледные, другие яркие и крупные. Тогда не было возможности узнать, как размер звезды связан с ее реальной яркостью, поскольку кажущиеся бледными звезды могут быть большими, но очень далекими, и наоборот.

Ливитт восхищали звезды, которые с регулярностью в несколько дней или месяцев превращались из ярких в тусклые и обратно. Она нанесла на карты семнадцать сотен звезд, указывая все характеристики, которые только смогла определить: яркость, расположение, периодичность изменений яркости. Она обнаружила удивительную закономерность: существовала прямая связь между длительностью циклического колебания яркости и *реальной* яркостью звезд.

Идея Ливитт выглядела абсолютно мистической, но оказалась очень глубокой. Зная, что свет движется с постоянной скоростью, и зная реальную и видимую яркость звезды, можно рассчитать расстояние от Земли до этой звезды. Таким образом, Генриетта Ливитт придумала способ измерения космических расстояний.

Нужно представлять себе астрономию того времени, чтобы оценить революционную мощь открытия Ливитт. Со времен Галилея и до времен Пикеринга люди смотрели на небо и все более и более отчетливо видели планеты, звезды и туманности. Но главный вопрос

оставался без ответа: как велика Вселенная? Существует ли что-нибудь за пределами нашей Галактики – Млечного Пути?

Как только Ливитт обнародовала свою идею в 1912 году, другие астрономы принялись калибровать небо. Один голландский ученый использовал правило Ливитт для измерения расстояний между звездами. Он получил огромное число: размер галактики превосходит возможности воображения. Затем Эдвин Пауэлл Хаббл, вооружившись идеей Ливитт, с помощью самого мощного телескопа того времени буквально за одну ночь изменил наше представление о Вселенной.

В 1918 году Хаббл, бывший студент-юрист и обладатель стипендии Родса Оксфордского университета, ставший впоследствии астрономом, использовал новый огромный телескоп в обсерватории Маунт-Вильсон, чтобы найти одну из звезд, обнаруженных Ливитт. Это особая звезда: она окружена облаком газа, которое тогда называли туманностью Андромеды. Когда Хаббл применил к этой звезде расчеты Ливитт, у него получился странный результат: звезда и все окружающее ее облако оказались гораздо дальше всех других известных на тогда объектов. Так стало понятно, что эта группа небесных тел находится гораздо дальше любой самой дальней звезды нашей галактики. Это не облако газа – это другая галактика, находящаяся на расстоянии многих световых лет. Так туманность Андромеды превратилась в галактику Андромеды, а небо над нашими головами сделалось еще шире и еще древнее.

С помощью самого мощного телескопа Хаббл исследовал все объекты, содержавшие переменные звезды Ливитт. Галактика Андромеды и Млечный путь были лишь вершиной айсберга: небо буквально кишело галактиками с миллиардами звезд. Многие светящиеся облака газа, за которыми астрономы следили уже более ста лет, оказались группами звезд, лежащими далеко за пределами нашей галактики. В нашу эпоху, когда люди начали интересоваться возрастом Земли (тогда считалось, что он составляет от десяти до сотни миллионов лет), определение возраста и размера Вселенной показало, что наша планета – лишь крохотная точка в необъятном пространстве, состоящем из бесчисленного множества галактик. И все это потому, что люди научились смотреть на небо по-новому.

Хаббл применил еще один метод изучения небесных объектов. Свет от приближающегося к нам источника кажется скорее синим, а от удаляющегося источника – скорее красным. Этот сдвиг связан с тем, что свет обладает волновыми свойствами: волны, излучаемые приближающимся к нам источником, будут выглядеть более сжатыми (длина волны будет меньше), по сравнению с волнами, излучаемыми удаляющимся источником. Более длинные волны образуют красную часть спектра, более короткие – синюю. Если правило Ливитт позволяло измерять расстояния между небесными объектами, то анализ цветового сдвига позволил оценивать скорость их движения.

Так Хаббл обнаружил удивительную закономерность: галактики излучают свет, смещенный в красную часть спектра. Это могло означать лишь одно – небесные тела удаляются от нас, а Вселенная расширяется. И это расширение не хаотично: все тела рассеиваются из общего центра. Давным-давно вся материя Вселенной находилась в этой центральной точке.

Эта новая идея понравилась далеко не всем. Некоторые эксперты ее просто возненавидели. Появилось множество альтернативных теорий происхождения Вселенной. Сторонник одной из них подшучивал над теорией Хаббла, называя ее теорией “большого взрыва”. Но тогда не существовало прямых доказательств ни у теории Хаббла, ни у альтернативных теорий.

Доказательства были получены случайно – как побочный результат внедрения новых средств связи. С прорывом в развитии беспроводной связи и с расширением международной торговли и сотрудничества в конце 50-х годов возникла настоятельная потребность научиться передавать через океан радиосигналы и телеизображение. С этой целью НАСА запустила специальный спутник “Эхо-1”. Этот спутник, имевший вид большого блестящего металлического шара, был предназначен для передачи сигналов из одной части земного шара в другие. Проблема заключалась в том, что возвращавшиеся на Землю сигналы часто были слишком слабыми, чтобы их можно было интерпретировать.

Арно Элан Пензиас и Роберт Вудроу Уилсон трудились в “Белл лабораториз” – в те времена это был рай для творчески мыслящих ученых – над параболической антенной, способной уловить самые слабые микроволновые сигналы, отраженные “Эхо-1”. Они потратили много времени, сил и средств, чтобы создать нужную антенну. Однако в 1962 году НАСА запустила “Телстар” – спутник, который не просто отражал радиосигнал, но усиливал его. Для Пензиаса и Уилсона это означало, что в их антенне НАСА больше не нуждается.

Однако у этого события была и хорошая сторона: освобожденные от прежней задачи Пензиас и Уилсон смогли следить за радиосигналами из космоса. Правда, высокая чувствительность антенны, столь важная для решения задач НАСА, превращала работу с ней в сущий кошмар. Она принимала абсолютно все сигналы, даже самые слабые, и все шумы – почти как ненастроенный телевизор.

Попытки ученых устранить шумы напоминали поиски иголки в стоге сена. Сначала они попытались отсеять сигналы радиостанций. Не помогло: помехи сохранялись. Тогда они охладили детектор до $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ – при этой температуре молекулы практически прекращают двигаться. Помехи никуда не делись. Они заглянули внутрь детектора и обнаружили, что внутри его... загадили птицы. Удаление продуктов птичьей жизнедеятельности слегка помогло, но помехи все же остались. Этот фоновый шум продолжался днем и ночью и был примерно в сто раз сильнее ожидаемого.

Тем временем ученые из Принстонского университета с помощью компьютерного моделирования обосновали гипотезу: если Большой взрыв действительно имел место, то в космосе должно было сохраниться некоторое количество энергии (как дым после взрыва). И после 13,7 миллиарда лет охлаждения и расширения Вселенной это реликтовое излучение должно было присутствовать повсюду и иметь определенную длину волны. Это было вполне строгое количественное предсказание, не допускающее неоднозначности. Знакомый показал Пензиасу и Уилсону статью, и они немедленно поняли значение своих статических помех. Фоновый шум не был шумом: это был *сигнал*. Именно это и предсказывала теория. И за открытие следов Большого взрыва Пензиас и Уилсон в 1978 году были удостоены Нобелевской премии.

Я охочусь за окаменелостями и ищу древние реликвии в земле. Но астрономы – это тоже своего рода палеонтологи. Как заметил Карл Саган, сейчас мы видим свет звезд, бесконечно давно образовавшийся в ходе химических реакций. Бескрайность космоса означает, что попадающий нам в глаза свет реален, однако возник он еще до появления нашего вида и даже до рождения нашей планеты.

Тысячелетиями человек считал себя венцом всего сущего на планете, лежащей в центре Вселенной. Наука изменила этот взгляд. Ливитт, Хаббл и другие раскрыли нам глаза на то, что мы живем на краю огромной галактики среди множества других галактик, а наша

планета – лишь одна из множества других. Дарвин и другие биологи тоже сказали свое слово: наш вид – скромная веточка на гигантском древе жизни на Земле. Но каждое открытие, отодвигающее нас из центра мироздания в дальний угол, позволяет нащупать совершенно новые связи между нами, другими видами организмов, всей Вселенной. Все галактики, как и каждое живое существо, каждый атом, молекула на Земле тесно связаны. Все эти связи начинаются из одной-единственной точки 13,7 миллиарда лет назад.

вещества над антивеществом было достаточно для того, чтобы вещество одержало верх. Физик Лоуренс Максвелл Краусс однажды заявил, что все мы являемся прямыми потомками не только наших дедушек и бабушек, но и этого ничтожного перевеса вещества над антивеществом.

Через секунду во Вселенной появились, хоть и ненадолго, частицы, которые мы уже смогли бы опознать. Это был набор субатомных частиц, возникающих на краткий миг в самых мощных атомных ускорителях: лептоны, бозоны, кварки и подобные им.

Через три с небольшим минуты после зарождения Вселенной начала складываться одна из несущих опор мира (а также страх и ужас школьников) – периодическая система. В периодической таблице химические элементы расположены в соответствии с массой их ядра. Таблица того далекого времени чрезвычайно обрадовала бы современных учащихся, поскольку в ней было всего две ячейки, занятые водородом и гелием (возможно, еще существовало немного лития).

Водород и гелий остаются самыми распространенными элементами во Вселенной: водород составляет примерно 90 % материи, гелий – около 5 %. На долю всех остальных элементов, из которых состоим мы и которыми мы обмениваемся со звездами, приходится ничтожные доли процента.

Через триста тысяч лет Вселенная остыла и расширилась настолько, что появились настоящие атомы. Электроны заняли орбиты вокруг ядер. Эта комбинация ядер и электронов стала основой реакций, определяющих каждый момент нашей жизни. Мы живем в мире электронов, обмен которыми происходит за миллионные доли секунды. Я пишу эту книгу, а вы ее читаете за счет энергии, высвобождающейся в результате этого непрерывного обмена. Молекулы в наших телах в ходе различных взаимодействий постоянно обмениваются мельчайшими заряженными частицами. Некоторые перемещения электронов сопровождаются выделением энергии, например реакции с участием кислорода. Другие реакции служат для связывания атомов в молекулы или молекул между собою. Эти процессы определяют связь между атмосферой планеты, ее климатом и метаболизмом всех живых существ. Когда вы едите яблоко, электроны из его атомов через реакции метаболизма проникают в ваши клетки. В яблоко электроны попали из минералов почвы и из воды, пролившейся на землю в виде дождя. Электроны из обоих источников уже бесконечно долго циркулируют в мире. Они возникли задолго до появления нашей планеты, Солнечной системы, даже звезд.

В процессе охлаждения и расширения Вселенной мельчайшие частицы стали образовывать ядра, ядра с электронами образовали атомы, а различные атомы смогли, наконец, вступить во взаимодействие, столь необходимое для формирования более крупных частиц. Постепенно начинала все большую роль играть гравитация.

Примерно миллион лет спустя после Большого взрыва Вселенная остыла и расширилась до такой степени, что начали возникать частицы материи достаточно большого размера, чтобы форма вещей в значительной мере стала определяться силами гравитации. Под влиянием разных сил установился определенный порядок: сила гравитации заставляет тела сближаться, а тепло и более загадочные силы вроде темной энергии вызывают отталкивание. Эта связь определила тот порядок вещей, который мы наблюдаем во Вселенной – от формы облаков газа и звезд до формы галактик и планет. Более того, эта связь объясняет эволюцию самой химии от таблицы с двумя элементами до таблицы с сотней элементов.

Как из двух элементов, существовавших 13,69 миллиарда лет назад, возник мир атомов,

из которых сформированы наша планета и наши тела? По мере нашего перемещения по периодической таблице от более легких элементов вроде водорода и гелия к более тяжелым, таким как углерод и кислород, ядра становятся все тяжелее. При определенных условиях два маленьких ядра могут объединиться, образовав одно крупное. Арифметика этого процесса зависит от физических свойств конкретных ядер. В большинстве случаев $1 + 1$ не равно 2: результат объединения ядер не равен их сумме. Часто новое ядро легче суммы составляющих его ядер, так что при слиянии ядер некоторая часть вещества теряется. Но, как следует из уравнения Эйнштейна, вещество на самом деле не исчезает: оно превращается в энергию. Таким образом, при термоядерных реакциях может образовываться огромное количество энергии.

Люди пытались использовать эту энергию, но в обычных условиях ядра самопроизвольно не сливаются. Нужно затратить много энергии, чтобы запустить такую реакцию. Используя этот принцип, создатель водородной бомбы Эдвард Теллер сконструировал первый термоядерный реактор, соединив аппарат, в котором осуществлялось слияние ядер, с атомной бомбой. Атомная бомба поставляет энергию, выделяющуюся в результате расщепления атомного ядра. Для запуска этой реакции требуется немного энергии. На атолле Эниветок, одном из Маршалловых островов, Теллер и его коллега Станислав Мартин Улам установили систему под кодовым названием “Айви Майк” (*Ivy Mike*), сопоставимую по размерам с небольшим заводом. В ходе испытаний в ноябре 1952 года энергия взрыва атомной бомбы способствовала слиянию атомов водорода в реакторе, в результате чего последовал мощный взрыв. Теллер следил за происходящим у сейсмографа в подвале геологического факультета Калифорнийского университета в Беркли. После взрыва атолл Эниветок полностью оголился, в его центре образовалась дыра диаметром полтора километра. Фрагменты коралловых рифов разлетелись на расстояние до двадцати пяти километров. Изучая обломки, ученые обнаружили, что энергия взрыва вызвала слияние некоторых крупных ядер, в результате чего возникли новые элементы, прежде не встречавшиеся на планете. Их назвали эйнштейнием и фермием – в честь Эйнштейна и Ферми, идеи которых помогли понять, какая энергия таится внутри атомов.

Термоядерные реакции являются основным источником энергии звезд. Но между небесными телами и бомбой Теллера – Улама существует принципиальное различие: для запуска термоядерной реакции Теллер использовал атомную бомбу, тогда как реакции внутри звезд происходят за счет гравитации.

Доказательства существования этих реакций можно увидеть и сегодня. Если в подходящую погоду, пользуясь боковым зрением, достаточно долго рассматривать созвездие Орион, сконцентрировавшись на трех звездах в его “поясе”, то можно увидеть размытое светящееся пятно, известное как Большая туманность Ориона. Если навести на него телескоп, туманность приобретет структуру и станет похожей на большое облако с несколькими некрупными звездами внутри. Эта туманность представляет собой огромное облако газа и, примерно как первичная Вселенная, дает начало новым звездам, которых насчитывается около семисот. Конечно, учитывая расстояние от нас до этой туманности, мы смотрим на фотографии новорожденных звезд примерно с тысячелетним опозданием.

В процессе образования звезды облако газа становится все массивнее, и чем больше частиц оно к себе притягивает, тем сильнее в нем гравитационное притяжение. В какой-то момент масса облака газа преодолевает критическое значение, и гравитационное притяжение становится неудержимым процессом, в ходе которого весь газ втягивается в

центральную точку. Силы гравитации заставляют сливаться ядра всех элементов. В результате возникают новые комбинации ядер, и вместо ядра с одним протоном образуется более тяжелое ядро с двумя протонами. Однако эти новые ядра легче суммы прежних. В соответствии с уравнением $E = mc^2$ потерянная масса превращается в огромное количество энергии, выделяющейся в космическое пространство.

Размер и продолжительность жизни любой звезды определяются этими противоположно направленными силами, действующими внутри звезды: сила гравитации затягивает элементы внутрь, а тепло термоядерных реакций заставляет их разъединяться.

Звезду можно сравнить с двигателем, который сначала использует одно топливо, а затем, когда оно заканчивается, переходит на другое. В обычных звездах в результате слияния атомов водорода образуется гелий. Солнце – именно такая звезда. Со временем, когда заканчивается водород и меняются условия, звезда переключается на слияние атомов гелия. Так продолжается и дальше: звезда начинает потреблять гелий, превращая его в более тяжелые элементы. Когда заканчивается гелий, термоядерные реакции начинают поглощать еще более тяжелые атомы, и так далее. В результате образуются кислород, углерод и другие химические элементы. За счет термоядерных реакций внутри звезд периодическая система разрослась от двух атомов до десятков.



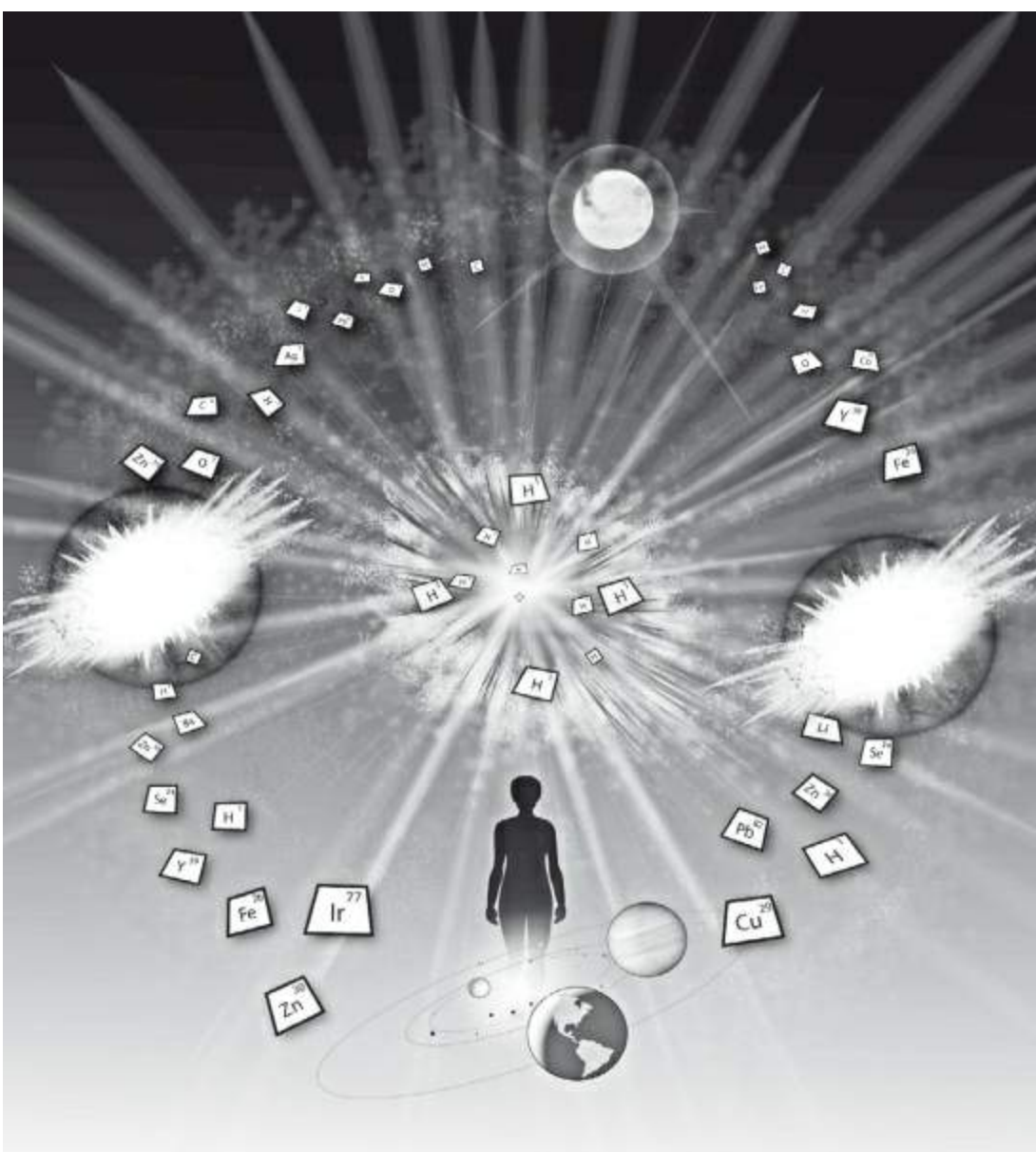
Большинство тяжелых элементов в нашем организме возникло в результате термоядерных реакций в звездах.

Звезды могут использовать в качестве топлива даже более тяжелые атомы – вплоть до определенного предела, установленного законами физики и химии. Этот пограничный элемент – железо – занимает специфическое место в периодической таблице. Ядра более легких элементов могут сливаться, выделяя огромную энергию. Более тяжелые ядра тоже могут сливаться, но их структура такова, что при этом выделяется значительно меньше энергии. В результате для слияния этих ядер требуется затратить больше энергии, чем выделяется в реакции. Если бы, к примеру, в основе работы ядерного реактора лежало слияние ядер железа, такой реактор давал бы меньше энергии на выходе, чем нужно было бы затратить на его работу.

Это правило неприятно для звезд, зато для нас оно чрезвычайно выгодно. По мере того как звезды потребляют легкие элементы и постепенно продвигаются дальше по периодической таблице, в их центре накапливается железо. По мере расходования топлива и накопления железа термоядерные реакции ослабевают, и звезды начинают излучать меньше тепла. При определенных условиях ядро железа может поглощать энергию (своеобразное обращение ядерного взрыва). Это может запускать мощную цепную реакцию, заканчивающуюся взрывом, в ходе которого за считанные секунды может выделиться больше энергии, чем звезды вроде нашего Солнца способны выделить за все время своего существования.

Такой взрыв является одним из механизмов образования сверхновых звезд (второй механизм – столкновение звезд). Принцип действия сверхновых звезд напоминает принцип действия устройства Теллера – Улама: энергия одного взрыва запускает термоядерные реакции нового типа. Помните, мы говорили о термоядерных реакциях между элементами тяжелее железа? Сверхновые звезды выделяют так много энергии, что в них эти энергозатратные реакции могут иметь место. Все элементы тяжелее железа, такие как кобальт и цезий в наших телах, происходят из сверхновых звезд.

Для нас это очень важно. Взрывы сверхновых звезд распространяют атомы мертвой звезды по всей галактике. Это один из механизмов перемещения атомов между звездами.



Круговорот элементов во Вселенной. Водород внутри нас образовался в момент Большого взрыва, а другие элементы поступают от звезд и сверхновых звезд. Но однажды элементы, составляющие наше тело, вновь рассеятся во Вселенной.

Таким образом, мельчайшие частицы наших тел имеют столь же долгую историю, как сама Вселенная. Вскоре после Большого взрыва возникли атомы водорода, а позднее их рекомбинация начала приводить к образованию более тяжелых элементов, из которых складывались звезды и сверхновые звезды.

В небе, как в лесу, происходит постоянный круговорот веществ. Во Вселенной столько звезд, постоянно производящих и выделяющих химические элементы, из которых могут формироваться новые звезды, что все атомы, достигшие нашей планеты, раньше уже были частью множества разных солнц. Каждая галактика, звезда или живое существо является временным владельцем частиц, прошедших через рождение и смерть множества существ и объектов. Частицы внутри нас миллиарды лет путешествовали по Вселенной и еще долго после нашей смерти и исчезновения Земли будут частицами других миров.

Глава 3

Под счастливой звездой

4,6 миллиарда лет

С момента Большого взрыва возникло и исчезло множество звезд и галактик. Мы – я имею в виду Солнечную систему – появились сравнительно недавно. Для объяснения происхождения нашего уголка Вселенной требуются неординарные идеи и сложная наука. Шведский философ Эммануил Сведенборг обдумывал этот вопрос всю жизнь. Он родился в 1688 году и большую часть прожитых им восьмидесяти лет считал необходимым обдумывать по одной важной проблеме каждый день. В молодости он был натурфилософом, пытавшимся интуитивно проникнуть в суть вещей. Он, например, логически пришел к заключению о существовании нервов и нервной системы. Обратив свой взор к космосу, Сведенборг предложил теорию происхождения Солнечной системы. Он считал, что Солнце образовалось из облака газа и пыли, сконденсировавшегося в результате коллапса. Когда Солнце обрело форму, часть первичной пыли осталась вращаться вокруг молодой звезды в виде диска из мельчайших частиц. Со временем часть этого облака образовала планеты Солнечной системы. Эта идея не получила развития до тех пор, пока двадцать лет спустя, в 1755 году, философ Иммануил Кант тоже не занялся изучением происхождения Солнечной системы. Созданная им теория очень походила на теорию Сведенборга.

Пьер Симон Лаплас (1749–1827) был одним из величайших математиков всех времен. Некоторые называют его “французским Ньютоном”. Именем Лапласа названы математические и статистические законы: существуют, например, уравнение Лапласа, оператор Лапласа и преобразование Лапласа, которые служат для описания законов электричества, магнетизма и движения тел в пространстве. Его настоящей страстью было изучение порядка во Вселенной – формы планет и орбиты небесных тел. Для описания небесных процессов он преобразовал философские идеи Сведенборга и Канта в математические формулы.

Лаплас предположил, что если облако пыли достигает определенного размера, частицы внутри него начинают взаимодействовать таким образом, что силы гравитации сближают их, а другие силы расталкивают. Если при определенных условиях силы гравитации побеждают, бесформенное облако пыли может превратиться в крутящийся диск. Со временем силы притяжения между частицами пыли расщепляют диск на несколько концентрических кругов (представьте себе полосатую летающую тарелку). Если масса пыли в этих кругах достаточно велика, частицы могут слипнуться, образуя планеты. Однако столь значительные события, конечно же, происходят не за одну ночь, а за миллионы лет.

Математические расчеты Лапласа способствовали тому, что идеи Сведенборга и Канта из интересных концепций превратились в проверяемые гипотезы. Однако в конце XVIII и в начале XIX века не существовало технических возможностей для создания необходимых измерительных инструментов. По этой причине наши представления о процессе образования Солнечной системы оставались смутными еще более ста лет.

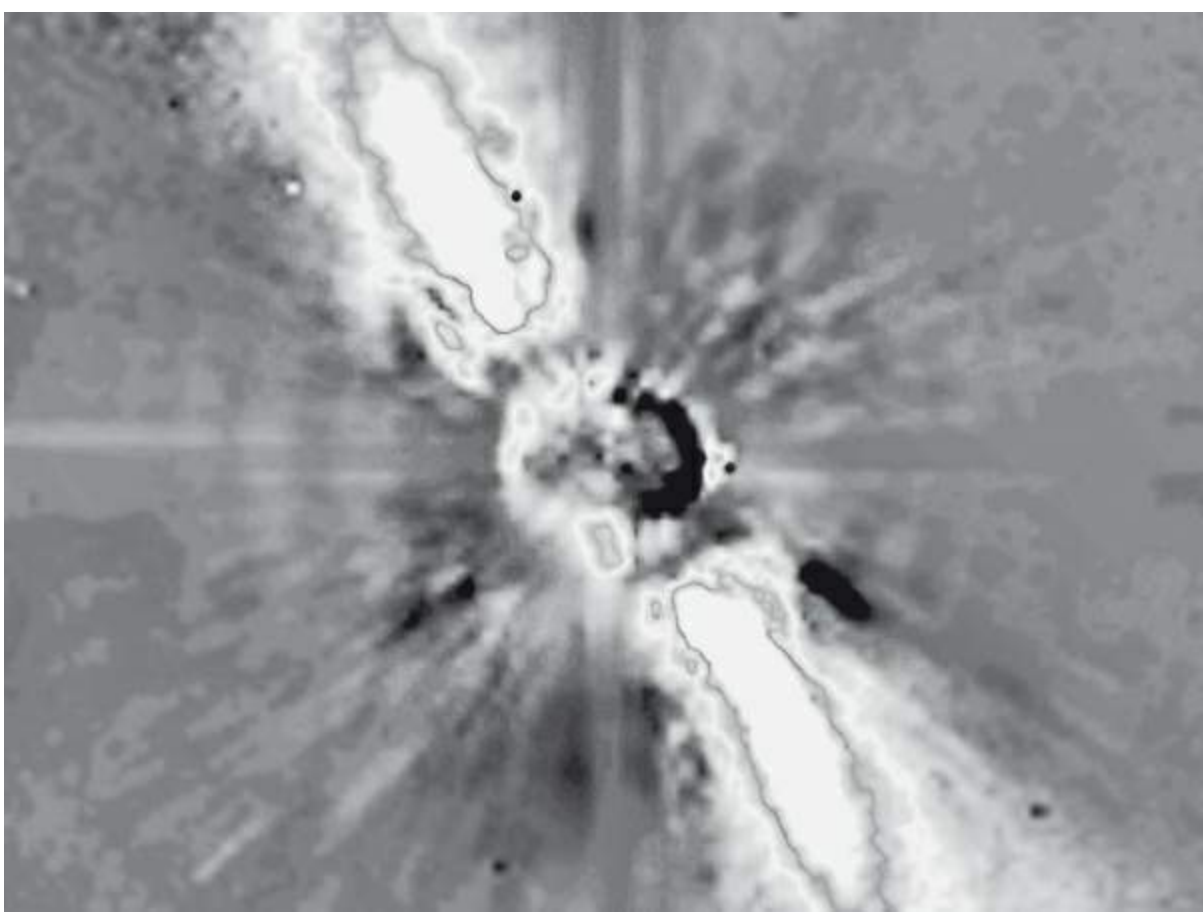
Но, наконец, пришло время большой науки. В 1983 году ученые из Голландии, Англии и

США создали спутник, способный двигаться по орбите вокруг Земли и следить за звездами. Этот предшественник космического телескопа “Хаббл” особенно успешно выполнял одну функцию: он измерял инфракрасный спектр всего неба и определял, сколько тепла излучает каждая звезда. За всю свою жизнь звезды излучают самые разные лучи: от видимых, до инфракрасных, ультрафиолетовых и гамма-лучей. Наши глаза способны воспринимать лишь узкий участок спектра из всего диапазона волн, посылаемых звездами, так что для получения максимума информации астрономы вынуждены использовать разные телескопы, каждый из которых настроен на восприятие света с определенной длиной волны.

Инфракрасный сигнал, идущий от далеких объектов, нередко очень слаб, поэтому для его регистрации требуется ликвидировать все источники помех, включая те, что создаются в результате вибрации атомов. Чтобы остановить движение атомов, детекторные устройства телескопа охлаждали жидким гелием до -270 °С. Запаса жидкого гелия на спутнике хватало только на один год, поэтому проект представлял собой своеобразные гонки со временем. Работа была сделана, и ненужный больше спутник просто остался на орбите. Годы спустя группа ученых предложила вновь зарядить спутник гелием, чтобы привести сенсорные устройства в рабочее состояние. Однако из-за недостатка средств и разработки новых технологий спутник так и остался выключенным.

Несмотря на краткосрочность службы детекторов спутника, проект оказался весьма успешным: менее чем за год были составлены карты 96 % неба. Спутник заносил на карту новые астероиды и кометы и вдруг, в начале 1984 года, он зафиксировал вспышку на одной из звезд, сопровождавшуюся таким невероятно мощным выделением тепла, которое никак не соответствовало размеру и типу звезды. Это было неожиданно. Ученые имеют представление о том, сколько тепла выделяют разные звезды, и с этой звездой явно было что-то не так. Источник дополнительного излучения был идентифицирован при детальном изучении фотографий. Звезда была окружена большим облаком пыли, удерживавшим тепло. Эта система, Бета Живописца, стала первым примером солнечной системы, застигнутой в период зарождения. Интуитивное предсказание, облаченное в математические формулы, через двести лет нашло наглядное подтверждение.

Вскоре после своего появления наша Солнечная система напоминала Бету Живописца. В системе царил хаос: вращавшиеся вокруг Солнца фрагменты разного размера сталкивались между собой. Притяжение Солнца способствовало тому, что более тяжелые объекты обосновались на более близких к нему орбитах, более легкие частицы и газ кружились в отдалении. В определенной степени это положение вещей сохраняется до сих пор: Солнечная система состоит из более плотных внутренних планет (Меркурий, Венера, Земля и Марс) и газообразных внешних (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун).



Бета Живописца. Одно из первых изображений рождающейся солнечной системы.

Что бы мы ни искали – пасхальные яйца, окаменелые кости или новый тип солнечной системы, – часто за одним открытием следуют другие. То, что раньше казалось редкостью, теперь обнаруживается повсеместно, часто прямо у нас перед глазами. За годы, прошедшие после обнаружения пыли в системе Бета Живописца, были запущены новые спутники, построены еще более сильные телескопы и разработаны более мощные компьютеры для обработки поступающей из космоса информации. Эти технические достижения изменили наше представление о мироздании. Солнечная система – далеко не единственная во Вселенной, а лишь одна из многих в нашей галактике. В небе множество других звезд, находящихся на разных стадиях развития и окруженных самыми разнообразными планетами.

Мощные технологии и великие идеи трансформировали наше представление о небесах. Однако определенную роль в этом сыграл случай. В предрассветные часы 8 февраля 1969 года гигантский огненный шар разбудил жителей мексиканского штата Чиуауа. Это был большой метеорит, развалившийся на куски в атмосфере Земли. На место происшествия прибыло множество ученых и коллекционеров. Учитывая масштаб взрыва, коллекционеры рассчитывали на богатый урожай, но они не могли себе даже представить ценности упавшего объекта, пока не пригляделись к нему. Серое тело камня было испещрено мельчайшими белыми точками. Метеориты с такими крапинками были известны и раньше, хотя встречались чрезвычайно редко. Лабораторные исследования нескольких ранее обнаруженных метеоритов с подобными крапинками позволили определить химический состав первичных камней, составлявших Солнечную систему.

Метеорит развалился. Его фрагменты разлетелись по пустыне на расстояние до сорока километров. В последующие годы было собрано от двадцати до тридцати тонн обломков.

Даже сегодня, спустя почти сорок пять лет, иногда находят кусочки метеорита.

Метеорит выбрал удачное время для падения. В 1969 году активно разрабатывался космический проект “Аполлон”. Полет “Аполлона-8”, облетевшего Луну, состоялся за два месяца до падения метеорита. Уже планировался старт следующего “Аполлона”, и лаборатории по всей Америке собирались заняться анализом лунных камней. Теперь, без дополнительных трат для налогоплательщиков, небесные камни шли буквально в руки. Мексиканский метеорит был настолько огромным, что его хватило множеству лабораторий.

Ученые провели стандартный анализ химического состава метеорита. Некоторые минералы были точно такими же, как на Земле, и это говорит об общности истории многих тел в Солнечной системе, как предсказывали Сведенборг, Кант и Лаплас. Возраст минералов можно определять как по часам, ориентируясь на скорость распада атомов. Когда зарождается минерал, его атомы образуют кристаллическую решетку. Однако некоторые атомы, такие как уран или свинец, изменяются с постоянной скоростью согласно физическим и химическим законам. Если известно относительное содержание различных форм атомов в минерале и скорость их превращений, можно рассчитать время формирования минерала (подробнее об этом говорится в разделе “Примечания и дополнительная литература”). Уран-238 очень медленно превращается в свинец-206. Половина исходного вещества претерпевает это превращение лишь за 4,47 миллиарда лет. Благодаря низкой скорости атомных превращений уран и свинец являются идеальными атомами для анализа возраста очень древних минералов. Концентрация урана и свинца в мексиканском метеорите позволила определить время образования Солнечной системы: это случилось 4,67 миллиарда лет назад.

Что происходило тогда на Земле? Непосредственные свидетельства вряд ли удастся обнаружить: для это требуется найти камни, образовавшиеся в процессе охлаждения земной коры и оставшиеся за миллиарды лет неизменными. Проще всего изучать геологические процессы в местах, где горные породы наслоились друг на друга, как в торте. Наибольший интерес представляют нижние, самые древние, слои. Но чтобы добраться до них, нужно пробурить очень глубокую скважину, а это слишком дорого для обычного геологического исследования. Кроме того, бурение – в определенном смысле выстрел наугад, поскольку невозможно точно сказать, на какой глубине следует проводить анализ. Более простой способ заключается в поиске мест, где древние породы выступают на поверхность. Но проблема в том, что земная кора находится в постоянном движении. В таких динамических условиях слои уходят вглубь, нагреваются и размываются под действием воды и ветра. В идеальных геологических условиях пласты пород сохранялись бы, как слои торта, но в реальности земная кора напоминает торт, который разделили на части, раздавили, а потом сильно нагрели. Теперь представьте себе, что 99,99999 % этого торта выбросили. Так вот, ваше ощущение от поедания оставшегося можно сравнить с тем, что чувствуют геологи, пытающиеся разыскать свидетельства, относящиеся к временам, когда образовалась наша планета.

В некоторых местах на планете возникает ощущение первозданности природы – как будто древний ландшафт был законсервирован. В засушливых, пустынных областях запада Австралии есть хребет Джек-Хиллс с отвесными скалами желтого и оранжевого цвета, поросшими кустарником. На камнях сохранились рисунки аборигенов, живших здесь десятки тысяч лет назад. Здесь так сухо и жарко, что мелководные заливы расположенной поблизости Акульей бухты стали домом для странных микробных построек, имеющих форму

дверной ручки. Эти микробные сообщества одни из самых древних жителей Земли: возраст их ближайших окаменелых родственников составляет свыше двух миллиардов лет. Скальные выступы на суше дополняют эту древнюю картину. Это тоже древние камни. Время сильно изменило их, и эти изменения запечатлелись на их поверхности, как морщины на лице. Эти горные породы являются свидетелями большей части истории нашей планеты.

Они претерпели множество изменений. Им пришлось пережить все мыслимые и немыслимые мучения – образование внутри горячей магмы, сильнейшее давление при погружении в глубины Земли и, наконец, огромное напряжение при выходе на поверхность. Каждый момент истории запечатлен в этих камнях. Задача в том, чтобы научиться правильно их читать.

Любой камень на Земле является свидетелем истории, и если его “прочитать”, он становится летописью и своеобразным термостатом или барометром, отражающим состояние нашей планеты. Чтобы вырвать эту историю у камней, мы должны рассмотреть их в самом разном приближении – и с высоты птичьего полета, и под микроскопом. Мельчайшие частички камней – отдельные крупинки песка или минералов – рассказывают интереснейшие истории. Одна из таких крупинок, циркон, обладает уникальными свойствами. Циркон практически невозможно разрушить, он может пережить сильнейшее нагревание, высокое давление, эрозию и буквально любую другую возможную муку.

Из крупных, чистых кристаллов циркона получают отличные поддельные бриллианты. Но для тех, кого интересует происхождение нашей планеты, циркон намного ценнее драгоценных камней, поскольку благодаря своей прочности он служит замечательным окошком в прошлое. Горы, в которых есть циркон, появляются и исчезают, но сам циркон не изменяется (почти) никогда. Судя по содержанию урана и свинца, возраст циркона в камнях с хребта Джек-Хиллс составляет 4–4,4 миллиарда лет.

Химический состав циркона указывает не только на возраст Земли. Обилие различных форм кислорода в этом кристалле можно объяснить исключительно контактом зарождавшейся горной породы с водой.

Солнечная система начала зарождаться более 4,6 миллиарда лет назад, а уже 4,1 миллиарда лет назад на нашей планете появилась вода.

Голубые брызги

Мы с вами живем на голубой планете – единственной известной пока планете с большим запасом жидкой воды. Внутри нас тоже есть океан. Тело взрослого человека примерно на 57 % состоит из воды. С годами мы высыхаем, поскольку тело новорожденного ребенка содержит около 75 % воды. Большая часть воды в организме сосредоточена не в крови, а заключена в клетках мышц, головного мозга и сердца. Метаболизм пищи и кислорода зависит от воды, как и рост и взаимодействие наших клеток. Даже воспроизводство, зависящее от подвижности яйцеклеток и сперматозоидов, требует наличия жидкой среды. Фактически любая реакция в организме в той или иной степени нуждается в участии воды.

Но не только это связывает нас с водой: в наших телах заключена история самой воды. Первые 2,7 миллиарда лет жизнь развивалась исключительно в воде, и это отразилось во всех системах нашего организма. Многие отделы нашей головы развиваются из серии вздутий, которые затем превращаются в костичелюстей, ушей и гортани, а также в обслуживающие их мышцы, нервы и артерии. Эквивалентные структуры обнаружены у всех существ, имеющих голову, включая рыб. У таких животных кости переходят в структуры, определяющие форму и функцию жабр. В определенном смысле мышцы, нервы и кости, с помощью которых мы говорим, жуем и слышим, соответствуют жаберным структурам наших предшественников – рыб. Эта глубокая связь отразилась и в окаменелостях, по которым можно проследить превращение жаберных костей в структуры нашей головы, включая кости уха.

Итак, большую часть своей истории мы провели под водой – вплоть до выхода на сушу около трехсот миллионов лет назад. Это обстоятельство способствовало появлению специфической функции почек, заключающейся в поддержании баланса воды и соли. Репродукция у наземных животных тоже меньше зависит от воды, чем у водных: оплодотворение происходит внутри тела, а развивающийся плод отделен от внешнего мира мембранами и сосудами, защищающими его и связывающими с организмом матери. Наши руки и ноги, адаптированные к жизни на суше, представляют собой модифицированные плавники рыб. Наше существование на суше обеспечивают те же органы, которые позволяют рыбам жить в воде.

Почки человека и других млекопитающих – великолепная адаптация для жизни на суше. Почки с особым строением помогают сумчатым крысам и антилопам жить в безводных пустынях, пользуясь только той водой, которая содержится в пище. Но даже в этом самом специализированном органе наземных животных прослеживается водное происхождение. Все бесчелюстные рыбы, с которыми мы разошлись от последнего общего предшественника около полумиллиарда лет назад, имеют очень примитивные почки. Эта специализированная ткань, тянущаяся вдоль всего тела, отделяет жидкие отходы метаболизма из кровотока прямо во внутреннюю полость, откуда они выводятся наружу через отверстие в задней части тела. Костные рыбы, с которыми мы разошлись от общего предка четыреста пятьдесят миллионов лет назад, имеют уже более оформленную структуру: этот сгусток ткани связан со специализированной системой, через которую выводятся жидкие отходы. В своем новейшем варианте, как в организме млекопитающих, система фильтрации расположена не вдоль всего тела, а только в нижней части спины.

В процессе внутриутробного развития наши почки последовательно проходят три стадии превращения. На первой стадии это специализированная ткань, протянувшаяся вдоль всего тела и открывающаяся в полость тела, практически как у бесчелюстных рыб. На второй стадии эта система приобретает такой же вид, как у костных рыб: локализуется вдоль спины и соединена со специальной выводящей системой. Взрослая форма, сменяющая две предыдущие, формируется в конце первого триместра беременности. Таким образом, в процессе внутриутробного развития мы повторяем историю наших древних предков, обитавших в воде.

Наша связь с водой неслучайна. Молекула воды отличается особыми свойствами. Она состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода и напоминает голову Микки Мауса: крупный атом кислорода – голова, а более мелкие атомы водорода сверху – уши. Отрицательный заряд сконцентрирован на атоме кислорода, а положительный – на стороне водорода. Такое строение воды объясняет хорошую растворимость в ней самых разных веществ. Соли, белки, аминокислоты – в воде растворяется такое множество соединений, что это обеспечивает возможность протекания жизненно важных реакций. Нам больше не требуется водная среда вокруг нас, но наша жизнедеятельность неизменно связана с наличием водной среды внутри организма.



Сравнительное содержание различных форм воды на планете.

Вода имеет еще одно свойство, которое легко обнаружить на кухне: она может находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии, причем эти переходы осуществляются в достаточно узком интервале температур. Наша жизнь еще и потому так тесно связана с водой, что она присутствует на планете в твердом (лед), газообразном (водяной пар) и жидком состоянии, обеспечивающем протекание всех процессов в живых организмах. Более 97 % воды на планете содержится в океанах, а остальная вода распределена между облаками, льдом и источниками пресной воды, причем каждая форма в нашей жизни чрезвычайно важна.

Вода является незаменимой средой не только для химических процессов в нашем организме, но и для метаболизма всей планеты. Вода в виде дождя и вода от таяния льда и снега вызывает эрозию гор и почвы, в результате чего минералы возвращаются в море. Это

постепенное выветривание уравнивает процесс формирования новых гор. Находящиеся в воздухе молекулы, многие из которых оказывают значительное влияние на климат и состояние атмосферы, находятся в постоянном круговороте между горными породами и морем, и круговорот этот осуществляется водой. Вода поддерживает связи, необходимые для существования жизни на Земле.

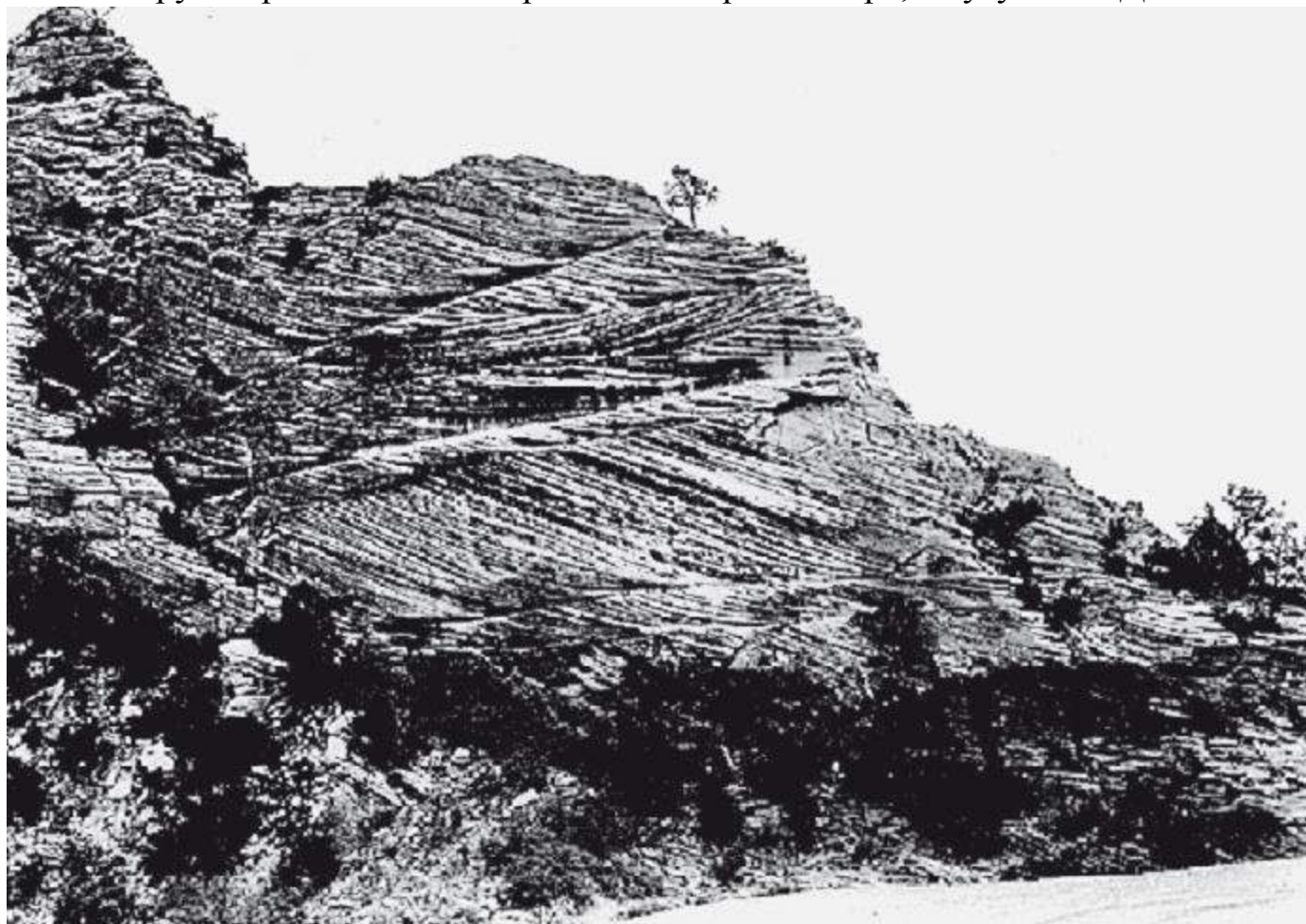
Вода внутри наших тел и в океане многое может рассказать о своем происхождении. Поскольку вода состоит из двух частей водорода и одной части кислорода, можно считать, что две части атомных ядер в ее составе возникли в результате Большого взрыва, а одна часть – в результате термоядерных реакций внутри звезд. Но, хотя история атомов, составляющих молекулу воды, является общей для Вселенной, история молекул воды связана с Солнечной системой. Химическая структура молекул воды на Земле (в частности, содержание в ней различных изотопов водорода) отличается от структуры молекул воды в составе льда на кометах, астероидах, на других планетах. Анализ льда с кометы Хейла – Боппа, едва не столкнувшейся с Землей в 1997 году, показал, что состав этой воды отличается от состава земной воды. У многих это открытие вызвало сильное разочарование, поскольку в то время считалось, что источником воды на Земле были именно кометы. Сторонники этой гипотезы вновь восторжествовали в 2011 году, когда новые зонды, посланные на другие кометы, такие как Хартли-2, обнаружили явное сходство изотопного состава воды на кометах и в земных океанах. Но история воды не связана исключительно с кометами: чем пристальнее мы рассматриваем Солнечную систему, тем больше воды мы находим. Более мощные телескопы и новые спутники позволили обнаружить воду на Луне и на астероидах. Следы воды обнаружены и в еще более неожиданных местах. Ближайшая к Солнцу планета Солнечной системы – Меркурий. Температура здесь достигает 400 °С (этого достаточно, например, чтобы расплавить свинец). Искусственный спутник Меркурия “Мессенджер”, выведенный в 2004 году на орбиту планеты специалистами НАСА, прислал фотографии глубоких кратеров на полюсах Меркурия. Так вот, по своим отражающим свойствам структура вещества в этих кратерах соответствует структуре льда. Вода могла сохраниться здесь по той причине, что в кратерах, скрытых от солнечных лучей на планете без атмосферы, скорее всего, очень холодно. Такое обилие воды в Солнечной системе может говорить о том, что вода прибыла на Землю из космоса. Кроме того, определенное количество воды на Земле могло выделиться из минералов в процессе образования планеты. При очень сильном нагревании (а именно такие условия, скорее всего, были на Земле четыре с половиной миллиарда лет назад) минералы могут высвободить связанные молекулы воды. В любом случае, принесли ли воду кометы или она выделилась из камней при формировании Солнечной системы, каждый стакан выпиваемой нами воды происходит из источника столь же древнего, как сама Солнечная система. И, как рассказывает нам циркон, жидкая вода на нашей планете существует уже не менее четырех миллиардов лет.

Наша история складывалась под влиянием воды, наше существование возможно благодаря воде, и наше будущее, с большой вероятностью, тоже будет зависеть от воды.

Близнецы-уродцы

После изматывающей трехдневной конференции в Калифорнии я развалился на диване в гостиничном холле, ожидая автобуса в аэропорт. Напротив расположился знаменитый ученый. Часть его лица скрывала от меня крышка его ноутбука. Мое внимание привлекло выражение его лица. Он глядел на экран, то смеялся, то недоверчиво качая головой. Мне стало неудобно оттого, что я слежу за ним, так что я отвел взгляд. Заметив мое смущение, сосед кивнул мне головой, пригласив взглянуть на экран. На экране я увидел скалу с хорошо знакомым мне рисунком поверхности. Характер расположения слоев говорил о том, что эти породы сформировались в древних дюнах. Я много раз видел такой рисунок, когда отправлялся на поиски окаменелостей в Канаду или в Африку, и несколько раз даже находил окаменелости в таких породах. Скала манила к себе. Палеонтологи любят этот тип камней. Но эти фотографии были сделаны не на Земле, а на Марсе. Мой коллега входил в состав группы ученых, занимавшихся анализом изображений, присланных марсоходом “Спирит”. Эти фотографии были присланы на Землю накануне.

В фильме “Близнецы” (1988) Арнольд Шварценеггер исполняет роль супермена, отправляющегося на поиски давно потерянного брата. В конце концов он находит брата-близнеца (его играет Денни Де Вито) – невзрачного, не обладающего никакими талантами человека с криминальным прошлым. Они родились от одной матери, но судьба одного многим одарила, а другого оставила ни с чем. Увидев брата, персонаж Шварценеггера многое начинает понимать о самом себе. Точно так же мы многое можем узнать о нашей планете и о нас самих, если внимательно приглядимся к нашим соседям по Солнечной системе – Венере, Марсу и Юпитеру. В прошлом мы – персонаж Шварценеггера, в будущем – Де Вито.





Фотографии песчаников американского Запада (слева) и Марса (справа).

Много тысяч лет люди смотрели на небо в надежде узнать что-то о жизни, времени и нашем месте во Вселенной. Телескопы помогли нам приблизить дальние объекты и обнаружить спутники далеких планет и каналы на Марсе. В последние сорок лет мы запустили сотню ракет к Луне, астероидам и другим планетам и их спутникам и даже в более далекие миры, находящиеся за пределами гравитационного притяжения нашего Солнца. “Аполлон-8” позволил людям впервые вырваться из гравитационного поля Земли и войти в поле другого небесного объекта. Облетая вокруг Луны в канун Рождества 1968 года, Уильям Андерс увидел восход Земли над Луной. Через двадцать пять лет беспилотный космический корабль “Вояджер” начал выходить из Солнечной системы, вырвавшись из гравитационного поля нашего Солнца и погрузившись в глубины космического пространства. Инженеры настроили камеры таким образом, чтобы можно было увидеть Землю. Голубой оазис воды и воздуха, единственный среди известных нам обитаемых миров, был маленьким шариком для “Аполлона-8” и едва заметной точкой для “Вояджера”.

Еще до начала реализации проекта “Аполлон” исследования Венеры в значительной степени изменили представление о нашем месте во Вселенной. Эта яркая планета похожа на сферу, но если вам представится возможность, взгляните на нее в бинокль или телескоп. Вы увидите то, за что чуть не казнили Галилео Галилея, когда он в 1610 году впервые описал свои наблюдения. Венера, подобно нашей Луне, проходит от фазы полумесяца к целому диску, и обратно. На основании этих наблюдений Галилей доказал, что планеты, включая

нашу, вращаются вокруг Солнца, а не наоборот.

Венера по размеру напоминает Землю и располагается ближе к Солнцу. Долгое время считалось, что она больше всего похожа на Землю, и именно по этой причине первые межпланетные аппараты ученые направляли именно сюда в надежде найти жизнь. Некоторые даже полагали, что когда мы спустимся на планету, мы найдем тропический мир, напоминающий тот, что был на Земле в эпоху динозавров.

Первые подозрения о том, что на Венере происходит что-то странное, возникли в 30-х годах, когда был создан телескоп нового типа. Этот телескоп, установленный в обсерватории Маунт-Вильсон в Калифорнии, не измерял интенсивность света, а выдавал электромагнитный спектр излучения. Этот спектр указывал на то, что атмосфера Венеры на 99 % состояла из диоксида углерода.

В 1962 году Венере повезло – именно сюда земляне решили отправить первый межпланетный корабль в рамках проекта “Маринер”. Это было очень серьезное предприятие. Взлет космического корабля опасен и сегодня, а уж в 1962 году тем более. Старт корабля “Маринер-1” с самого начала пошел не так, как было задумано, так что пришлось в аварийном порядке взорвать корабль, чтобы избежать катастрофы, которая могла бы погубить города на побережье Флориды. Следующая ракета, “Маринер-2”, могла нести не более пятнадцати килограммов инструментов для всех научных исследований. После удачного старта путь “Маринера-2” к Венере продолжался около трех с половиной месяцев. Те немногие инструменты, которые перенес корабль, позволили сделать чрезвычайно важные открытия. Выяснилось, что на Венере плавится даже свинец: температура на ее поверхности составляет около 480 °С. Давление на поверхности планеты в девяносто раз превосходит давление на Земле. Чтобы почувствовать, что это такое, нужно опуститься под воду на глубину около километра. Кроме того, анализы подтвердили, что атмосфера планеты практически полностью состоит из углекислого газа. “Маринер-2” обнаружил, что наша ближайшая родственница, по размеру почти наш близнец, больше напоминает ад.

Почему планеты-близнецы так сильно различаются? Отчасти ответить на этот вопрос помогли новые исследования. В 60-х годах, пока НАСА осваивала Луну, в Советском Союзе конструировали машины для отправки на Венеру. Попасть на Венеру и собрать о ней какие-либо данные – сложнейшая задача. Чтобы аппарат смог оторваться от Земли, он должен быть легким, но в этом-то и сложность: гигантское давление на Венере оставляет очень мало времени на сбор данных: вскоре после посадки аппарат будет раздавлен, как жестяная банка при игре в футбол. Неудивительно, что история первых запусков – сплошная история катастроф. “Венера-1” потеряла контакт с Землей еще в полете, а “Венера-2” – при посадке на Венеру. “Венера-3” разбилась при посадке. “Венера-4” вошла в атмосферу Венеры, послала несколько сигналов и исчезла. Но настойчивость вознаграждается. “Венера-9”, запущенная через четырнадцать лет после “Венеры-1”, опустилась на Венеру и послала на Землю первые черно-белые фотографии. Следующие аппараты высаживались на планету и производили анализ почвы и атмосферы. Что они обнаружили? На Венере бывают гром и молния. На Венере есть магматические горы, очень напоминающие земные. Конечно, Венера очень горячая, на ней высокое давление и ее атмосфера заполнена углекислым газом, но она удивительно похожа на нашу родную планету.

Затем, в 1978 году НАСА запустила космический корабль “Пионер”. Это была миниатюрная научная лаборатория, способная, кроме прочего, определять состав облаков и атмосферы. Когда “Пионер” погрузился в облака Венеры, одно из устройств зафиксировало

присутствие серной кислоты. Затем это устройство проанализировало атомный состав серной кислоты, в частности, изотопный состав атомов водорода. Соотношение атомов водорода в веществе зависит от наличия жидкой воды. И тут ученых ждал сюрприз: сегодня Венера твердая и сухая, как камень, но когда-то здесь были океаны.

Венера и Земля родились как близнецы, но судьба их сложилась по-разному. Венера потеряла воду, а Земля ее сохранила: Венера находится слишком близко к Солнцу, чтобы жидкая вода могла здесь задержаться. Именно исчезновение воды может объяснить многие различия двух планет. На Земле вода облегчает удаление углекислого газа из атмосферы через сложную цепочку химических взаимодействий. На Венере такие реакции невозможны. Венера напоминает закрытую емкость, наполненную газом: вулканы выбрасывают углекислый газ, и удалить его нет никакой возможности, так что со временем давление только нарастает. С увеличением давления поднимается и температура. И этот парниковый эффект на Венере возник в результате исчезновения воды.

Другой наш сосед по Солнечной системе, Марс, рассказывает иную историю. Мы пока еще не обнаружили здесь действующих вулканов, извергающих лаву, и не зафиксировали движений коры. Но вид каньонов и каналов планеты свидетельствует о том, что они были сформированы под действием воды. Над поверхностью возвышаются застывшие вулканы. Если здесь когда-то была вода, то температура должна была быть примерно такой же, как у нас на Земле. Поверхности, все еще хранящие следы воды, изменились со временем и рассказывают о падении множества больших и малых метеоритов, произошедших здесь миллиарды лет назад. Недавно проведенные исследования показали сезонное присутствие жидкой воды на планете, но ее количество несравнимо с тем, что когда-то сформировало глубокие каньоны. Активная геологическая жизнь Марса осталась в далеком прошлом.

Многие различия между Венерой и Марсом объясняются тепловым балансом. Венера потеряла воду, поскольку располагается слишком близко к Солнцу: вода испарилась, и цепная реакция привела к дальнейшему повышению температуры на планете. Марс находится относительно далеко от Солнца и поэтому, по-видимому, он не получал достаточно тепла, чтобы сохранить жидкую воду. Недостаток тепла в определенной степени связан и со сравнительно небольшим размером этой планеты. При прочих равных условиях удельная площадь поверхности малых объектов больше, чем крупных (и удельная площадь поверхности кожи у детей больше, чем у взрослых). Но чем больше площадь поверхности, тем больше потери тепла: дети замерзают в холодной воде быстрее взрослых. Вот и с планетами та же история. Марс из-за малого размера утратил и свое тепло, и геологическую активность.

Жизнь планеты полностью зависит от времени и места ее появления, от ее размера и состава. Наша планета обитаема лишь по той причине, что она возникла на правильном расстоянии от Солнца, находится в гравитационном равновесии с соседями, имеет правильную массу, необходимую для сохранения жидкой воды и атмосферы и поддержания круговорота веществ. Кого прикажете благодарить за это?

Хвала Юпитеру

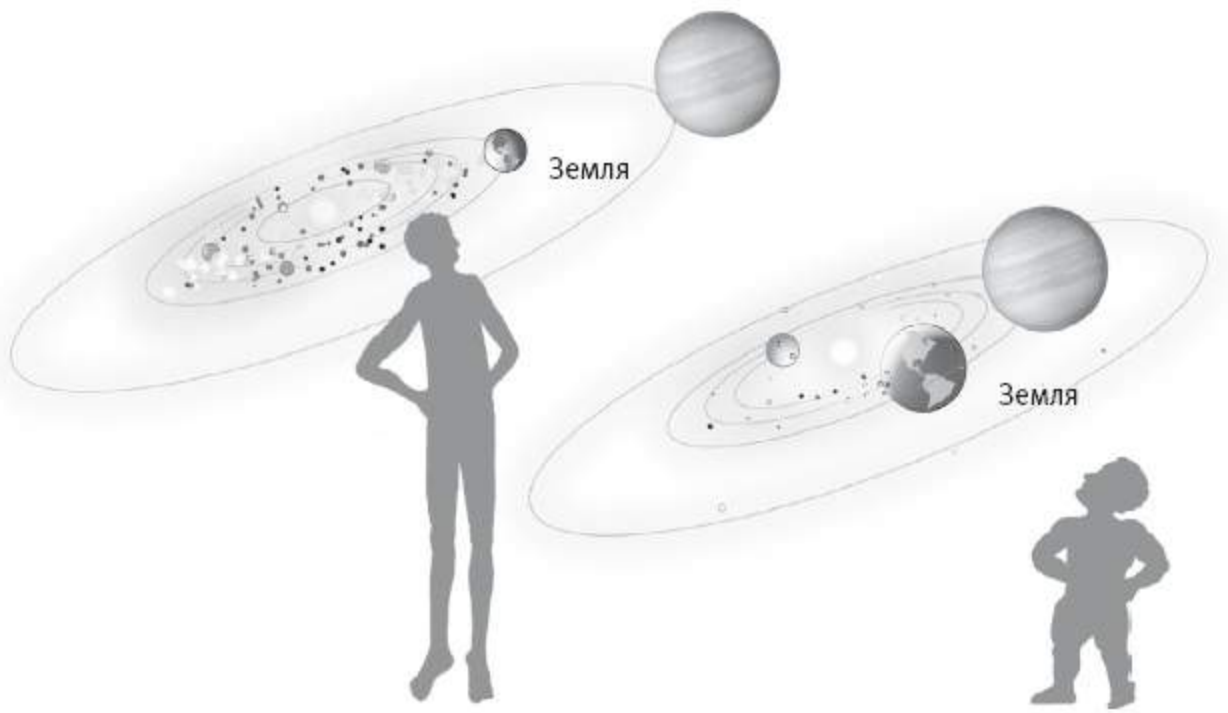
Древние римляне считали, что бог Юпитер следит за соблюдением норм и законов и тем самым регулирует отношения в обществе. Планета Юпитер играет аналогичную роль в физическом и биологическом мире.

Масса Юпитера в два с половиной раза превышает массу всех остальных планет Солнечной системы, вместе взятых. Он в триста с лишним раз тяжелее Земли. Внутри него могут поместиться одиннадцать сотен таких планет, как Земля. Имея гигантскую массу и мощное гравитационное поле, Юпитер оказывает очень сильное влияние на своих соседей. Он привлекает астероиды и кометы, а также соревнуется с Солнцем, затягивая планеты на свою орбиту. Это противостояние Юпитера и Солнца определило орбиту Земли и оказало серьезное влияние на ее историю.

Более 4,6 миллиарда лет назад, когда вихрь пыли кружился вокруг звезды, впоследствии ставшей Солнцем, возникли сгустки вещества (как и предполагали Сведенборг, Кант и Лаплас). Силы притяжения планет определили их взаимное расположение. Представьте себе, какое влияние оказывали на формирующуюся Землю все другие планеты, Солнце и центр притяжения внутри самой Земли. Юпитер с его сильным гравитационным полем в значительной степени определил, сколько вещества может быть использовано на формирование Земли и где в Солнечной системе она окажется.

Результаты компьютерного моделирования показывают, что Юпитер образовался раньше Земли. Соревнование с Юпитером за остатки вещества повлияло на конфигурацию остальной части Солнечной системы. Если бы Юпитер образовался ближе к Солнцу, возможно, в Солнечной системе было бы меньше планет, но они были бы крупнее. Если бы он расположился дальше, возможно, возникло бы больше маленьких планет. Размер нашей планеты и ее расположение относительно Солнца (то есть основные факторы, определившие наличие воды и жизни) в значительной мере связаны с влиянием Юпитера.

Но Юпитер повлиял не только на наличие воды на нашей планете, но даже на размер, форму и функционирование наших тел. Юпитер определил размер Земли и тем самым силу гравитации на ее поверхности. Простой мысленный эксперимент позволяет выявить целую сеть взаимосвязей. Если бы Юпитер расположился ближе к Солнцу, Земля была бы крупнее и тяжелее, и обитатели Земли были бы вынуждены выдерживать гораздо более сильное земное притяжение. Даже если бы такая странная Земля смогла удержать жидкую воду, что маловероятно, жизнь на планете была бы совсем другой. Инженерам хорошо известно: прочнее та балка, что толще. При прочих равных условиях на более тяжелой Земле жили бы более толстые существа, которые лучше справлялись бы с силой земного притяжения. И, напротив, на маленькой Земле сила притяжения была бы меньше, и живые существа вырастали бы более высокими и легкими. Масса Земли определяет силу притяжения и тем самым влияет на все без исключения аспекты нашей жизни – от размера и формы тела до того, как мы передвигаемся, едим и взаимодействуем с нашей планетой.



Представить себе влияние Юпитера на форму человеческого тела – все равно что оказаться в в комнате смеха. Если бы Юпитер расположился дальше от Солнца, мы жили бы на маленькой планете и были бы выше ростом (слева), а если бы Юпитер поместился ближе к Солнцу, мы были бы приземистее (справа).

Нам невероятно повезло: сначала небольшой перевес вещества над антивеществом, потом формирование Юпитера, сделавшего нашу планету обитаемой, и, наконец, случайный выбор из миллионов сперматозоидов одного единственного, который определил наш геном, – все это позволило нам родиться здесь. Но практически наверняка еще через миллиард лет Солнце израсходует весь запас водорода, расширится и станет слишком горячим. Земля потеряет воду. Потеря воды приведет к парниковому эффекту и перегреву поверхности планеты. Наша Земля станет такой же, как Венера. Возможно, дальше от Солнца найдется другая планета с жидкой водой и условиями, пригодными для жизни. Возможно, это будет какое-то более отдаленное тело Солнечной системы, на котором сейчас есть лед, например, один из спутников Юпитера, такой как Европа, или спутник Сатурна Энцелад. Наше везение и совершенство условий, определивших наше существование – преходящи.

Глава 4

О времени

4,5 миллиарда лет

Перемещение в машине времени на четыре с половиной миллиарда лет назад было бы не только сверхъестественным, но и опасным. Чтобы выжить в атмосфере без кислорода и под кислотными дождями, понадобились бы такие скафандры, которых пока не создала современная технология. Постоянное падение с неба камней и льда иногда разогревало поверхность Земли до тысяч градусов по Фаренгейту. Никаких океанов при такой температуре появиться, конечно, не могло: жидкая вода могла возникать, однако она вскоре испарялась. Возможно, вы надеетесь хотя бы увидеть дивные лунные ночи? Забудьте об этом. Луны еще нет. Следы превращения того странного мира в современный можно обнаружить на разных небесных телах Солнечной системы. Шесть космических аппаратов, спускавшихся на Луну, доставили нам пробы грунта. С помощью миниатюрных наборов геологических инструментов были собраны образцы камней из кратеров вулканов, с возвышенностей и низин лунной поверхности. Эти образцы теперь хранятся в жидком азоте в Хьюстоне и Сан-Антонио. Несколько небольших фрагментов были подарены высокопоставленным иностранным гостям, а еще несколько выставлены на обозрение публики. Основная масса камней (около трехсот пятидесяти килограммов) все еще остается неизученной. Но те образцы, которые побывали в лабораториях, помогли узнать много интересного о происхождении нашего мира.

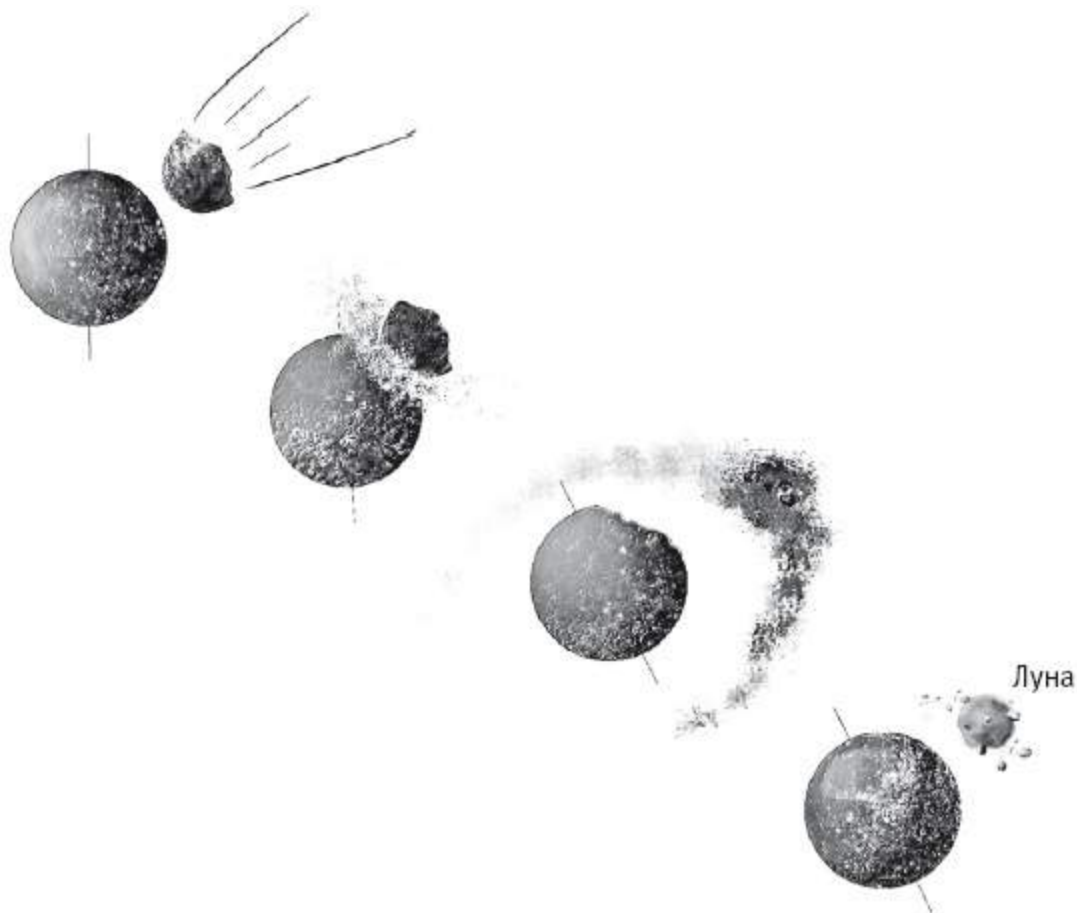
Один из наиболее важных фактов состоит в том, что камни с Луны совершенно обычны и для Земли. По структуре и составу лунные камни ближе всего к земным по сравнению с любыми другими в Солнечной системе. Один общий признак интересен особенно. Атомы кислорода могут существовать в разных формах – в зависимости от числа нейтронов в составе ядер. Измеряя содержание тяжелых и легких атомов кислорода в камнях, можно определить один очень показательный параметр. Камни в составе каждого небесного тела в Солнечной системе характеризуются определенным соотношением тяжелых и легких атомов кислорода, поскольку содержание кислорода в камнях зависит от их расстояния от Солнца в момент формирования. Так вот, соотношение изотопов кислорода в лунных и земных камнях практически одинаковое, и это говорит о том, что Земля и Луна сформировались на одном расстоянии от Солнца – возможно, на одной и той же орбите.

Тем не менее между земными и лунными камнями существует очень важное различие. Лунные камни почти не содержат определенной группы атомов – так называемых *летучих элементов*. Эти элементы – водород, сера и азот – обладают одним общим свойством: они имеют тенденцию испаряться при повышении температуры (отсюда их название). В далеком прошлом лунные камни по какой-то причине разогрелись до такой степени, что утратили летучие компоненты. О чем же это свидетельствует?

Согласно одной из наиболее интересных современных теорий, образование Луны можно сравнить с гонками на выживание – популярным в 70-х годах автоспортом, в котором спортсмены намеренно (и без всякой жалости к технике) сталкивались друг с другом

(выигрывал последний автомобиль, сохранивший способность двигаться) так, что детали летели во все стороны.

Подобный характер соударений может служить моделью, описывающей происхождение системы Земля – Луна. Более четырех с половиной миллиардов лет назад крупный астероид (возможно, размером с Марс) столкнулся с формирующейся Землей. И, как в гонках на выживание, это привело к выбросу легких частей каждого небесного тела и к слиянию их более тяжелых частей. Пыль и мелкие обломки, лишившиеся летучих элементов, стали вращаться вокруг Земли в виде диска. Со временем обломки слились в Луну. Центральные части двух небесных тел не разлетелись, а из-за сильного удара разогрелись, перешли в полужидкую форму – и позднее остыли, образовав новое ядро Земли. В результате удара ось вращения Земли сместилась на $23,5^\circ$.



Столкновение Земли с астероидом. Образование Луны.

Сначала на одной солнечной орбите находились два крупных небесных тела. После столкновения они превратились в Землю и Луну, которые с тех пор кружатся вместе в орбитальном танце, влияя своим гравитационным полем друг на друга. Согласно законам физики, скорость суточного вращения Земли связана с месячным оборотом Луны. Влияние этого события на нашу жизнь очевидно и глубоко: длительность суток и месяцев, как и смена времен года, непосредственно связаны с рождением системы Земля – Луна. Все часы и календари на планете, как и клетки нашего тела, несут следы катастрофы, случившейся 4,5 миллиарда лет назад.

У римлян был эффективный способ контроля над чиновниками в отдаленных, беспокойных областях империи. Вместо того чтобы перекраивать округа, помогая своим сторонникам и наказывая непокорных, Цезарь и его приближенные перекраивали календарь. Представитель в таком-то регионе лоялен? Добавим к его сроку несколько дней. Или, напротив, выказывает строптивость? Укоротим ему год. Метод оказался удивительно эффективным, однако со временем он не только децентрализовал календарь, что усложняло управление государством, но и привел к тому, что возникла невозможная путаница политических событий и дат.

Причина всех этих сложностей заключается в самом характере движения Земли в космосе. Мы все проходим астрономию в школе, но к моменту поступления в университет большинство забывает законы движения планеты. Недавно социологи попросили студентов Гарварда ответить, почему происходит смена времен года. Более 90 % опрошенных ответили неправильно. Смена времен года не имеет отношения ни к тому, сколько света получает Земля летом и зимой, ни к тому, что Земля вращается вокруг своей оси, ни к тому, что она приближается к Солнцу либо удаляется от него.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.

notes

Рус. пер.: Шубин Н. *Внутренняя рыба: история человеческого тела с древнейших времен до наших дней*. М.: Астрель: CORPUS, 2010. – Здесь и далее – примечания переводчика.