

климатических изменений. Одно из наиболее часто (настолько часто, что его уже немного затерли) цитируемых высказываний об истории принадлежит Джорджу Сантаяне: «Те, кто игнорирует историю, обречены повторять ее ошибки»⁵. Памятуя о хорошо известных в истории случаях массового вымирания по причине быстрого увеличения углекислоты в атмосфере, нам следует особенно внимательно отнестись к слову «обречены» в высказывании Джорджа Сантаяны.

Что такого нового в этой «Новой истории происхождения жизни»?

Ни одна книга не может в полной мере воссоздать историю развития жизни. Приходится делать выбор, и наш выбор был продиктован словом «новая». Последняя «полная» однотомная версия подобной истории вышла в середине 1990-х — удивительный бестселлер *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth* («Жизнь: естественная история первых четырех миллиардов лет жизни на Земле»⁶), автор — британский палеонтолог и писатель Ричард Форти. Его произведение восхитительно, и по сей день его приятно читать, а в нашем случае — перечитывать, и это — спустя 20 лет с момента публикации! Но наука развивается очень быстро, сегодня мы уже знаем то, что не было известно два десятилетия назад. Развиваются даже целых два научных направления, которые только зарождались в 1990-е годы: астробиология и геобиология. Развитие технологий позволило извлечь совершенно новые образцы из окаменелостей и горных пород, а также выявить прежде неизвестные таксоны. Изменились даже принципы научных исследований, и теперь самые значительные открытия делаются на стыке некогда самодостаточных и хорошо известных наук: геологии,

астрономии, палеонтологии, химии, генетики, физики, зоологии и ботаники — каждая наука символически обретается в университетах в своем отдельном здании, имеет не только свой собственный факультет, но и свой терминологический аппарат и комплекс методов, позволяющих получать новую информацию.

В своем изложении материала мы исходили из трех принципов, которые послужили основой именно для *нашей* новой истории происхождения жизни. Во-первых, мы считаем, что история развития жизни в большей степени зависит от катастрофических событий, чем от совокупности всех прочих сил, включая медленную, постепенную эволюцию, какой ее впервые описал Чарльз Дарвин, а он в свою очередь опирался на принципы основателей актуализма. Актуализм, главный принцип геологии на протяжении более двух веков, изначально был разработан Джеймсом Хаттоном и Чарльзом Лайелем в конце XVIII века⁷. Этот принцип изучали многие поколения молодых естествоиспытателей, в том числе и Дарвин⁸. Открытие погубившего динозавров астероида, который врезался в нашу планету 65 млн лет назад, стало переломным моментом в изучении геологии. Взгляды исследователей сместились в сторону подхода, который назвали «неокатастрофизм»⁹, отчасти возрождая представления катастрофизма — направления, существовавшего до актуализма.

Мы покажем на страницах этой книги, что актуализм — то, как он объясняет древний мир, вид и темпы эволюции — не актуален и по большому счету может быть опровергнут. Происходящее в современности не дает понимания того, что происходило в далеком прошлом, тем более что те события являлись скорее катаклизмами, а не результатом постепенного развития ситуации. Например, какие современные события помогли бы объяснить такие явления, как «Земля-снежок», или Кислородная катастрофа, или насыщенный

ГЛАВА 2

КАК ЗЕМЛЯ СТАЛА ЗЕМЛЕЙ: 4,6–4,5 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД

Мы теперь уже не верим в то, что Земля — центр мироздания, центр Солнечной системы, единственное место во Вселенной, где есть жизнь и разумные существа, подобные Богу-творцу, как верили в это многие, даже самые просвещенные, умы Возрождения. Сейчас нам известно, что Земля — одна из многих подобных ей планет, и жизнь также может оказаться совершенно заурядным явлением. Самыми недавними подтверждениями этому являются исследования землеподобных планет, или ЗПП¹.

С 1990-х годов к настоящему моменту произошли два важных изменения, совершенно особенных и перестроивших всю систему знаний об истории жизни на планете. Во-первых, до недавнего времени геологи и палеонтологи почти не обращали внимания на тот факт, что наша планета — *лишь одна из многих планет*. А во-вторых, в соответствии с этим первым «модным» представлением, внимание не уделялось и тому, что жизнь также может быть не уникальна, а иметь аналоги в необъятном космосе. Открытие планет, вращающихся вокруг других звезд, полностью изменило такой порядок вещей как для науки, так и для всего человеческого общества². Поменялись исследова-

тельские приоритеты, и сейчас научный интерес, помимо Земли, направлен и на другие планеты, которые называли экзопланетами. Перемены в научных взглядах затронули не только астрономию и специализированные отрасли геологии, но и биологию, и даже религию. Джефф Марси, один из первых исследователей экзопланет, вспоминает, что среди множества телефонных звонков, которые на него посыпались после тех памятных открытий, одним из первых был звонок из Ватикана. Католическая церковь, искушенная в астрономии, хотела знать, может ли существовать жизнь на недавно открытой планете и какие последствия для религии это будет иметь.

Самая первая экзопланета была обнаружена в 1992 году (вращается вокруг звезды-пульсара)³, затем — в 1995 году — обнаружили планету, которая вращается вокруг звезды главной последовательности, то есть такой, которая скорее будет способствовать возникновению и поддержанию жизни, чем пульсары, поскольку у последних есть дурная привычка выбрасывать на соседние планеты большие потоки уничтожающей жизнь энергии. А всего лишь год спустя после обнаружения этой второй планеты было сделано еще одно астрономическое открытие, подстегнувшее дискуссии в науке, а также в политике и обществе: из NASA сообщили о метеорите с Марса⁴, на котором нашли возможные признаки жизни (а может, и ископаемые останки микробов). Последовательность этих открытий положила начало новому научному направлению — астробиологии.

На исследования в области истории развития жизни были выделены огромные суммы, в том числе на изучение таких проблем, которые раньше очень скудно финансировались, например происхождение и природа первой жизни на Земле. Все это произошло в конце 1990-х, и к началу нового века названные отрасли науки стали одними из самых быстро развивающихся. События эти трансформировали науку в целом

и продолжают оказывать влияние на историю развития жизни на Земле, тему данной книги и на наше представление о возможной жизни на других планетах и об истории этой «другой» жизни.

Итак, то, что наша планета — лишь одна из многих возможно обитаемых, и что жизнь есть лишь один из возможных результатов химического процесса — все это на сегодня является известной всем данностью⁵.

Что такое «землеподобная планета»?

Вероятно, это такой земной шовинизм, но вероятно также и то, что во Вселенной возможна только жизнь, подобная земной. Так или иначе, но приоритетом в исследованиях экзопланет является обнаружение планет, похожих на нашу. Возникает вопрос: а что такое планета, подобная Земле?

Есть множество определений. В самых обстоятельных указано, что такие планеты имеют скальную поверхность (не ледовую) и очень плотное ядро. В наиболее исчерпывающем варианте определения отмечается, что планета должна иметь необходимые условия для жизни, «какой мы ее знаем», включая умеренные температуры и атмосферу, которые бы позволили образовываться жидкой воде на планетарной поверхности. Понятие «землеподобная» часто используется для обозначения планеты, похожей на нашу в ее современном состоянии, однако мы же знаем, что Земля очень изменилась за последние 4,567 млрд лет — с момента возникновения. В разные периоды своего бытия *наша* «землеподобная» планета не могла иметь вообще никакой жизни, и на протяжении более чем половины ее истории усложненная жизнь, вроде многоклеточных животных и высших растений, существовать не могла.

Влага же, скорее всего, была на Земле почти всегда. За 100 млн лет формирования Луны, когда в еще только образующуюся Землю врезалось небесное тело, похожее на Марс, на нашей планете точно была жидкая вода. В крошечных песчинках были найдены остатки циркона⁶, возраст которого с помощью радиометрии датируется 4,4 млрд лет. В них есть изотопные признаки океанической воды, которую впитала мантия Земли в процессе плитотектонической активности. Хотя Солнце на ранних этапах земной истории было не таким активным, тем не менее присутствовало много газов, которые создавали парниковый эффект и согревали поверхность планеты. Еще более важной была вулканическая деятельность молодой Земли — в десятки раз более мощная, чем солнечная активность, и поэтому пары, вырывающиеся из недр, согревали и океан, и сушу. Некоторые астробиологи считают, что жизнь не могла возникнуть на планете, пока та сильно не остыла за первый миллиард лет своей истории, а это является причиной полагать, что жизнь, возможно, зародилась на другой планете, такой как Марс. Но есть еще одна землеподобная планета в Солнечной системе — Венера.

Раньше Венера, скорее всего, находилась в обитаемом поясе Солнечной системы⁷, хотя теперь температура ее поверхности равна около $+500^{\circ}\text{C}$ из-за парникового эффекта, который, вероятно, уничтожил все живое на поверхности (некоторые думают, что в атмосфере Венеры возможно существование живых микробов, хотя мы считаем, что вряд ли). Геологические пласты Марса однозначно свидетельствуют о наличии в какой-то из периодов его истории жидкой воды, даже рек и ручьев, которые могли обкатывать камни и образовывать веерообразные дельты⁸. Сегодня вода на Марсе исчезла либо существует в виде льда или редкого пара в атмосфере, почти равной вакууму. Предположительно, меньшая масса Марса не позволила развиваться плитотектоническим процессам, необходимым для

перемещения планетарной коры, это ослабило температуру в его ядре, состоящем из металлов, что привело к невозможности сформировать магнитное поле, способное удерживать атмосферу, и из-за большей удаленности от Солнца Красная планета легко превратилась в постоянную «планету-снежок». Если на Марсе и существовала когда-то жизнь, то теперь она сохранилась только под поверхностью, поддерживаемая слабой геохимической активностью радиоактивного распада.

Около 4,6 млрд лет назад⁹ Земля образовалась слиянием нескольких планетных «кирпичиков», или малых тел, состоящих из твердых пород и застывших газов, конденсированных в плоскости эклиптики. 4,567 млрд лет назад (и датировать оказалось проще, и запомнить легче) в формирующуюся Землю, по всей вероятности, врезался небесный объект с Марс величиной, что привело к смешению никелево-железных ядер сплавленных в Протоземлю планет. Тогда же образовалась Луна — из кремниевых паров, возникших сразу после столкновения. Следующие несколько сотен миллионов лет планету безжалостно бомбардировали многочисленные метеориты.

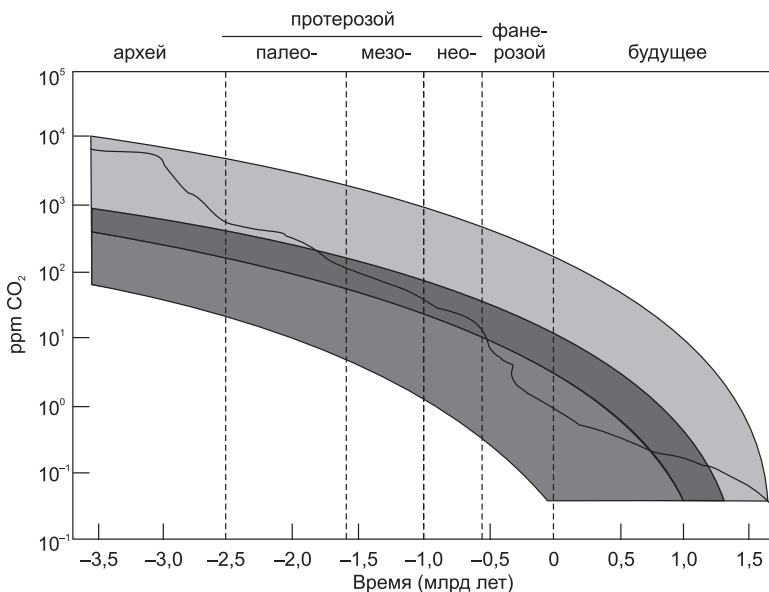
Температуры, подходящие скорее для кипящей лавы, и энергетические выбросы от постоянной метеоритной бомбежки, естественно, создали невыносимые для существования жизни условия на поверхности Земли¹⁰. Энергия, возникающая от бесконечного потока астероидов и метеоритов, около 4,4 млрд лет назад порождала температуру, способную плавить скалы и держать их в таком расплавленном состоянии. Не было никаких шансов, чтобы на поверхности сохранялась жидкая вода.

Новая планета стала быстро изменяться после основного слияния исходных тел. Около 4,56 млрд лет назад у Земли начали образовываться различные слои. Внутри из железа и никеля сформировалось ядро, которое окружила мантия —

менее плотный слой. Над мантией возник тонкий, быстро затвердевающий и еще менее плотный слой земной коры, состоящий из твердых горных пород, а над ним клубилась атмосфера — пар и углекислый газ. Несмотря на то что поверхность оставалась безводной, большие запасы воды оказались заперты внутри планеты и вырывались наружу в виде пара. Поскольку более легкие элементы поднимались наверх, а более тяжелые опускались, вода и другие летучие соединения были извергнуты из недр Земли и заполнили атмосферу¹¹.

Молодая Солнечная система насчитывала несколько планет, а также вокруг Солнца вращался космический мусор в большом количестве, который не участвовал в планетообразовании. Но не все орбиты этих небесных тел были устойчивыми эллипсами, как сегодня. Многие были очень искривлены, многие проходили между вращающимися планетами и Солнцем. Солнечную систему, таким образом, бороздили многочисленные объекты, и длилось это около 4,2–3,8 млрд лет назад. Если принять во внимание широко известную гипотезу о том, что эти космические «путешественники» содержали в себе воду, целые океаны воды, то становится понятно, какую чрезвычайно важную роль сыграли в последующей истории жизни на планете эти кометы и астероиды, непрерывным дождем падавшие на Землю, некоторые совсем крошечные, а некоторые — настоящие монстры до 500 км в диаметре. Кометы приносили с собой не только воду, но и другие важные для жизни элементы, включая соединения углерода. Земле не нужно было далеко ходить за необходимыми для жизни продуктами — она получила их доставкой на дом.

Но за все приходится платить, и жизни тоже пришлось. Ученые из NASA составили математические модели для таких «отчислений». Столкновение с Землей небесного тела в 500 км в диаметре привело почти к невообразимым последствиям. Огромные участки твердой земной поверхности превратились



Изменение во времени концентрации углекислого газа (в миллиардах лет) с приближенными расчетами на будущее. Ноль обозначает настоящий момент времени

в пар, образовав облако страшно горячего — несколько тысяч градусов — «естественного» газа, испарений. Именно эти испарения в атмосфере привели к тому, что весь океан превратился в пар, улетев вверх и оставив дно, покрытое солью. В конце концов произошло охлаждение, но новый океан обрушился дождем на Землю не раньше чем по крайней мере через несколько тысяч лет. Такие большие астероиды и кометы размером со штат Техас могли выпарить океан глубиной три километра и уничтожить все живое на поверхности Земли¹².

Около 3,8 млрд лет назад самые ужасные метеоритные атаки остались позади, и все же в то время различные астрономические бедствия обрушивались на планету значительно чаще, чем в более близкие к нам периоды истории. Долгота

дня тоже была не такая, как сегодня — не более 10 часов, потому что Земля тогда вращалась быстрее. Скорее всего, Солнце было не таким ярким — возможно, красным и не таким горячим, поскольку не только горело с меньшей энергией, но и его лучам приходилось пробиваться сквозь ядовитые, мутные клубы паров углекислого газа, сероводорода и метана, а кислорода ни в атмосфере, ни в океане не было. Небо, по всей вероятности, было оранжевым и красно-кирпичным, а моря, которые предположительно покрывали всю земную поверхность, были коричневой грязью. Тем не менее это был полный комплект газов, жидкой воды и твердой земной коры со множеством минералов, пород и сред, включая и те, которые необходимы для развития жизни в два этапа: добыть много «запчастей» и свалить их в одном месте для дальнейшей сборки.

Системы, необходимые для существования жизни, и их история

Одним из исключительно важных факторов возникновения жизни на Земле стало то, что атмосферные газы достаточно «поредели», что позволило сформироваться «первичному бульону» — добиологическим молекулам, строительному материалу живых организмов. (Здесь стоит вспомнить об окислительно-восстановительной реакции: возникают либо потери от окисления, либо добавление электронов при восстановлении.) Электроны — как деньги, их можно обменять на энергию, при окислении электроны теряются с приобретением энергии, при восстановлении приобретение энергии — это как если бы деньги попали в банк. Например, нефть и уголь «восстановлены», то есть в них накоплено много энергии, которую можно использовать-высвободить, если