

The image features a central view of Earth from space, with a glowing blue and white digital network grid overlaid on the continents. A large green circle is positioned in the upper left corner. The background is a dark blue space filled with stars and light trails.

New Scientist
ЛУЧШЕЕ ОТ ЭКСПЕРТОВ ЖУРНАЛА

Познакомьтесь
с миром,
который
мы
называем
домом

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Джеффри Б. Вебб
Планета Земля. Познакомьтесь
с миром, который
мы называем домом
Серия «New Scientist. Лучшее
от экспертов журнала»

Издательский текст

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=64751807

*Планета Земля. Познакомьтесь с миром, который мы называем
домом: Издательство АСТ; М.; 2021
ISBN 978-5-17-121930-7*

Аннотация

Как выглядела Земля в разные периоды? Можно ли предсказать землетрясения и извержения вулканов? Куда и почему дрейфуют материки? Что нам грозит в будущем? Неужели дожди идут из-за бактерий? На Земле будет новый суперконтинент?

Эта книга расскажет о том, как из обломков Большого Взрыва родилась наша Земля и как она эволюционировала, став самым удивительным местом во Вселенной – единственной известной живой планетой. Ведущие ученые и эксперты журнала New

Scientist помогут ближе познакомиться с нашими домом, изучить его глубины, сложную атмосферу и потрясающую поверхность.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

Содержание

Над книгой работали	6
Введение	8
Глава 1. Годы становления	12
Уникальное место во Вселенной	13
Таинственное начало	15
Наша загадочная Луна	19
Ад на Земле?	24
Когда возникла жизнь?	28
Вода, повсюду вода	34
Беспокойная кора	37
Как менялась наша планета	42
Конец ознакомительного фрагмента.	47

**Коллектив авторов
Планета Земля.
Познакомьтесь с
миром, который мы
называем домом**

This is Planet Earth

Your Ultimate Guide to the World We Call Home

*First published in the English language by Hodder & Stoughton
Limited.*

© New Scientist, 2018

© Оформление, ООО «Издательство АСТ», 2021

Над книгой работали

Джереми Вебб – редактор-консультант, редактор *New Scientist*.

Элисон Джордж – редактор-эксперт серии, редактор книжной серии *New Scientist*.

Дэвид Кромвель – в прошлом научный сотрудник Национального океанографического центра (Саутгемптон, Великобритания), в настоящее время – соредактор аналитического отдела СМИ на сайте medialens.org. В главе 7 рассказывает о циркуляции воды в океанах.

Джон Гриббин – приглашенный научный сотрудник на кафедре астрономии в Сассекском университете (Великобритания). Автор многочисленных книг, в том числе «Планета Земля: путеводитель для начинающих» (*Planet Earth: A Beginner's Guide*, 2012). В главе 6 рассказывает о структуре атмосферы.

Сьюзан Хью – старший сейсмолог в Южно-Калифорнийском центре изучения землетрясений, член Американского геофизического союза. В главе 4 рассказывает о землетрясениях и о том, как мы можем их предсказать.

Джефф Мастерс – в главе 6 рассказывает об экстремальных погодных явлениях. Один из основателей информационной онлайн-службы погоды, директор метеорологического отдела.

Дэвид Риммер – бывший старший преподаватель почвоведения в Университете Ньюкасла (Великобритания). В главе 3 рассказывает о вопросах почвоведения.

Тоби Тиррелл – профессор Саутгемптонского университета (Великобритания), занимается вопросами земной экосистемы, автор книги «О Гее: критическое исследование взаимосвязей жизни и Земли» (*On Gaia: A Critical Investigation of the Relationship between Life and Earth*, 2013). В главе 8 рассказывает о слабых местах гипотезы Геи.

Питер Уорд – профессор биологии в Вашингтонском университете (Сиэтл, США). Автор книги «Гипотеза Медеи: действительно ли Жизнь на Земле разрушает сама себя?» (*The Medea Hypothesis: Is Life on Earth Ultimately Self-Destructive?*, 2015). В главе 8 рассматривает гипотезу Геи.

Также благодарим следующих авторов:

Анил Анантхасвами, Колин Баррас, Стивен Баттерсби, Кэтрин Брахик, Сью Боулер, Стюарт Кларк, Энди Коглан, Филип Коэн, Даниэль Коссинс, Ричард Файфилд, Линда Геддес, Шеннон Холл, Джефф Хехт, Боб Холмс, Джошуа Ходжгоу, Феррис Джабр, Виктория Джаггард, Грэм Лоутон, Майкл Ле Пейдж, Рик Ловетт, Майлс Маклеод, Майкл Маршалл, Катя Москович, Рейчел Новак, Шон О'Нил, Стивен Орнес, Джени Осман, Фред Пирс, Кейт Равилиус, Кристина Рид, Юджини Самуэл Райх, Дэвид Шига, Колин Стюарт, Ричард Вебб, Сэм Вонг и Маркус Ву.

Введение

Земля – удивительное место. Выглянув из окна, сразу этого не заметишь: вроде бы ничего особенного, все выглядит как всегда. Но стоит только присмотреться внимательнее – как это делают ученые, – и вы обнаружите поразительные вещи, в которые трудно поверить. Когда-то наша планета представляла собой расплавленный, раскаленный докрасна скалистый шар; случалось и так, что она была похожа на гигантский космический снежок. Было время, когда в арктических широтах царили тропические температуры, а пересохшее Средиземное море ожидало, пока его берега заполнятся струями великого потопа.

Недоступные нашему взору чудеса охраняют нас каждый день. Один незримый щит укрывает нашу планету от опасных ультрафиолетовых лучей, а другой – защищает ее от потоков солнечных частиц с губительно большими энергиями. Благоприятный климат Земли зависит одновременно от многих факторов: состава почв, дыхания океана, отражательной способности облаков, формирования и эрозии скальных массивов, а также вулканических выбросов, извергающих газы, которые и охлаждают, и нагревают планету.

И вершина земного творчества – жизнь. Не стоит думать, что вы как представитель живой материи – заурядное явление.

ние. В космическом масштабе все не так просто. Вы родились на единственной планете во Вселенной, про которую мы точно можем сказать, что на ней существует жизнь; наверняка это единственное место, где организмы читают книги.

Есть еще одна вещь, которую нужно постоянно держать в памяти: жизнь не просто обитает на Земле; она – часть Земли. Роль почвы в формировании нашего климата велика, при этом большое влияние на нее оказывают микробы. Облака отражают большую часть солнечного света обратно в космос, а микробы, обитающие в верхних слоях атмосферы, «отбеливают» эти облака. Даже некоторые скалы внешней коры планеты состоят из останков тел давно умерших существ.

Земля – не просто гигантский булыжник, летящий в космическом пространстве. Это механизм, в котором все взаимосвязано и взаимодействует друг с другом: живые организмы, геологические процессы, водные резервуары, ледяные поля с айсбергами атмосфера. Эта книга – подспорье для тех, кто хочет лучше разобраться во всех этих взаимосвязях и их взаимном влиянии друг на друга.

В первых двух главах рассказывается об образовании Земли в ее исторической перспективе – от самой начальной стадии, когда Земля существовала в виде газового облака-вихря, вращающегося вокруг молодого Солнца, до цунами, отрезавшего Британию от главного европейского материка. В главе 3 рассматривается структура Земли. Мы отправимся в рискованное путешествие: наш путь будет про-

легать от поверхности, покрытой благодатным слоем плодородной почвы, прямо в глубь Земли, к ее твердому железному сердцу. Главы 4 и 5 познакомят нас с идеей тектоники плит: мы поймем, почему происходят землетрясения, увидим, что Земля – замечательный термостат, и представим картину будущих блужданий континентов на нашей планете.

В главах 6, 7 и 8 мы изучим разные сферические оболочки планеты начиная с атмосферы. Больше всего внимания уделяется самому нижнему, пригодному для дыхания слою. Это приют для жизни и одновременно лаборатория, в которой проводит свои эксперименты погода. Мы также поднимемся вверх и пройдем весь путь до границы с космосом; познакомимся с гидросферой, нырнем в глубину океанов и исследуем гигантские насосы, приводящие в действие глобальные течения. В биосфере мы поищем разгадку возникновения жизни и попробуем раскрыть секрет того, как жизнь с момента своего возникновения влияет на нашу планету.

В заключение мы остановимся на том, какое влияние оказывает человек на все системы Земли. В главе 9 расскажем об антропоцене – геологической эпохе, в которой уровень человеческой активности начинает существенным образом влиять на весь земной шар. Глава 10 посвящена величайшей опасности современности, угрожающей самому существованию жизни, – изменению климата. Мы подведем итог нашим знаниям в этой области, расскажем о том, какие проблемы еще не решены, и зададимся вопросом: можем ли мы испра-

вить положение?

Мы надеемся, что эта книга изменит ваше представление о Земле и вы никогда больше не будете относиться к ней как к обычному, заурядному явлению. Не исключено, что вы будете потрясены, познакомившись с нашей планетой поближе.

Джеремии Вебб, редактор

Глава 1. Годы становления

Земля и Луна родились из хаоса. Неистовый жар и неукротимое буйство, царившие в Солнечной системе на заре ее возникновения, навсегда скрыли от нас тайну зарождения Земли и летопись ее юных лет. Что мы можем и можем ли вообще что-то узнать о той поре, когда наша планета только начинала формироваться, чтобы превратиться в пристанище и место для эволюции живых организмов?

Уникальное место во Вселенной

Иногда случается, что ничем не примечательное событие приводит к неожиданному результату. Именно так и произошло 4,6 миллиарда лет назад в небольшом рукаве неприметной спиральной галактики.

Обширное облако газа и пыли начало сжиматься в плотный шар. Силы гравитации притягивали к нему все больше и больше вещества, температура и давление в его центре нарастали и наконец выросли настолько, что произошел термоядерный взрыв. От обилия освободившейся энергии в космосе загорелась еще одна звезда.

Как именно начался этот процесс, мы не знаем, но раньше это случалось бесчисленное множество раз, да и образовавшаяся звезда ничего особенного собою не представляла.

Звезда пришла во вращение, притягивая на свою орбиту небольшие соседние тела, которые начали слипаться в комки. Молекулы газа и частицы пыли объединялись, образуя камни и целые глыбы; некоторые из них сталкивались друг с другом, формируя громадные булыжники, которые затем превращались в планетезимали. Гравитация этих объектов возрастала, они привлекали к себе все больше вещества, создавая раскаленные, расплавленные тела – прототипы тех планет, которые мы знаем сегодня.

Образовалось восемь планет, а на третьей из них, считая от Солнца, произошло нечто поистине замечательное. Возникшие на ней условия позволили жизни зародиться и расцвести во всей красе. Процесс увенчался появлением разумной жизни в форме существ, способных задавать вопросы: как образовалась наша планета и как она смогла взрастить жизнь? Эти существа назвали свое ближайшее космическое окружение Солнечной системой, дали звезде имя Солнце, а свою планету нарекли Землей.

Таинственное начало

Такова картина крупными мазками. Временем «нуль» для Солнечной системы считается момент, произошедший 4,567 миллиарда лет назад, а уже 4,55 миллиарда лет назад было сформировано почти 65 % планеты Земля.

Ранний этап образования Солнечной системы ознаменовался бурной и кипучей деятельностью. В течение первых нескольких сотен миллионов лет нередкими были столкновения между населяющими Солнечную систему телами – Земля подвергалась жесткому обстрелу со всех сторон. Примерно 4,53 миллиарда лет назад, когда в основном «картина» была уже написана и краска высыхала на холсте под названием «Малютка Земля», разразилась катастрофа. Земля получила скользкий предательский удар в бок: в нее врезалась другая планета размером с Марс. От удара в космос брызнули осколки, из них со временем образовалась наша спутница – Луна. Энергия столкновения расплавил верхние слои земной коры и полностью изменила геологию планеты. Испарившийся газообразный кремний, не вошедший в состав Луны, сконденсировался и выпал на Землю в виде осадков – лавового дождя. На нашей планете образовалось море из жидких камней, и Земля расплавилась до самого ядра. Формирование твердой поверхности началось заново.

Такова одна из гипотез образования Луны. Как вы увидите позже, она не единственная. Несомненно одно: бурный период в жизни нашей Земли продолжался довольно долго. Закончился он так называемой последней метеоритной бомбардировкой, которая произошла примерно 4,1–3,8 миллиарда лет тому назад. О степени интенсивности и продолжительности этого эпизода в истории Земли ученые ведут дебаты до сих пор.

Неописуемое неистовство происходящих в ту пору событий – одна из причин зияющего пробела в наших знаниях о том, какой Земля могла быть в течение первых 500 миллионов лет. Эта геологическая эпоха называется гадейским эоном по имени Гадеса, или Аида, – бога подземного царства в древней Греции. Слишком мало достоверных сведений, чтобы ученые могли составить четкую картину возможных происшествий в ту пору; некоторые отрывочные сведения можно собрать из физических и химических свойств окружающего нас мира, результатов научных экспериментов, наблюдений других астрономических объектов и компьютерного моделирования.

Наука не стоит на месте. Прямо в этот момент осуществляются исследования, которые позволят ответить на многие из этих вопросов; все время добываются новые данные, проводятся наблюдения и строятся различные модели. Наши знания проверяются и перепроверяются с учетом новых результатов. Часто ученым приходится менять свои, уже усто-

явшиеся взгляды.

Один из вопросов, на которые до сих пор нет ответа: как получилось, что Земля приобрела так много воды? Ведь она довольно близко к Солнцу и на ней было слишком жарко, чтобы вода могла просто сконденсироваться в газовом облаке в период образования планеты. В любом случае вода должна была испариться при чудовищном столкновении с иным телом, которое привело к образованию Луны. Возможно, вода появилась на Земле позже – например, была занесена во время последней метеоритной бомбардировки ледяными кометами и астероидами из внешних зон Солнечной системы.

Следующий вопрос: когда именно Земля обзавелась корой? Сегодняшняя кора почти полностью состоит из каменных пород, возраст которых не превышает 3,8 миллиарда лет. Это значит, что следов инфернального гадейского периода на поверхности почти не осталось. Большинство древних утесов сильно изменилось под влиянием температуры и давления. Кое-какую важную информацию можно извлечь из крошечных живучих кристаллов – цирконов, сохранившихся до наших дней со времен глубокой древности. В совокупности с постоянно совершенствующимися методами микроанализа они могут помочь ученым добыть знания, которые способны совершить переворот в представлениях об истории ранней Земли.

Есть и еще один способ получить знания о гадейском пе-

риоде. Геолого-разведочные работы на Луне и Марсе могли бы прояснить, какой была Земля до великого столкновения. В отличие от Земли на поверхности этих небесных тел можно найти истинно древние породы, потому что они не подвергались повторному плавлению, как это было на нашей планете. Мы можем даже вытянуть счастливый лотерейный билет по геологии – найти кусок от гадейской Земли, отколотый от материнской планеты при ударе астероида и выкинутый в открытое пространство, который впоследствии мог найти себе пристанище на Луне или на Марсе.

Таковы основные сведения о той поре, когда Земля была совсем молодой. Запомним их. А теперь вникнем в суть тех проблем, которые не дают спать по ночам людям, посвятившим себя науке о Земле, а также астрофизикам и специалистам в области палеобиологии.

Наша загадочная Луна

Объяснить происхождение Луны очень трудно. Это поистине большая проблема. Ни одна другая планета в Солнечной системе не может похвастаться спутником, который был бы настолько велик в сравнении с ней, как Луна в сравнении с Землей: размер Луны превышает четверть диаметра Земли. Есть гипотеза, что другие планеты могли захватить свои небольшие спутники, когда они случайно пролетали мимо. Но в случае с Луной этого не могло произойти: она представляет собой слишком большое небесное тело. В 1879 году астроном Джордж Дарвин, сын Чарльза Дарвина, выдвинул другую гипотезу. Он предположил, что молодая Земля вращалась так быстро, что распалась на куски, один из которых отлетел в космос и превратился в Луну.

Эта идея была довольно популярна какое-то время, но в начале XX века впала в немилость: специалисты по планетарной динамике провели расчеты и обнаружили, что этого не могло произойти. Для раскола планеты нужно, чтобы центробежная сила, направленная наружу, была больше гравитационной силы, направленной внутрь; Земля должна была вращаться неимоверно быстро и совершать один оборот за два часа, чтобы сработал этот сценарий.

На смену идее Дарвина пришла гипотеза гигантского

столкновения, согласно которой в Землю по касательной врезалось небесное тело размерами примерно с Марс (см. рис. 1.1). На ранних этапах в Солнечной системе был настоящий вихрь из небесных тел; неудивительно, что в какие-то моменты произошли столь колоссальные повреждения.

Тем не менее гипотеза гигантского столкновения не получила подтверждения в ходе анализа камней, привезенных с Луны астронавтами миссии «Аполлон». Если бы эта гипотеза была верна, некоторые лунные камни должны были бы иметь внеземное происхождение и принадлежать небесному телу, которое столкнулось с Землей; но их состав, включая изотопы кислорода, хрома, калия и кремния, оказался идентичен земным камням. Кроме того, некоторые образцы – предположительно, из лунной коры – содержали воду. При гигантском столкновении должно было выделиться тепло, которое расплавило бы камни, и воды бы не осталось.



Рис. 1.1. Верна ли гипотеза происхождения Луны в результате гигантского столкновения?

Но не все потеряно. Если даже не рассматривать чисто умозрительную идею, что внутри Земли взорвался естественный ядерный реактор и выбросил в космос часть планеты, можно путем моделирования показать, что существу-

ют такие типы столкновения, которые могут выдержать критику в свой адрес.

Матия Кук, сотрудница американского института *SETI* (от англ. *Search for Extraterrestrial Intelligence* – «поиск внеземного разума») (Маунтин-Вью, Калифорния), и Сара Стюарт из Калифорнийского университета в Дейвисе (Калифорния) установили, что для образования Луны в результате столкновения не обязательно должен был произойти сильный удар по касательной очень массивного тела. Достаточно было того, что в прошлом Земля вращалась быстрее; тогда тело могло быть в два раза меньше Марса, но, столкнувшись с Землей, ударить ее под более крутым углом и вонзиться довольно глубоко в нашу планету. В результате компьютерного моделирования Кук и Стюарт пришли к выводу, что от такого события могло выделиться достаточно много энергии, чтобы на земную орбиту от взрыва выбросился шлейф, состоящий из чисто земных каменных пород. Тогда изотопный состав Луны и не должен отличаться от земного.

Еще одну версию гигантского столкновения, но в более «легкой» форме, предложила Робин Кэнап – американский астрофизик и планетолог из Юго-Западного исследовательского института (Боулдер, Колорадо). Она рассмотрела случай медленного столкновения двух планет, каждая из которых примерно в два раза меньше Земли. В результате слияния тел образовалась наша планета, а на долю Луны остались «отходы». Таким образом, и Земля, и Луна могли об-

разоваться из одних и тех же ингредиентов.

Ад на Земле?

Хаос, существовавший на ранних этапах в Солнечной системе, был поистине неопишем. Тела разных размеров то и дело сталкивались друг с другом. Не только наша планета испытывала сильные удары. Чтобы понять, насколько сильно небесные тела молотили друг друга, достаточно посмотреть на лунные кратеры. На Земле мы не видим подобного урона, потому что следы от вмятин были сглажены ветрами, дождями и процессами жизнедеятельности в растительном мире.

Анализ камней, доставленных с Луны астронавтами миссии «Аполлон», показал, что наиболее интенсивные удары Земля испытывала во время последней метеоритной бомбардировки. Ученые полагают, что и до, и во время этой бомбардировки Земля была жгучей адской бездной. Слишком высокая температура и отсутствие влаги не предполагали наличия жизни в какой-либо форме. Условия немного улучшились только в тот момент, когда закончилась бомбардировка метеоритами и наступил архейский эон (см. главу 2). И только тогда жизнь на Земле начала постепенно завоевывать себе позиции.

Однако в последние годы гипотеза последней метеоритной бомбардировки начала подвергаться сомнениям с раз-

ных сторон. Наиболее радикальные высказывания сводятся к тому, что данные, свидетельствующие о сильной бомбардировке Луны метеоритами, могли быть неверно истолкованы: все зависит от того, как трактовать найденные астронавтами образцы.

Образцы грунта были собраны из разных мест на Луне. Тем не менее исследователи считают, что все эти образцы могут быть следствием одного и того же события – при ударе или ударах метеоритами, в результате чего возник Бассейн Дождей – большое темное пятно на лунной поверхности, которое является частью иллюзорной картинкой под названием «Человек на Луне». Все эти фрагменты могут быть следствием одной бомбардировки: камни разлетелись по лунной поверхности и создали впечатление многочисленных соударений, хотя на самом деле таких соударений могло быть гораздо меньше. Если бомбардировка была не слишком интенсивной, на молодой Земле могли существовать не такие уж адские условия.

Свидетельства о том, что в гадейский период на Земле существовали более мягкие условия, чем первоначально считалось, приходят также и из других источников. Возьмем самых крошечных свидетелей – цирконы. Эти прочные кристаллы из силиката циркония, в длину не превышающие миллиметра, относятся к старейшим образованиям на Земле. Они выживут, если их прожарить при температуре 1600 °С, и не раскрошатся, долго пролежав в русле реки с

бурным течением. Геологи особенно ценят их за то, что они способны уцелеть в толще осадочных отложений, даже если на них сверху давит не одна тонна, и не подвергнутся никаким метаморфозам или плавлению. Другие вещества на это не способны.

Цирконы можно найти повсюду. Они встречаются почти во всех типах гранитов, которые образуются при переплавлении породы внутри Земли. Потом эти граниты поднимаются на поверхность и охлаждаются. При отвердевании гранита содержащийся в расплавленном материале цирконий захватывает силикаты – соли кремниевых кислот – и кристаллизуется в виде цирконов. Их часто можно найти в осадочных породах, подвергшихся эрозии, в результате чего они освобождаются из исходных гранитов.

В Западной Австралии есть холмы под названием Джек Хиллс. Возраст этих скал около 3,7 миллиарда лет. В этих холмах были найдены цирконы, которые и заставили усомниться в обоснованности первоначального вердикта, вынесенного гадейскому периоду. Возраст этих цирконов, определенный по методу радиоактивного распада урана (см. главу 2), оказался еще больше, чем возраст самих холмов. Для одного циркона, например, получена оценка в 4,4 миллиарда лет. Это значит, что вещества в твердом виде существовали на поверхности Земли уже через 200 миллионов лет после ее рождения.

Более того, ученые нашли внутри цирконов включения

посторонних веществ – следы кварца, слюды и полевого шпата. Это означает, что цирконы образовались из расплавленных, преобразованных осадочных отложений, которые могли изначально напоминать жидкую грязь или глину. Проведенный анализ показал, что древние цирконы содержат высокие концентрации изотопа кислород-18. Если сравнивать разные породы, то те из них, что образуются при низкой температуре во влажных условиях, как раз и стремятся поглощать больше кислорода-18.

Этот вывод подтверждается и оценками содержания других элементов в цирконах. Складывается впечатление, что 4,4 миллиарда лет тому назад Земля была вовсе не океаном из магмы, а твердым, прохладным и влажным миром. Моря, озера и океаны должны покоиться на твердой поверхности; скорее всего, земная кора образовалась довольно рано, а если на Земле была жидкая вода, то должна была быть и плотная атмосфера – в противном случае вода испарилась бы с поверхности. Ад на Земле неожиданно-негаданно обернулся вполне животворным местом.

Когда возникла жизнь?

Идея о том, что условия на Земле в гадейский период были более холодными и влажными, чем первоначально считалось, перекликается с полученными недавно – хотя и не бесспорными – свидетельствами о существовании первых живых организмов.

Вернемся снова в Западную Австралию. На побережье Пилбара, к северу от холмов Джек Хиллс, обнаружены окаменелости, содержащие надежные данные о том, что первые живые организмы появились на Земле 3,43 миллиарда лет тому назад. В скалистых породах Юго-Западной Гренландии были найдены химические признаки еще более древних форм жизни, которые могли возникнуть 3,8 миллиарда лет назад, – но эти сведения считаются не вполне достоверными.

В 2015 году исследователи Элизабет Белл и Марк Харрисон из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе совместно с коллегами объявили о том, что нашли углерод в форме органического соединения внутри циркониевого кристалла. Группа ученых проанализировала более 10 000 цирконов, относящихся к гадейскому и архейскому эонам. В одном из гадейских кристаллов, найденных в холмах Джек Хиллс, они обнаружили крошечные крупинки, или включения, графита. Этот графит мог попасть внутрь циркона при

его формировании порядка 4,1 миллиарда лет назад.

Ученые исследовали изотопы углерода в двух таких графитовых включениях и обнаружили, что для них характерны высокие отношения изотопа углерод-12 к изотопу углерод-13. Это является свидетельством их биологического происхождения, потому что живые организмы преимущественно поглощают углерод-12.

Общий химический состав кристаллов циркона подразумевает, что они образовались из охлажденной магмы, которая возникла при плавлении богатых илом осадочных отложений. Именно такая среда благоприятна для сохранности органических остатков.

В 2017 году Мэттью Додд из Университетского колледжа Лондона и его коллеги сообщили о находке еще более древней жизни, обнаруженной ими в окаменелостях, возраст которых близок к гадейскому периоду. Окаменелости были собраны в Зеленокаменном поясе Нуввуагиттук – на восточном побережье Гудзонова залива в северной части провинции Квебек (Канада). Их возраст составляет по крайней мере 3,75 миллиарда лет, хотя некоторые геологи утверждают, что им не менее 4,28 миллиарда. Таким образом, эти находки немногим моложе, чем сама наша планета.

Как и все камни такого рода, они подверглись значительным изменениям за время своего существования. Часть времени они провели глубоко внутри Земли, где под влиянием высоких давлений и температур свыше 50 °C хорошо согрелись.

вались и сильно деформировались. У геологов есть основания считать, что эти камни образовались на дне первых земных океанов в присутствии древних глубоководных гидротермальных источников.

Додд основывает свое утверждение на анализе пород, богатых железом, которые возникли вокруг относительно «холодных» (с температурой менее 160 °С) подземных источников. Эти породы содержат микроскопические волокна и трубчатые структуры оксида железа – подобные структуры образуются в результате деятельности бактерий, колонии которых обитают и в настоящее время в подложках вблизи глубоководных гидротермальных источников.

Более того, вещество поблизости от этих волокон содержит углерод с высоким отношением углерода-12 к углероду-13, что также говорит об органическом происхождении. Частично этот углерод находится внутри кристаллов, состоящих из богатых фосфором минералов. И это тоже намекает на следы жизнедеятельности первых микроорганизмов: фосфор, освобождаемый при распаде этих существ, может встраиваться в минералы.

Если удастся подтвердить полученные находки, сроки возникновения жизни на Земле можно будет отодвинуть и считать, что жизнь произошла 4,29 миллиарда лет назад. Итак, Земля могла быть заселена на удивление рано, еще до последней метеоритной бомбардировки. Кроме того, это будет означать, что жизнь возникла вокруг глубоководных ис-

точников, где очень мало или вообще нет солнечного света, то есть организмы должны были извлекать энергию из геотермальных процессов. Такой вывод помог бы согласовать геологические сведения и результаты генетических и биохимических исследований, которые указывают, что жизнь появилась в глубоких гидротермальных областях, а не в мелководных и залитых солнечным светом местах, где находят много древних ископаемых остатков (см. главу 8).

Однако вопрос о том, когда именно возникла жизнь, еще не закрыт. Ни одно из исследований не является на 100 % убедительным. Группа Харрисона признает, что существуют также и неорганические пути, которые могли привести к повышенному содержанию легкого изотопа углерода в гадейских условиях. И чрезвычайно удивительно, что хрупкие микроскопические структуры, найденные Доддом, выжили в породах, которые подвергались действию высоких температур и давлений глубоко под землей.

Новый взгляд

Стоило нам вообразить, что история юной Земли выплывает из тумана, как появились новые данные, которые дают понять, что не все так просто.

Дональд Лоу из Стэнфордского университета (Калифорния) и его коллеги сорок лет занимались исследованиями древних скалистых образований в восточной части Южной Африки – поясе Барбертон. Двадцать пять лет назад они нашли четыре слоя сферических частиц, которые, по-видимому,

сконденсировались из облаков испарившихся камней. Лоу говорит, что это следы четырех крупных ударов метеоритов, которые произошли в промежутке от 3,5 до 3,2 миллиарда лет назад. В 2014 году эта группа исследователей сообщила еще о четырех слоях, относящихся к тому же периоду. По мнению ученых, эти восемь крупных метеоритных ударов, которые имели место в течение 250 миллионов лет, указывают на то, что последняя метеоритная бомбардировка длилась дольше, чем принято думать, и сошла на нет только примерно 3 миллиарда лет тому назад.

Такие сильные удары превосходят все, что испытывала Земля с момента появления многоклеточных животных. От удара астероида, приведшего к гибели динозавров, остался слой сферических частиц (сферул) толщиной в несколько миллиметров. Слои, которые открыл Лоу, имеют толщину от 30 до 40 сантиметров. Это значит, что астероиды, падавшие на Землю, имели поперечники по крайней мере 20 километров; возможно, некоторые из них были еще больше, превышая 70 километров. Если бы сейчас Земля испытала подобные удары, на планете почти не осталось бы ни животных, ни растений; но в то время вся жизнь была сосредоточена в водной стихии, к тому же она была одноклеточной.

Лоу считает, что один из таких мощных ударов мог нагреть атмосферу до сотен градусов Цельсия и испарить верхний слой океана толщиной 100 метров. На противоположной стороне планеты микробы могли

благополучно пережить возникшие при этом цунами и дожди из раскаленных камней. Но некоторым группам организмов, таким как фотосинтезирующие бактерии, которым нужно было много света и которые обитали вблизи поверхности океана, пришлось особенно скверно.

Вода, повсюду вода

Если вода существовала на Земле во время гадейского периода, то возникает вопрос: откуда она появилась? Конечно, Солнце в те незапамятные времена было не таким жарким, как сейчас, но даже под его лучами наверняка бы испарился весь лед из первозданного облака, давшего начало Земле. Планетологи были склонны считать, что воду занесло позже небесными посланниками и посланницами – метеоритами и кометами. Однако последние исследования говорят о том, что это не так.

На вопрос о том, откуда на Земле взялась вода, помогает ответить соотношение концентраций двух изотопов водорода: дейтерия, называемого также тяжелым водородом, и нормального водорода. В зависимости от источника воды оно будет отличаться. Сравнивая это соотношение в метеоритах и в старейших водных резервуарах Земли, мы можем определить, действительно ли у этой воды общее происхождение.

В древности океаны почти наверняка потеряли часть более легких изотопов водорода, поэтому исследователи для чистоты эксперимента обратились к воде, извлеченной из древних вулканических базальтовых пород с острова Баффинова Земля в Канадской Арктике. Эти породы содержат крошечные стекловидные включения, которые, по-видимо-

му, образовались 4,5 миллиарда лет назад внутри мантии Земли – в слое, расположенном под земной корой. Их возраст сравним с возрастом самой Земли, а внутри содержатся молекулы водорода, которые обязаны своим происхождением такой же древней воде.

Эти включения содержат на удивление мало дейтерия – почти на 22 % меньше, чем в сегодняшней морской воде. То есть первоначально наша вода была очень бедна дейтерием – скорее всего, ее источником были не метеориты, потому что в метеоритах это соотношение изотопов водорода обычно выше. Из полученных результатов следует, что вода должна была возникнуть в облаке, сгущение которого привело к образованию Солнца и планет.

С этим выводом согласуются и теоретические исследования, согласно которым молекулы воды могли крепко цепляться за слипающиеся частицы пыли даже в условиях жаркого климата формирующейся Земли.

В последние годы ученые также обнаружили, что глубоко в недрах Земли содержится намного больше воды, чем можно было ожидать. Частично эта вода могла подняться наверх, на поверхность. По оценкам, объем внутреннего резервуара может в три раза превышать объем Мирового океана. Внутренний резервуар залегает в голубой породе, называемой рингвудитом. Этот минерал – силикат магния – образуется в мантии при температурах и давлениях, соответствующих глубине 600 километров.

Есть и такие исследования, которые показывают, что этот резервуар – далеко не самый глубокий. В лавовых потоках найдены алмазы с включениями гидроксильных ионов, которые являются верным признаком наличия воды. Они образуются на глубине около 1000 километров, что говорит о возможности циркуляции воды в глубоких слоях мантии.

Беспокойная кора

Сейчас мы знаем, что Земля покрыта несколькими большими жесткими плитами, которые постоянно движутся и трутся друг о друга. Этот процесс зовется тектоникой плит, или платформ (см. главу 4). Земные породы постоянно перемешиваются и преобразуются, без этого у планеты не было бы стабильного климата, а также запасов нефти и минералов, от которых зависит наша жизнь.

Земля – единственная известная нам планета, на которой происходят тектонические процессы такого рода. Почему это так? Моделирование показывает, что для развития тектоники планета должна быть нужного размера: если она слишком мала, то ее литосфера – твердая часть коры и верхняя часть мантии – будет слишком толстой. Если же планета слишком большая, то ее гравитационное поле накрепко прижмет друг к другу любые плиты, удерживая их вместе. Должны выполняться и некоторые другие условия: породы на поверхности планеты не должны быть ни слишком горячими, ни слишком холодными, ни слишком влажными и ни слишком сухими.

Наши знания о том, какова могла быть кора у юной Земли, основаны на процессах, которые мы наблюдаем сегодня. Если говорить об океанической коре, то мы видим, что сейчас

она формируется в срединно-океанических хребтах, где расплавленная порода из мантии вытекает наверх и распространяется по поверхности. Образуются породы, богатые твердым черным базальтом, – из таких пород состоят Гавайские острова, которые имеют вулканическое происхождение.

Другое дело – континентальная кора. Она, как правило, состоит из пород типа гранита, которые образуются при погружении базальта вглубь, его плавлении и дальнейшем преобразовании. Во время этих процессов гранит обогащается кремнеземом, алюминием и более легкими металлами. Гранит менее плотный, чем базальт, поэтому он располагается в мантии выше, чем океаническая кора.

Там, где встречаются эти два типа коры – например, на краях океанических бассейнов, – холодное и плотное дно океана вместе с большим количеством воды, грязи и ила погружается под более легкую континентальную кору и затем в мантию; этот процесс называется субдукцией.

Но вернемся к прошлому. Очень важно получить ответ на вопрос, когда и как литосфера треснула так, что часть коры впервые поднырнула и погрузилась под другую ее часть. Из-за неразберихи с гадейским периодом количество необходимых сведений остается весьма скудным. Но все же благодаря опубликованным в 2016 году геохимическим исследованиям цирконов и пород возрастом порядка 4 миллиардов лет, найденных в северо-западной части Канады, можно сказать, что в то время на поверхности Земли не было континенталь-

ной коры, а было нечто, больше похожее на базальтовую океаническую кору. Если это подтвердится, то тектоники плит в том виде, в каком мы ее знаем, во времена гадейского периода еще не было.

Бытует мнение, что Земля в течение первых 2 миллиардов лет обладала тонкой базальтовой коркой, погруженной в воду. Кое-где из воды выступали цепочки вулканов, и это была единственная суша на планете. Вулканы изрыгали водяной пар и газы, такие как углекислый газ, сернистый газ и хлористый водород, создавая плотную атмосферу.

Остается неясным, как именно появились первые трещины в этой коре. Шлейф горячего вещества из мантии мог пробить кору и сделать в ней первое отверстие; возможно, спусковым крючком послужил удар астероида или кометы: они могли пробить поверхностный слой и создать цепочку событий, которые привели в движение первые тектонические плиты.

Когда это произошло? Одна из оценок основана на исследованиях офиолитов – редких осколков древней океанической коры, которые не погружаются в мантию, а, наоборот, поднимаются в верхнюю часть континентальной коры в зоне субдукции. В 2007 году было проведено исследование офиолита из Гренландии, возраст которого оценен в 3,8 миллиарда лет. Эта оценка начала тектонической деятельности является самой древней.

Наблюдаем за другими мирами

С помощью наблюдений Ио, спутника Юпитера, мы можем понять, как у Земли появилась ее кора. Некоторые ученые считают, что на заповедной Земле клокотал океан магмы; по-видимому, все планеты прошли через эту фазу развития. Но как бурление магмы сменилось движением тектонических плит?

На Ио нет тектоники плит, но там много действующих вулканов, которые переносят тепло из внутреннего слоя на поверхность. Тепло выходит на поверхность через тепловые трубки – своеобразную систему вулканического теплоснабжения, которая перемещает горячую расплавленную породу, или магму, на поверхность через относительно узкие каналы. Лава, распространяясь по поверхности, охлаждается и образует новый слой коры, на который позже наслаивается вещество от более свежих извержений. Со временем с помощью тепловых трубок создается толстый верхний слой коры. На Ио эта кора очень мощная – она поддерживает горы высотой более 20 километров.

Уильям Мур из Университета Хэмптона в Вирджинии и Александр Уэбб из Университета штата Луизиана (Батон-Руж, США) построили модели тепловых трубок – вроде тех, которые существуют на Ио, – и применили их к процессам, происходящим на молодой Земле, чтобы исследовать состав возникающих при этом пород и поведение коры. Полученные результаты они сравнили с самыми древними породами, известными на Земле, включая алмазы и цирконы

возрастом 3 и 4,3 миллиарда лет соответственно.

Ученые пришли к выводу, что пока Земле не исполнилось 3,2 миллиарда лет, она вполне могла успеть избавиться от избыточного тепла через систему тепловых трубок, подобных трубкам на Ио. Земля тогда представляла собой совершенно голый и пустынный мир, и только в некоторых местах на ее поверхность выходили эти трубки. Ученые предполагают, что Земля в конце концов настолько остыла, что тепловые трубки захлопнулись, в горячей мантии возникло напряжение и она оказалась запертой под колпаком у коры. Согласно этой версии событий, под действием напряжений, нарастающих в конвекционных потоках мантии, внешняя оболочка сломалась и начались тектонические процессы плит.

Как менялась наша планета

За последние 4,5 миллиарда лет абсолютно все на нашей планете – от атмосферы до ядра – претерпело очень сильные изменения. Даты могут меняться в зависимости от результатов новых исследований.

4,567 млрд лет назад

Солнечная система образуется из вращающегося газового облака.

4,55 млрд лет назад

Земля формируется как планета на 65 %.

4,53 млрд лет назад

Луна возникает в результате катастрофического столкновения.

4,4 млрд лет назад

Найденные цирконы указывают на то, что на Земле уже имеются твердая поверхность и жидкая вода.

4,29 млрд лет назад

Химические вещества, найденные в цирконах, предполагают наличие жизни.

4,28 млрд лет назад

Возраст самых древних целых пород, найденных на севере Квебека (Канада).

4,1–3,8 млрд лет назад

Земля и Луна подвергаются ударам последней метеоритной бомбардировки.

3,8 млрд лет назад

Офиолит из Гренландии как самое раннее подтверждение тектоники плит.

3,43 млрд лет назад

Первое свидетельство о бактериальной, или архейской, жизни.

3,4 млрд лет назад

По-видимому, уже существуют фотосинтезирующие бактерии.

2,8 млрд лет назад

Фотосинтезирующие бактерии начинают выделять кислород.

2,4 млрд лет назад

Происходит кислородная катастрофа – большинство живых организмов вымирает.

2,3 млрд лет назад

Первое оледенение на Земле (Земля-«снежок»).

2 млрд лет назад

Появляются эукариотические клетки.

1,82 млрд лет назад

По-видимому, формируется первый суперконтинент.

1,5–1 млрд лет назад

Начинает отвердевать земная кора.

1,2 млрд лет назад

Развиваются красные и бурые водоросли.

1130–750 млн лет назад

На Земле существует гипотетический суперконтинент Родиния.

900 млн лет назад

Появляются первые многоклеточные животные.

750 млн лет назад

Появляются зеленые водоросли.

717 млн лет назад

Происходит стуртианское оледенение – самое мощное на Земле.

650 млн лет назад

Происходит оледенение Марино.

600–542 млн лет назад

Появляются загадочные эдиакарские организмы.

541 млн лет назад

Кембрийский взрыв: начало глубокой диверсификации животного мира.

500 млн лет назад

Развиваются первые наземные растения.

445 млн лет назад

Позднее ордовикское массовое вымирание.

375–360 млн лет назад

Позднее девонское массовое вымирание.

336–173 млн лет назад

Появляется гипотетический суперконтинент Пангея.

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.