

Занимательная ЭНЦИКЛОПЕДИЯ



ИСТОРИЯ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ
ПУТЕВОДИТЕЛЬ

Шатурин, Михаил Леонидович.

История планеты Земля : иллюстрированный путеводитель

Вы хотите узнать все самое важное и интересное о нашей планете? В этом издании содержится самая актуальная информация о развитии Земли, зарождении и эволюции живых существ, рассматриваются проблемы настоящего и перспективы будущего планеты и жизни на ней.

Историю своей планеты знать необходимо каждому, потому что это наш родной дом и без знания истории невозможно прогнозировать будущее. Очень важно понимать, кто мы и кто был до нас.

Коротко о важнейших выводах современной науки относительно прошлого нашей планеты мы постарались рассказать в этой книге.

Прекрасные фотографии и рисунки сделают ваше путешествие в глубь времени чрезвычайно увлекательным.

Научно-популярное издание

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Шатурин Михаил Леонидович

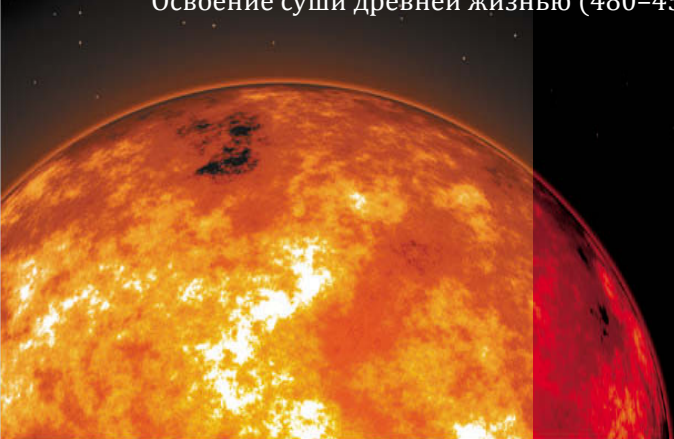
ИСТОРИЯ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

Иллюстрированный путеводитель



Оглавление

Введение	5
Когда Земли еще не было	6
Появление Вселенной ($13,7 \pm 0,13$ млрд лет назад)	6
Возникновение Солнца и планет Солнечной системы (5–4,5 млрд лет назад)	8
Как образовалась планета Земля	10
Рождение Земли и ее структура (4,6 млрд лет назад)	10
Формирование поверхности древней Земли и возникновение Луны (4,6–4 млрд лет назад)	16
Великая космическая катастрофа и метеоритные бомбардировки	17
Атмосфера и гидросфера Земли — условия существования будущей жизни (4,3–3,8 млрд лет назад)	20
Архейская эра (4–2,5 млрд лет назад)	22
Вулканы и зарождение будущих континентов (4–3 млрд лет назад)	22
Изменение климата — путь к возникновению жизни (4–3,6 млрд лет назад)	25
Загадка появления жизни на Земле (3,8–3,3 млрд лет назад)	26
Первые живые организмы (3,5–2,5 млрд лет назад)	29
Протерозойская эра (2,5 млрд — 540 млн лет назад)	30
Формирование земной коры древней планеты (2,5–1,5 млрд лет назад)	30
Пригодность для дыхания безжизненной атмосферы (2,4 млрд лет назад)	33
Наши предки — первые существа, дышавшие кислородом (2,6 млрд–650 млн лет назад)	35
Рождение многоклеточных организмов (1100–900 млн лет назад)	36
Первое оледенение Земли (750–635 млн лет назад)	40
Палеозойская эра (540–252 млн лет назад)	42
Движение земной коры (540–250 млн лет назад)	42
Экзоскелет — шаг древних существ вперед (570 млн лет назад)	44
Освоение суши древней жизнью (480–450 млн лет назад)	45



Развитие растений. Возникновение почвы (450–400 млн лет назад)	48
Гибель 9/10 форм жизни (252–250 млн лет назад)	49

Мезозойская эра (250–65 млн лет назад)

Конец Пангеи (250–150 млн лет назад)	51
Леса, в которых гуляли динозавры (230–65 млн лет назад)	52
Царство динозавров (225–65 млн лет назад)	54
Появление первых млекопитающих (240 млн лет назад)	56
Изменение климата (70–65 млн лет назад)	58
Иные версии вымирания динозавров	60

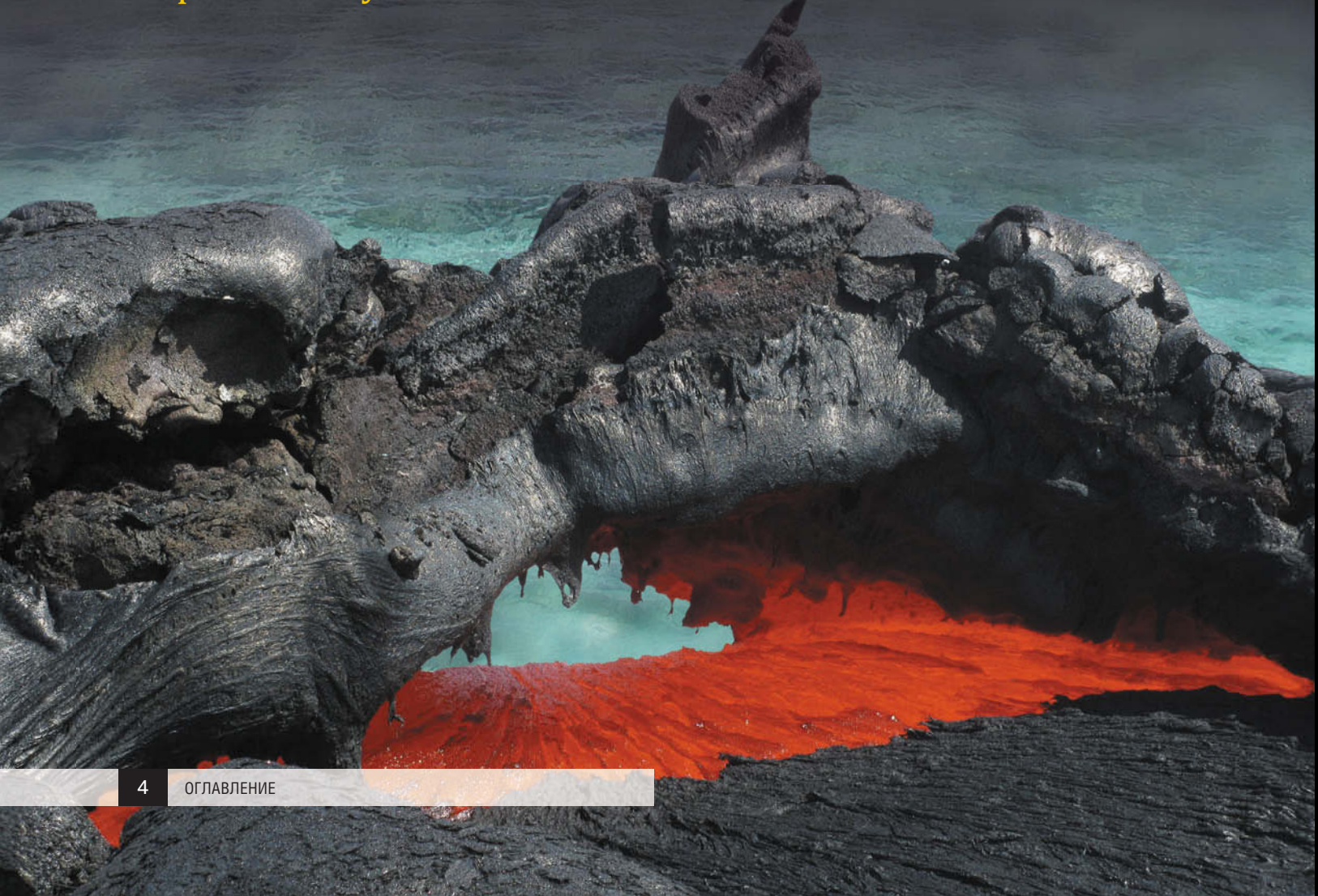
Кайнозойская эра (началась 65 млн лет назад и длится до сих пор)

Становление климата и очертаний материков (65 млн — 10 тыс. лет назад)	62
Развитие новой жизни в разные периоды кайнозойской эры (65–2 млн лет назад)	66
Возникновение разумной жизни — древние предки человека (12–9 млн лет назад)	70
Homo Sapiens — венец творения (200–60 тыс. лет назад)	76

Заглядывая вперед

Возможные катастрофы будущего: смогут ли люди сохранить свою планету	83
Тайны магнитного поля Земли	86
Гибель Солнца. Жизнь продолжается	90

Алфавитный указатель



Введение



Древняя Земля... При этих словах в воображении современного человека возникают различные образы: раскаленная безжизненная планета; первые существа в водах Мировии — древнейшего океана; чудовищные ящеры, заселившие земную, воздушную и водную стихии; и, наконец, странные разумные создания — наши далекие предки.

Однако люди не всегда представляли себе прошлое планеты подобным образом. Долгие столетия наши предки думали, что Земля всегда была такой, какой они ее застали. Правда, и раньше человек наткнулся в горах на окаменевшие раковины, которые явно указывали на то, что здесь когда-то плескалось море, но объяснений этим находкам не было. Иногда удавалось случайно обнаружить необыкновенные кости, принадлежавшие невиданным исполинским животным. Тогда говорили, что это останки древних зверей, которых библейский Ной не взял в свой ковчег, и они погибли во время Потопа.

В 1891 г. (когда по Земле уже целых шесть (!) лет разъезжали первые автомобили) прогремела сенсация: голландец Эжен Дюбуа раскопал на острове Ява странные останки, похожие на человеческие и обезьяньи одновременно. Существо, которому они принадлежали, называли питекантро-

пом (буквально — «обезьяночеловек»), и с этого момента в мире появилась еще одна наука — палеоантропология, изучающая древнейших людей и их предков.

Греческое слово «палеос» (древний) можно считать ключевым для книги, которую вы держите в руках. Помимо географии, изучающей современную планету, существует еще и палеогеография — наука о том, как выглядела Земля миллиарды лет назад. Первых животных изучает палеонтология, а древние растения — палеоботаника.

Земля неохотно открывала человеку свои тайны. Потребовались совместные усилия многих ученых: астрономов, геологов, океанологов, химиков, биологов и многих других, — для того чтобы составить более-менее ясную картину давно минувших времен. В этой книге мы постарались кратко рассказать о важнейших выводах современной науки относительно прошлого нашей планеты.

История Земли не окончена. С того момента, когда современный человек обрел свое могущество и получил невиданную власть над природой, будущее планеты в наших руках. Как будет выглядеть Земля через многие века и тысячелетия, зависит и от вас, наши читатели.

Когда Земли еще не было



Родная Земля. Вид из космоса

Никто не знает, когда древний человек, глядя в ночное небо, впервые стал задаваться вопросами: откуда взялись бесчисленные звезды, как появилась Луна, почему Солнце каждый день восходит и заходит? Пытаясь найти объяснение, многие народы создавали мифы и красивые легенды, но научные гипотезы появились очень нескоро. Последовательная теория, позволяющая шаг за шагом обосновать возникновение Солнечной системы, сформировалась лишь в последнее столетие. Сравнительно недавно по меркам истории люди получили связное объяснение и тому, как Земля стала единственной планетой во Вселенной, на которой существует жизнь.

Появление Вселенной

(13,7 ± 0,13 млрд лет назад)

Наиболее распространенное объяснение возникновения Вселенной, — это теория Большого взрыва (далее — ТБВ). Она кажется невероятной и поражает человеческое воображение, однако не нужно сравнивать ее с религиозными мифами — ТБВ основана на физических наблюдениях и математических расчетах. При этом до сих пор остается много вопросов, на которые наука ответить не может, например что было, когда Вселенная еще не существовала, и что взорвалось? Человеческому воображению это не подвластно, а ученые приду-

мали красивый термин для названия Вселенной до Большого взрыва: космологическая сингулярность (от латинского слова *singularis* — одиночный).

Согласно этой теории до Большого взрыва будущая Вселенная была точкой — шаром с невероятно высокой плотностью и температурой, который находился в пустоте. Примерно 13,3 млрд лет назад взрыв направил потоки материи и энергии в разные стороны, придав им ускорение.

Наблюдения астрономов доказали, что галактики — гигантские скопления звезд и их планет — постоянно движутся, удаляясь от наблюдателя.

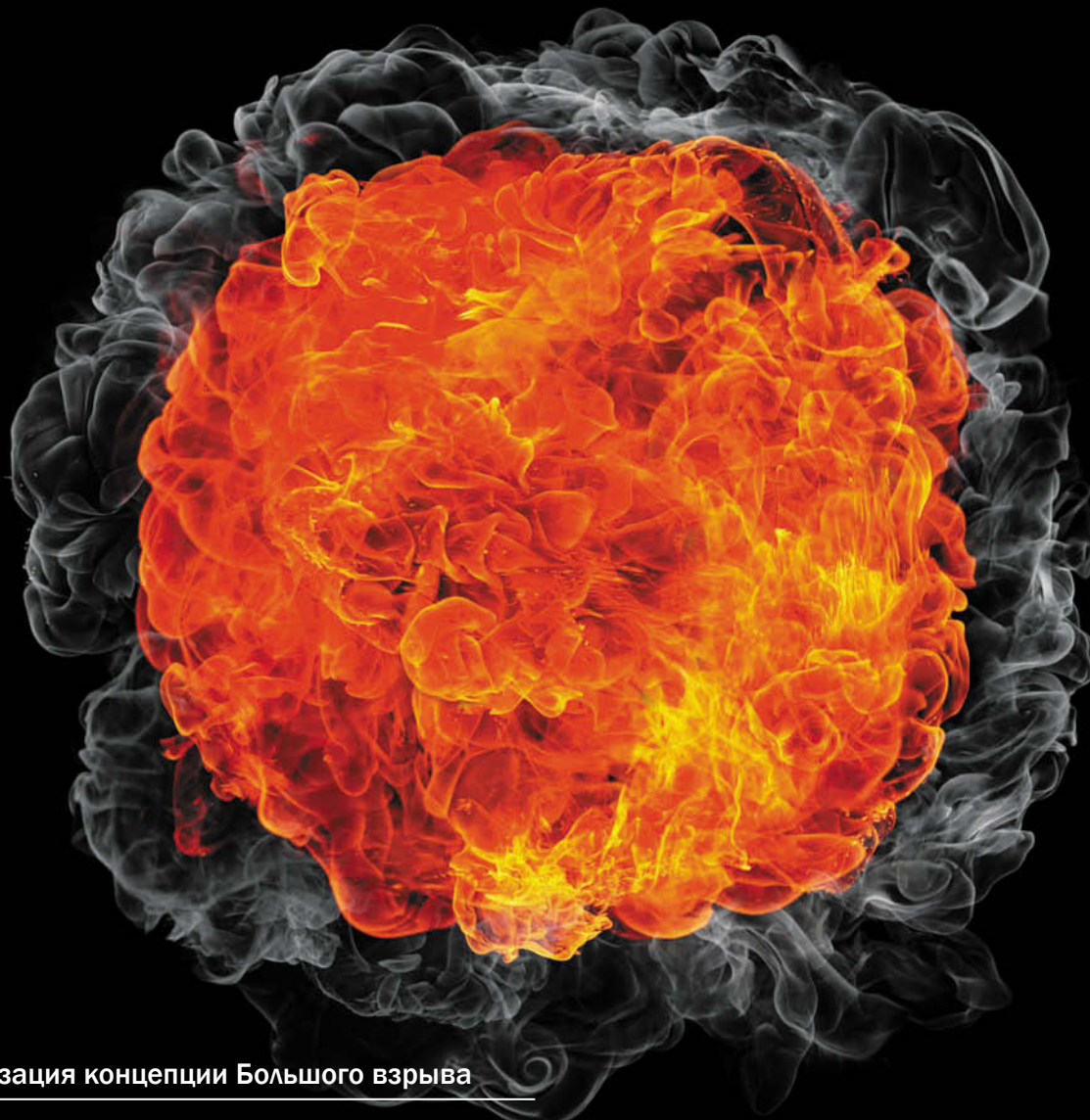
Считается, что то же самое мы увидели бы из любой точки Вселенной. Это дало основание предположить следующее: если вещество Вселенной движется, удаляясь от некой точки, вероятно, когда-то оно в ней находилось. На основе этой не-сложной гипотезы и возникла ТБВ.

Невероятная мощь Большого взрыва заставила вещество будущей Вселенной разлететься в пустоте, которая позже стала космосом. Дальнейшие события разделяют на несколько этапов — фазо-

вых переходов развития Вселенной. Считается, что сначала, на этапе космической инфляции (то есть раздувания), появились силы притяжения между отдельными (теперь уже!) телами. Затем через невероятно малые доли секунды наступил следующий фазовый переход — бариогенезис (барионы — вид элементарных частиц). На этом этапе возникли те «кубики», из которых собрана любая материя — протоны и нейтроны, составляющие атомы.

Температура стала падать, и произошел заключительный фазовый переход — образование физических сил (кроме силы тяготения) и элементарных частиц в их нынешнем виде.

Через 380 тыс. лет после Большого взрыва Вселенная остыла настолько, что стало возможным существование атомов первого элемента таблицы Менделеева — водорода. Потом возникли и другие виды частиц (химические элементы). Новообразованные атомы создавали гигантские облака пыли и газов, составляющие которых притягивались друг к другу. Так со временем возникали звезды, планеты и целые галактики.



Визуализация концепции Большого взрыва

Возникновение Солнца и планет Солнечной системы

(5–4,5 млрд лет назад)

В одной из галактик (огромных скоплений звезд и их спутников-планет), которую называют Млечный Путь, находится звезда средней величины — Солнце. Восемь планет являются его спутниками и образуют Солнечную систему. На месте нашей галактики 5 млрд лет назад была пустота, или вакуум.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Отдельные атомы находились друг от друга так далеко, что возможность их столкновения и соединения была близка к нулю. Около 95 % тех немногих элементарных частиц, которые существовали, составляли водород и гелий, а на более тяжелые элементы их приходилось не более 1–2 %. Кислород, углерод и азот, важные для возникновения будущей жизни, были задолго до того, как на месте пустоты появились Солнце и планеты.

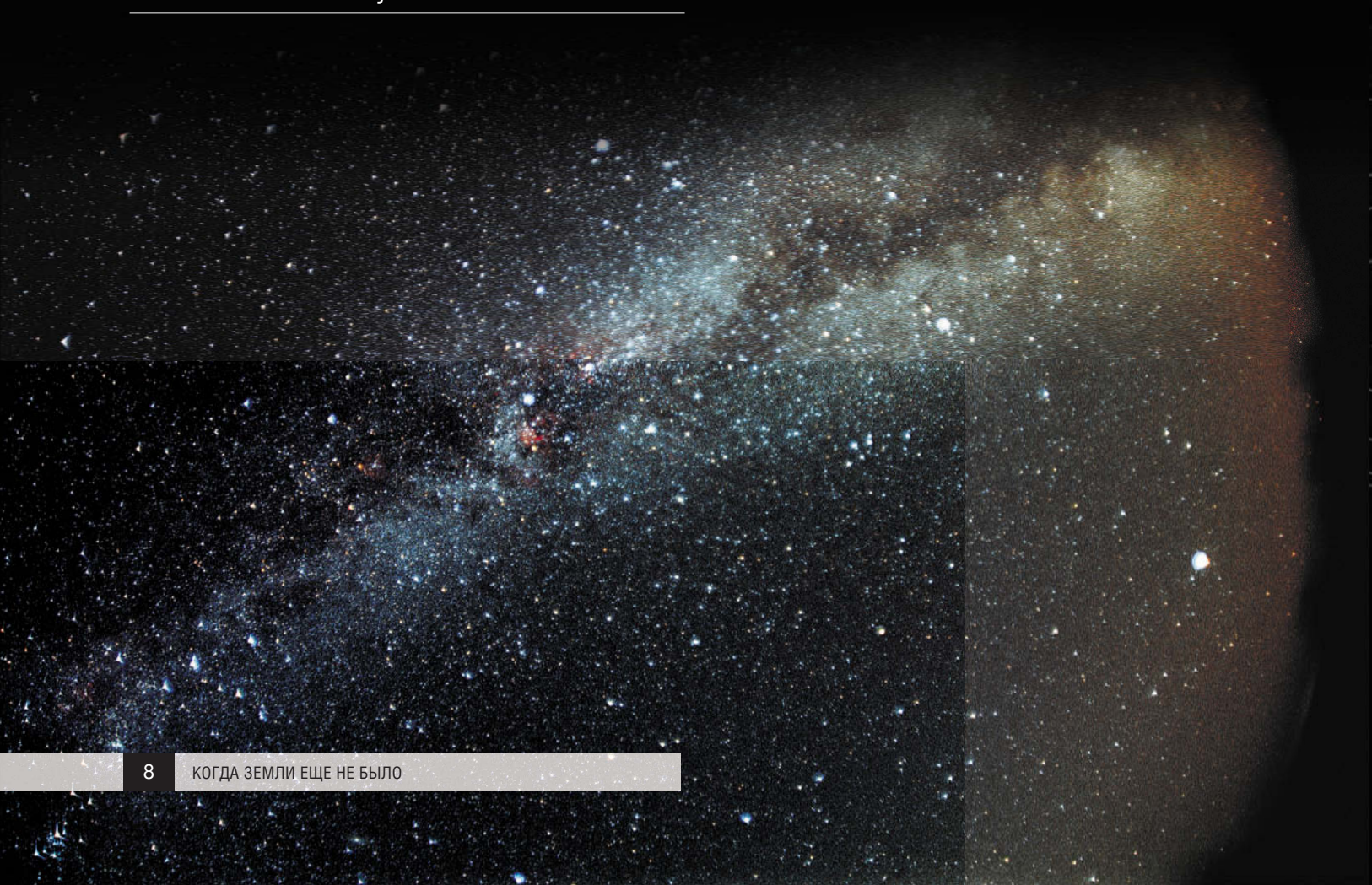
Для того чтобы из разбросанных в пустоте частиц возникла Солнечная система, необходимо было с колоссальной силой сжать первичное межзвездное облако. Как это произошло — мы можем только догадываться. Одно из объяснений заключается в том, что неподалеку взорвалась неизвестная нам большая звезда, ударная волна взрыва сжала межзвездное облако и привела к формированию небесных тел.

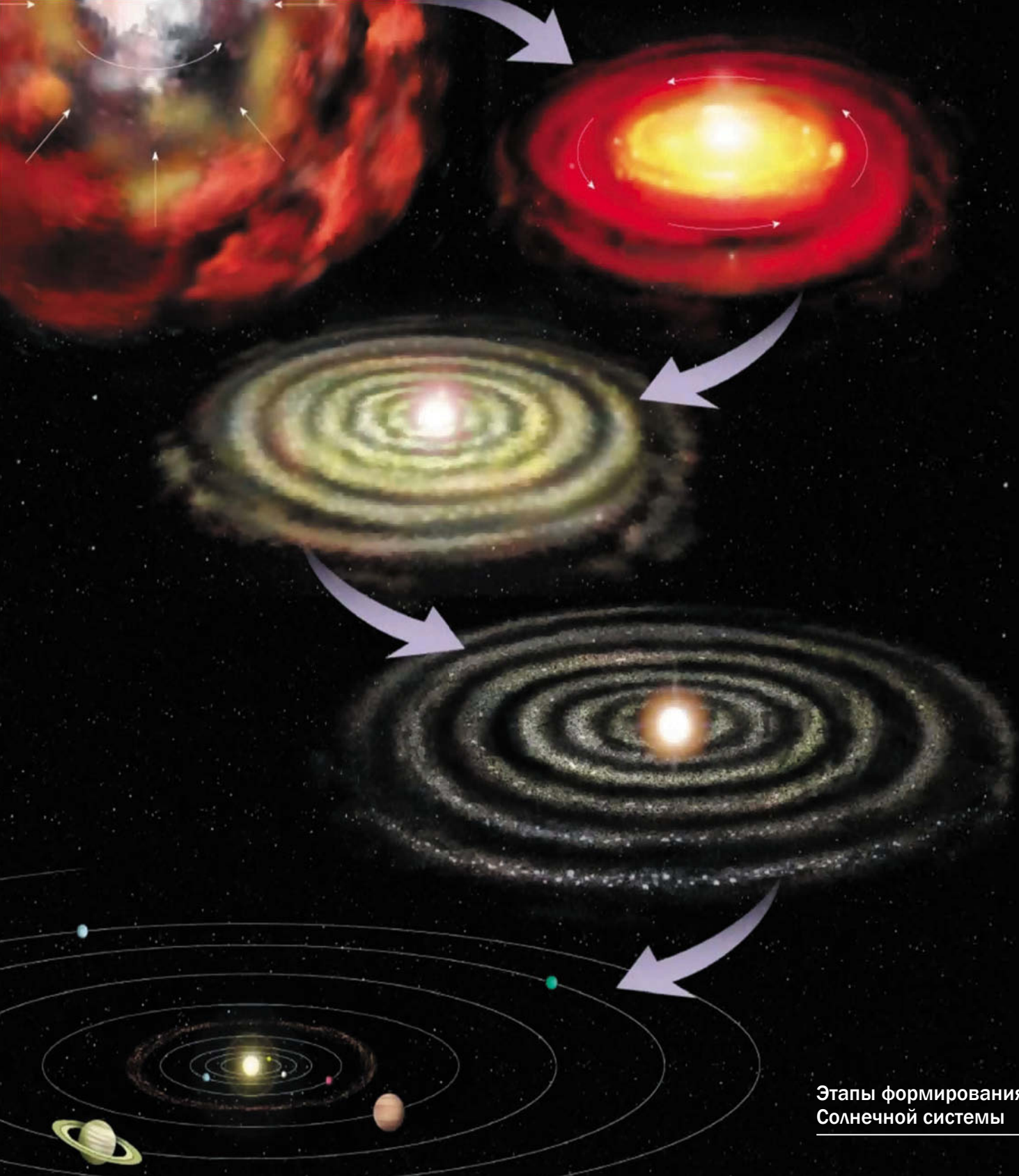
Микроскопические частицы, которые составляли облако, оказались достаточно близко друг к другу. При этом намного возросли и силы притяжения (как вы помните из физики, она обратно пропорциональна квадрату расстояния между объектами). Увеличилась плотность межзвездных облаков, и появились гигантские скопления пыли и газов — туманности.

Звездный свет и тепло плохо проходили сквозь туманности, в результате чего температура (а давление газа пропорционально ей) там понижалась почти до абсолютного нуля. В результате облака сжимались и разделялись на более мелкие части. Одна из них в итоге превратилась в Солнечную систему.

При падении давления и сжатии облака большее количество вещества переместилось к его

Галактика Млечный Путь





**Этапы формирования
Солнечной системы**

середине. Так в центре туманности образовалось протосолнце (от греческого «протос» — первый), которое сохранило связь с оставшимися газами вокруг себя с помощью магнитного поля. Эти внешние части облака и дали начало планетам Солнечной системы.

Из протосолнца развилось наше родное Солнце. Новая звезда сконцентрировала в себе почти все вещество протосолнечной туманности. Огромное

давление, которое возникло в ее ядре, вызвало цепочку термоядерных реакций.

Нашему светилу около 4,57 млрд лет. Звезды такой массы и размера живут примерно 10 млрд лет, значит, Солнце сейчас находится в середине своего жизненного цикла.

Солнце, как и всякая звезда, для всех своих планет является источником энергии, выделяемой в виде света и тепла.

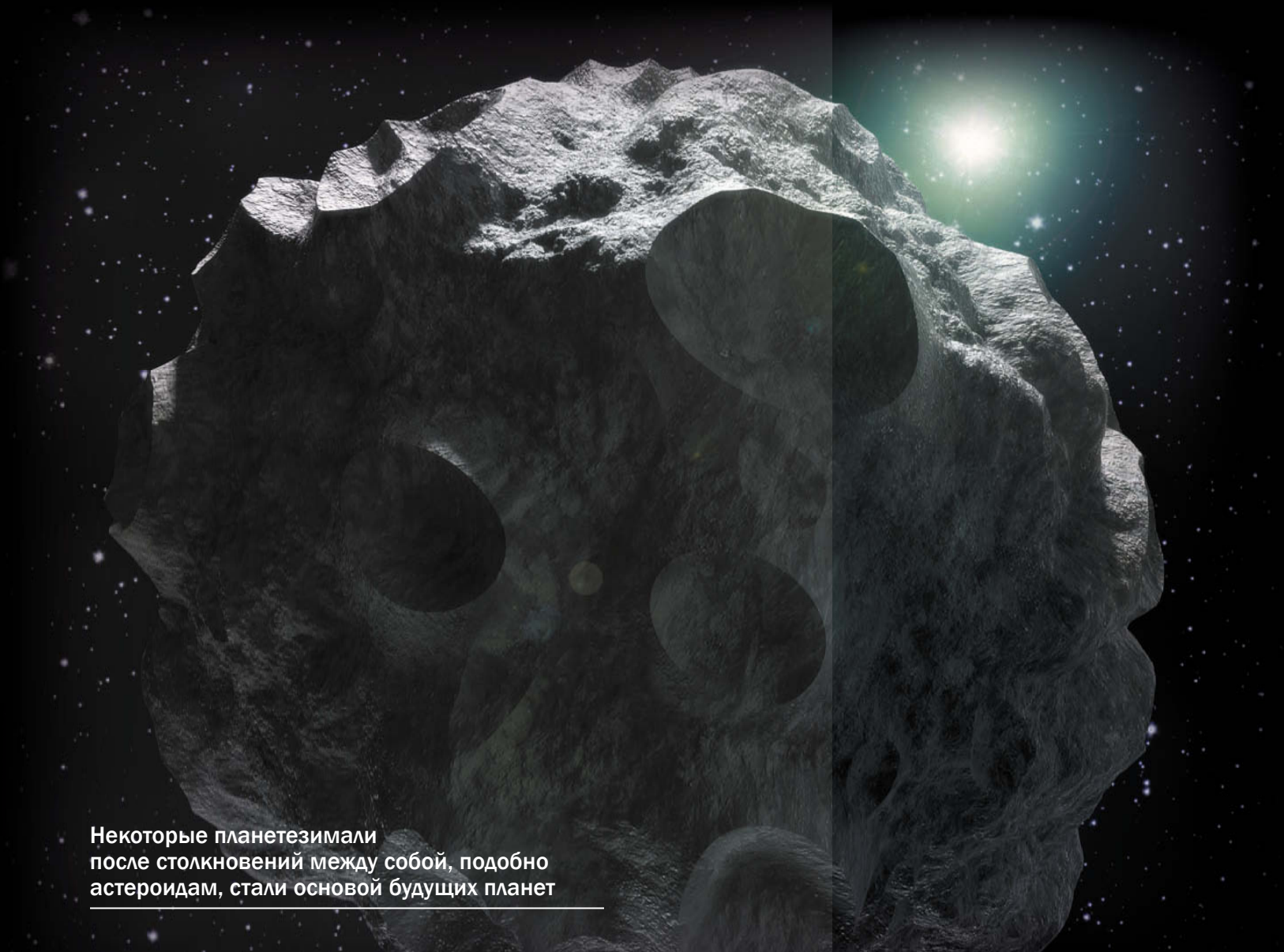
Как образовалась планета Земля

Сотни миллионов лет силы притяжения сжимали «строительный материал» Земли — третьей по удаленности от Солнца планеты, которая появилась 4,6 млрд лет назад. Ее формирование не окончено и по сей день. До сих пор недра планеты и ее тонкая кора находятся в постоянном движении, изменяя очертания материков, рельеф и климат.

Рождение Земли и ее структура (4,6 млрд лет назад)

Туманность, из которой появилась Земля, представляла собой обломки звезд более ранних поко-

Газопылевой диск, похожий на тот, благодаря которому сформировалась наша планета



Некоторые планетезимали после столкновений между собой, подобно астероидам, стали основой будущих планет

лений. Она состояла из микроскопических частиц льда, железа и других веществ, собранных в более охлажденных слоях звезд и выброшенных в космос. Силы притяжения сталкивали эти частицы газового диска и склеивали их между собой. Такое явление называется аккрецией.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

История нашей планеты записана в горных породах, но даже самые древние из них насчитывают только 3,7 млрд лет, поэтому о более ранних событиях земной эволюции можно судить лишь на основании косвенных данных и построенных на их основе гипотез.

На следующем этапе формирования планеты мелкие частицы соединялись в крупные (размером до километра) — «строительные блоки», называемые планетезималиями, которые сталкивались, то разрушаясь, то, наоборот, соединяясь вместе. Таким образом постепенно 5–4,6 млрд лет назад возникло ядро — центр-зародыш будущей планеты Земля.

Наиболее крупные из таких зародышей стали конкурировать между собой за планетезимали, ко-

торые оставались свободными. Это происходило на протяжении 1–10 млн лет. Зародыши планет внутренней части Солнечной системы захватывали газовые облака и сливались друг с другом. Процесс образования каждой планеты оказался уникальным, этим и объясняется их разнообразие.

Современная наука считает, что Земля сформировалась за 300–400 млн лет. Этот процесс был достаточно бурным, его сопровождали столкновения с астероидами и падения метеоритов.

Как в гигантской центрифуге, более плотные вещества опускались к центру планеты, в то время как легкие всплывали на поверхность. Эволюция Земли продолжалась и после ее рождения. Два вида энергии: та, которая образовывалась при склеивании частиц, та, что высвобождалась в результате ядерных реакций, разогревали недра юной планеты. В результате этого стало интенсивно формироваться ядро и внутренние оболочки Земли.

Внутренние слои планеты были настолько раскалены, что на глубине всего в несколько десятков километров лежал пласт расплавленных горных пород. С момента формирования Земли вещество и энергия недр, поверхности и атмосферы находились

в состоянии постоянного взаимного обмена. Тем самым были созданы условия для зарождения будущей жизни.

Начальный этап жизни юной планеты после ее рождения принято называть догеологическим. Этот период длился 0,9 млрд лет, он пока еще недостаточно изучен и скрывает множество загадок. В то время появлялось множество вулканов, которые выбрасывали газы и водяные пары.

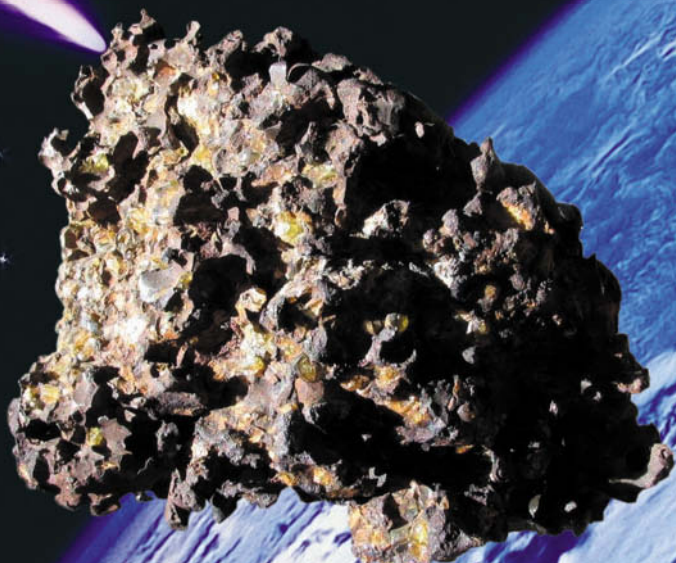
Принято считать, что в догеологический период сформировались важнейшие оболочки, которые современная наука выделяет в структуре Земли, — ядро, мантия и земная кора. Такое расслоение было вызвано мощной метеоритной бомбардировкой планеты и последующим плавлением некоторых ее частей.


Существует две гипотезы того, как появилось земное ядро. Согласно первой изначально однородное вещество, из которого состояла Земля, разделилось на тяжелый центр, куда «стекало» расплавленное железо, и более легкую мантию, состоящую из силикатов. Образование ядра, которое и по сей день остается жидким, происходило по мере того, как капли металла и другие тяжелые химические соединения как бы просачивались к сердцу планеты. Место опускающихся тяжелых соединений занимали более легкие шлаки — они поднимались к поверхности Земли. Из них состоит современная кора планеты и внешняя часть мантии. Это предположение не дает убедительного объяснения тому, как расплавленный железо-никелевый сплав мог «просочиться» более чем на тысячу километров вглубь земного шара и достичь его центра.

Сторонники второй гипотезы считают, что железное ядро Земли — это остатки железных метеоритов, с которыми сталкивалась планета вскоре после своего рождения. Потом их покрыл слой каменных (силикатных) метеоритов, из которого образовалась мантия. Уязвимое место этой гипотезы в том, что для такого хода событий железные и каменные метеориты должны были существовать отдельно и падать на Землю в строгой очередности. В то же время исследования показывают, что те из них, которые имеют железную структуру, могут появиться только в результате разрушения уже сформированной планеты. Таким образом, они не могут быть младше других планет Солнечной системы. Так как обе гипотезы не вполне убедительны, остается признать, что точным знанием о возникновении ядра Земли люди пока не обладают.

Плотное внутреннее ядро Земли очень важно для всего живого. Благодаря ему масса планеты до-

Метеорит «Паласово железо»





статочно велика, чтобы удерживать в своем гравитационном поле атмосферные газы, водяные пары, без которых не было бы гидросферы, и другие земные слои. Если бы Земля лишилась своего ядра, то мы остались бы и без воды, и без воздуха.

Как же устроено земное ядро, которое, очевидно, возникло в самом начале жизни планеты? В нем есть внешние и внутренние оболочки. Считается, что внешний слой лежит на глубине в 2900–5100 км

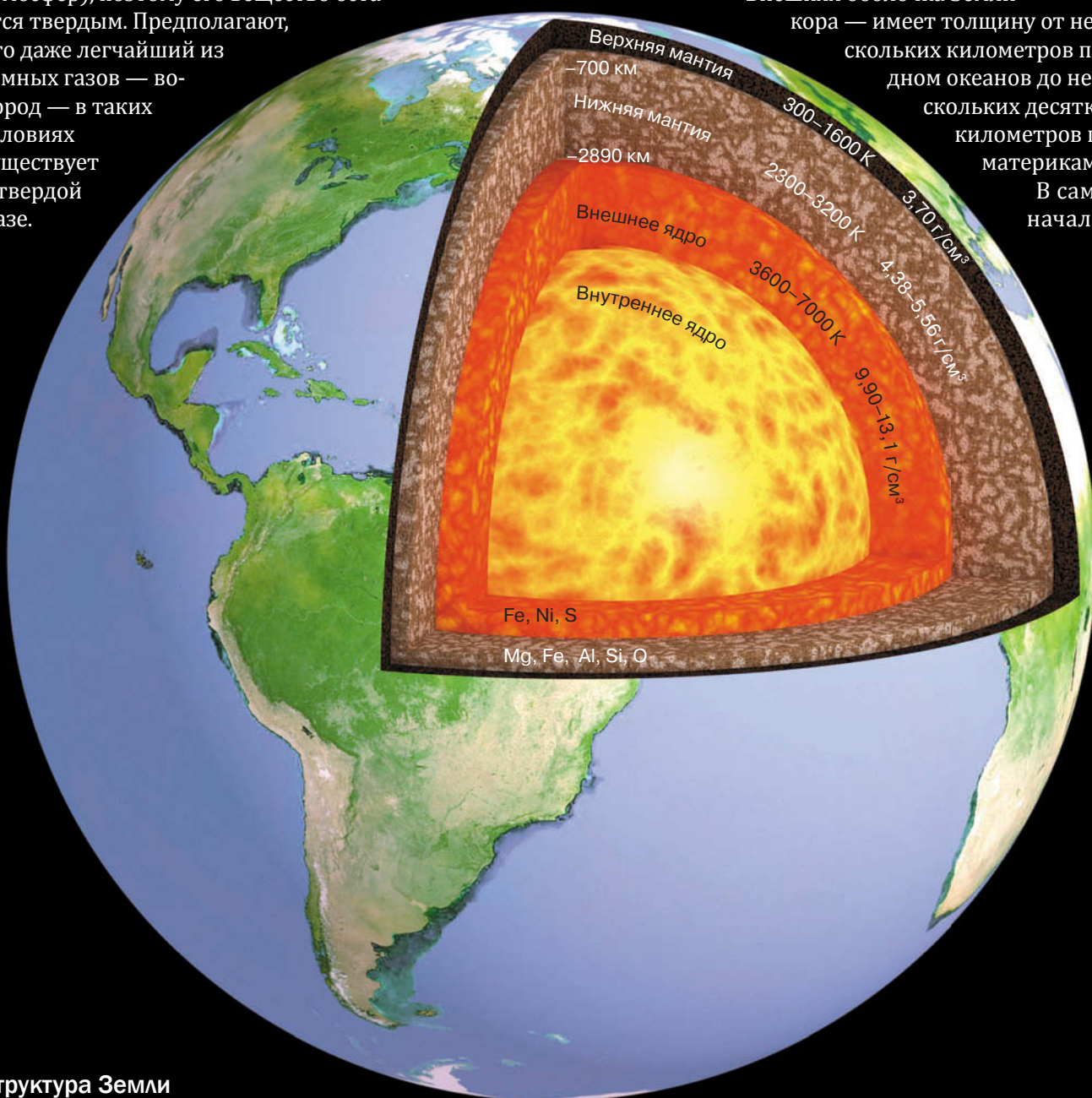
Метеоритная бомбардировка Земли

от поверхности Земли и по своим физическим свойствам характеризуется почти как жидкость. Он состоит из потоков расплавленного железа и никеля и является прекрасным проводником электрического тока. Именно этому слою мы обязаны существованием магнитного поля нашей планеты, которое создается по законам электромагнитной индукции постоянно движущимся проводником тока. Промежуток в 1270 км от внешнего слоя до центра земного шара занимает внутреннее ядро, состоящее на 4/5 из железа и на 1/5 из диоксида кремния. Оно обладает очень высокой температурой и большой плотностью. Внешнее ядро связано с земной мантией, тогда как внутреннее существует само по себе. Высокие температуры сочетаются в последнем с огромным давлением (до 3 млн атмосфер), поэтому его вещество остается твердым. Предполагают, что даже легчайший из земных газов — водород — в таких условиях существует в твердой фазе.

Происхождение земного ядра и внутренняя структура нашей планеты продолжают быть научными загадками. Очень многое остается неизвестным по сей день. Пока большинство ученых сходятся во мнении, что формирование центральной оболочки началось одновременно с рождением самой Земли.

Ядро покрывает мантия. Ее пластическое (полурасплавленное, нетвердое) вещество заполняет толщу пространства на глубину 2900 км от земной коры к центру планеты. Масса мантии составляет примерно 67 % от общей массы планеты. Считается, что этот слой неустойчив за счет своего пластического состояния и находится в постоянном движении. В наиболее глубоких слоях мантии, где давление выше, его состояние переходит в твердое.

Внешняя оболочка Земли — кора — имеет толщину от нескольких километров под дном океанов до нескольких десятков километров под материками. В самом начале



Структура Земли

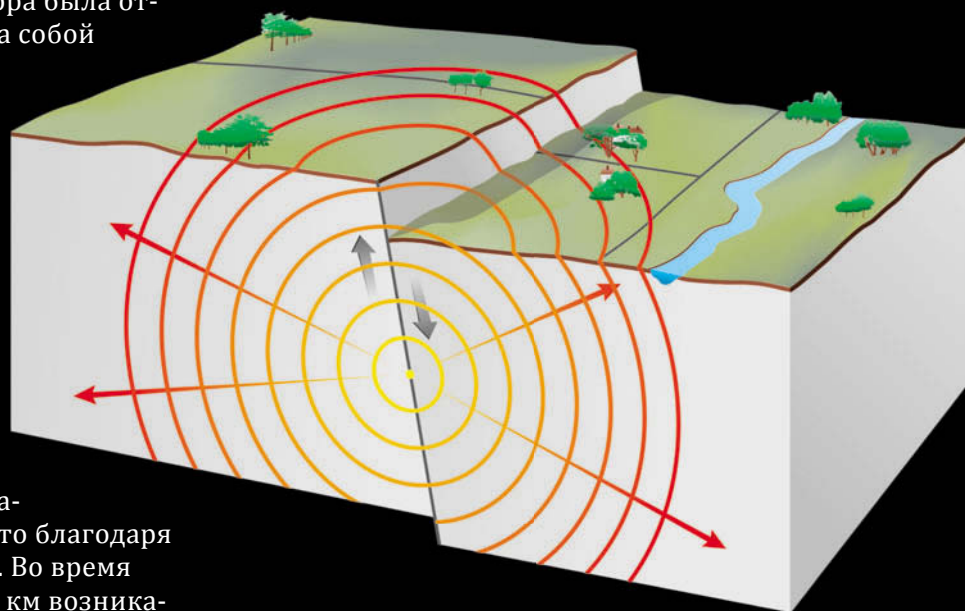
истории нашей планеты земная кора была относительно тонкая и представляла собой застывший слой расплавленного базальта. На сегодняшний день в ней различают три слоя: осадочный — у самой поверхности, гранитный и самый глубокий — базальтовый. Первые два хорошо изучены геологами, а вот третий пока никто не видел. На континентах базальтовый слой не выходит на поверхность, а из-за нахождения на большой глубине он недоступен даже для самых современных буровых скважин. Однако мы все равно знаем о нем кое-что благодаря новейшим сейсмическим методам. Во время землетрясений на глубине 10–700 км возникают волны, которые называют сейсмическими. Как у всякой волны, их скорость тем выше, чем плотнее та среда, в которой они распространяются (например, звуковые волны распространяются в воде в 4,5 раза быстрее, чем в воздухе). Анализируя скорость сейсмических волн, можно судить о плотности вещества на разных уровнях в земной коре.

С помощью такого метода была построена карта глубины нашей планеты и доказано, что скорость сейсмических волн в самом нижнем слое земной коры близка к той, которая развивается в базальтовом. Еще одно косвенное подтверждение существования этого третьего загадочного слоя — повсеместное распространение на Земле базальтовых лав. Современные поля, состоящие из этого вещества, на поверхности планеты — след древних вулканических извержений. По глубоким разломам расплавленный базальт поднимался из земных недр, выплескивался на поверхность и застывал.

Как же возник базальтовый слой земной коры? В самом начале жизни нашей планеты, примерно 4–4,5 млрд лет назад, Земля была сильно раскалена. В верхней части мантии давление было немного ниже, поэтому там был возможен переход части веществ из твердого состояния в жидкое. Образовывалась магма, близкая по составу к базальту. Она медленно двигалась вверх к поверхности Земли. Извергаясь, магма остывала и отвердевала. Так постепенно складывалась кора из базальтов.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Говоря о строении Земли, нам часто придется пользоваться термином «горные породы». Считается, что впервые так назвал разные группы минералов русский ученый Василий Михайлович Севергин в конце



Сейсмические волны помогли установить существование базальтового слоя

XVIII в. В те времена изучение камней было частью горного дела, поэтому использовалось слово «горные», хотя камни, разумеется, существуют не только в горах.

Горные породы делятся на три основных типа: магматические, осадочные и метаморфические. Происхождение первого типа нам уже понятно: эти породы образованы застывшей магмой. Они имеют ярко выраженное кристаллическое строение, при этом чем медленнее остывала вулканическая лава, тем крупнее получались кристаллы. К таким породам относятся, например, граниты и базальты. Осадочные породы возникают из обломков кристаллических минералов, их так и называют — обломочные (песок, речная галька или мельчайшие частицы, которые образуют глину), а также из останков живых организмов — тогда они называются органическими (это и каменный уголь, и известняк, в котором видны осколки морских ракушек, и, конечно же, нефть). Когда минералы подвергаются глубоким физическим и химическим изменениям (метаморфозам) под действием высоких температур и давления, получаются метаморфические породы.

Метаморфизму могут подвергаться как магматические, так и осадочные породы. К первым относятся многие сланцы, а ко вторым — хорошо известный мрамор, который возник в результате глубоких преобразований известняка.

Одной из самых распространенных в земной коре пород считаются метаморфические гнейсы.

Формирование поверхности древней Земли и возникновение Луны

(4,6–4 млрд лет назад)

На начальном этапе формирования Земли (около 4,6–4 млрд лет назад) расслоение внутренней материи земного шара сопровождалось интенсивной метеоритной бомбардировкой поверхности планеты. Метеориты падали на Землю и образовывали кратеры. Огромная энергия ударов, подчиняясь закону ее сохранения, переходила в тепло: холодные (около абсолютного нуля!) метеориты разогревали земную поверхность и недра планеты. Одновременно с метеоритным подогревом шло постоянное извержение огромного количества вулканов. Пары и газы выходили наружу из глубин планеты.

Из раскаленных недр вырывалась расплавленная магма, которая покрывала огромные пространства юной планеты и образовывала базальтовые поля — в то время земная поверхность была похожа на лунную.

Шаг за шагом внутренняя структура Земли приближалась к современной научной модели. Формировались ядро, мантия и кора, которая еще многократно изменялась, прежде чем приняла знакомые нам очертания.

Луна превосходит любой другой спутник в Солнечной системе по соотношению собственного размера к такой же характеристике Земли. В этом заключаются непохожесть Луны на другие планеты-спутники. Ее загадку долго пыталась разгадать современная наука. Наиболее убедительной считается гипотеза, согласно которой Луна появилась после мощного столкновения небесных тел. О подробностях этой космической катастрофы и ее влиянии на историю Земли мы поговорим позже.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Луна не похожа на нашу планету: на ее поверхности нет воды, не существует лунной атмосферы, в ее составе мало железа, а также летучих соединений. Однако соотношение изотопов кислорода у этих планет почти одинаково. Этот важный показатель еще называют кислородной подписью. Такие данные позволяют выдвинуть гипотезу о том, что и Земля, и Луна сформировались из одних и тех же планетезималей («строительных блоков») на одинаковом расстоянии от Солнца.

Присутствием огромного спутника объясняются многие явления на нашей планете. Луна находится по космическим меркам не очень далеко от нас, поэтому ее притяжение хорошо ощущается на Земле. Оно вызывает приливы и отливы не только в океанах, но и в закрытых водоемах земной коры.

Лунное притяжение вызывает волны, которые пробегают по земной поверхности и вытягивают ее примерно на 50 см в сторону планеты-спутника.

Процесс
извержения
вулкана

Великая космическая катастрофа и метеоритные бомбардировки

Ученые Дональд Дэвис и Уильям Хартманн объясняли появление Луны с помощью гипотезы космической катастрофы. Суть ее в том, что протоземля в некоторый момент столкнулась с другой древней планетой, размер которой был, как у современного Марса. Этой гипотетической планете дали имя Тея — так греки называли мать богов солнца, зари и луны (Гелиоса, Эос и Селены).

Считается, что Тея появилась 4,6 млрд лет назад одновременно с другими планетами Солнечной системы и тоже вращалась по орбите Земли, но притяжение Солнца и Земли сместили ее, и она врезалась в Землю.

Столкновение произошло на небольшой скорости и почти по касательной — планеты не разрушились и только часть вещества Земли и Теи была выброшена в космос. Эти попавшие на околоземную орбиту обломки и дали начало Луне, которая стала двигаться по земной орбите. Земля же после столкновения увеличила скорость своего вращения (цикл «день-ночь») и наклон его оси.

Компьютерное моделирование подтвердило возможность такого хода событий и указало на то, что Луне после столкновения потребовалась сто лет — лишь миг по космическим меркам, — чтобы стать шаром. Низкое содержание железа в составе

спутника нашей планеты объясняется тем, что столкновение произошло уже после формирования земного ядра, которое вобрало в себя большую часть земного железа.

Обломки астероидов, блуждающие в космосе, куски планетезималей, которые так и не стали планетами, — весь этот космический мусор выпадал на поверхности Земли и Луны в виде метеоритов. Предполагают, что в первые 700 млн лет своей жизни наша планета притягивала больше метеоритов, чем ее спутник, из-за своей массы, превосходящей лунную.

Масштабные геологические изменения последующих временных эпох скрыли от нас следы былых космических атак. На поверхности же Луны, а также таких планет, как Марс и Меркурий, остались отметки соударений — кратеры. Они могут быть огромными и напоминать моря размером в тысячи километров или совсем маленькими.

Земля в начале своей жизни также подвергалась бомбардировке метеоритами самых разных размеров.

На поверхность нашей планеты за 100 млн лет упало 3×10^{22} кг космических обломков — этого хватило бы, чтобы составить грузовой поезд из 500 000 000 000 000 000 нагруженных вагонов! При падении метеоритов их кинетическая энергия переходила в тепловую. Они разрушались и взрывались, нагревая Землю, выделяя газы и смешивая вещества из своего состава с земными.

Тепло, которое при этом выделялось, частично расплавilo оболочку молодой планеты, но последовавшие гигантские извержения вулканов почти полностью уничтожили следы космической бомбардировки.

Иллюстрация теории гигантского столкновения



Более 160 метеоритных кратеров найдено на поверхности Земли. Они сразу возникали группами в зонах метеоритных дождей, которые покрывали десятки квадратных километров земной поверхности. Метеоритный дождь — это падение множества обломков одного крупного метеорита.

При этом вместо одного углубления появляется целое поле из них — серия кратеров, направление которой может указать путь, по которому двигались обломки, оказавшись в атмосфере.

Кратеры, как правило, имеют округлую форму, они около 100 км в диаметре и обнесены возвышающимся по краям насыпным валом.

Метеориты достигают Земли по сей день. Фрагменты разрушившегося астероида упали из космоса 15 февраля 2013 г. на город Челябинск в России. Всего на территории этого государства существует 16 крупных кратеров, метеоритное происхождение которых доказано. Их помогают выявить снимки, сделанные со спутников.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Наверное, многие читатели слышали про огромный метеорит, который упал на Землю в начале XX в. (точнее в 1908 г.) в глухой сибирской тайге. Его называют Тунгусским по наименованию реки Подкаменная Тунгуска, рядом с которой и произошло соударение с небесным телом. Взрыв при этом был сравним с эффектом от взрыва очень мощной водородной бомбы (40–50 мегатонн в тротилловом эквиваленте).

В радиусе 25–30 км от места падения были повалены деревья, а на значительной части Евразии заметно свечение неба и облаков. Далеко не всегда падение метеоритов выглядит так катастрофично. Большинство из найденных более скромны по размеру. Одно из лучших мест для их сбора и изучения — ледяные пустыни Антарктиды. Своих камней там очень мало, поэтому чернеющий на снегу обломок, скорее всего, в буквальном смысле упал с неба. Изучение метеоритов настолько важно для развития наших знаний о космосе, что создаются даже специальные машины-роботы, которые будут способны обследовать антарктические просторы в поисках упавших небесных камней.

Метеориты по своему составу делятся на железные, каменные и смешанного типа (железо-каменные). Железные метеориты в своем составе всегда имеют металл никель, анализ содержания которого в найденном камне позволяет признать его небесное происхождение.

Поверхность метеорита хранит следы его прохождения через земную атмосферу. Обломки космических тел проникают в верхние слои атмосферы с чудовищной скоростью — более 11 км/с! Возникающее при этом трение очень велико — летящее тело разогревается и плавится. Встречный поток воздуха мгновенно срывает размягчившийся слой, и за движущимся метеоритом тянется дымовой след — шлейф мелких капелек расплава. Соппротивление воздуха тормозит разогнавшееся



тело, снижая его скорость до скорости свободного падения. При этом последний из расплавленных слоев застывает на поверхности небесного камня в виде тонкой (менее 1 мм) пленки, которую называют корой плавления. Она не отличается по своему составу от самого метеорита, но выделяется своей структурой и видом. Кора плавления почти всех метеоритов черного цвета.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В Российской Академии наук существует специальный комитет, который занимается поиском и изучением метеоритов. За долгое время им собрана одна из лучших в мире коллекций небесных камней — ее начало было положено еще в XVIII в. Метеориты собирают во многих городах России, с ними можно познакомиться в краеведческих и геологических музеях.

Десятки и сотни миллионов лет метеоритные обстрелы не только разогревали недра Земли, но и меняли ее облик. Даже процессы в первичной атмосфере, которые сделали ее наконец пригодной для жизни, могли быть вызваны такими небесными камнями. Когда метеорит на огромной скорости входит в плотные воздушные слои, он раскаляется и начинает гореть, при этом выделяются водяной пар и углекислый газ — обычные для многих реакций горения. Типичный метеорит, попадая в атмосферу Земли, высвобождает около 12 % своей массы в виде водяного пара и около 6 % углекис-

лого газа, всего 18 % — почти пятую часть. Если вспомнить наш воображаемый гигантский поезд, нагруженный метеоритным веществом, которое выпало на планету вскоре после ее рождения, получится, что масса выделившихся газов поместилась бы в 90 000 000 000 000 000 наполненных вагонов. Такое колоссальное количество новых газов, занесенных метеоритами, изменило первичную атмосферу — она обогатилась веществами, которые впоследствии стали строительными материалами для жизни на Земле.

Сильно увеличив содержание в атмосфере водяных паров и углекислого газа, метеориты повысили общую влажность земной атмосферы и ее температуру. Второе обстоятельство вызвано присутствием углекислого газа и создаваемого им парникового эффекта — о нем мы еще будем говорить не раз. Часть ученых считает также, что метеоритный обстрел из космоса помог образованию в древнем океане крупных органических молекул. Для подтверждения этой гипотезы группа японских ученых провела интересный эксперимент: с помощью специально сконструированной пушки они воспроизводили древнюю метеоритную бомбардировку, обстреливая океан «метеоритами» типичного для космических тел состава (то есть содержащих железо, никель и углерод). Результаты показали, что в воде после такой бомбежки действительно появился ряд органических молекул, в том числе аминокислоты, жирные кислоты и амины.

Атмосфера и гидросфера Земли — условия существования будущей жизни

(4,3–3,8 млрд лет назад)

В начале земной эволюции базальтовый слой земной коры образовывался в недрах планеты и расплавленная магма поднималась вверх по разломам коры. Она содержала газы. При высоких температурах и давлении химические реакции протекали бурно. Их продуктами становились такие привычные нам земные вещества, как азот, водород, монооксид углерода (угарный газ), углекислый газ и вода. Можно сказать, что первичная атмосфера вышла из земных недр.

Масса Земли к тому времени была уже достаточно большой, чтобы удерживать атмосферные газы за счет сил притяжения.

Однако первичная атмосфера не была похожа на современную.

Древние вулканы выбрасывали облака газов. Более легкие из них (водород и гелий) поднимались вверх, достигая открытого космоса, а тяжелые удерживались земным притяжением у поверхности планеты. Из этих газов 4,3–3,8 млрд лет назад и сложилась первичная атмосфера Земли. Конечно, то, что выдыхали вулканы, сильно отличалось от сегодняшней азотно-кислородной атмосферы. Юная планета была окружена облаками азота, аммиака, углекислого газа, метана, водорода, инертных (благородных) газов, а также парами воды, соляной, борной и плавиковой кислот. Только кислорода в первичной атмосфере почти не было — его содержание в «воздухе» древней планеты составляло менее 0,001 % от нынешней концентрации. В те времена практически весь кислород был связан в различных химических соединениях и не существовал в свободном состоянии. Ядовитая, непригодная для дыхания атмосфера также не обладала и озоновым слоем, который защищает сегодня все живое от космической радиации. Однако постепенно она обогащалась продуктами сгорания метеоритов.

Современная атмосфера Земли совсем не похожа на древнюю: ее главные составляющие — азот

Первичная атмосфера не была похожа на современную. Древние вулканы выбрасывали облака газов, и атмосфера представляла собой их смесь с парами воды, соляной, борной и плавиковой кислот



(3/4 объема), кислород (1/5) и благородный газ аргон (около 1/100). В ней существенно меньше углекислого газа и водяных паров, а другие летучие элементы представлены в крайне малых, как говорят химики, следовых количествах.

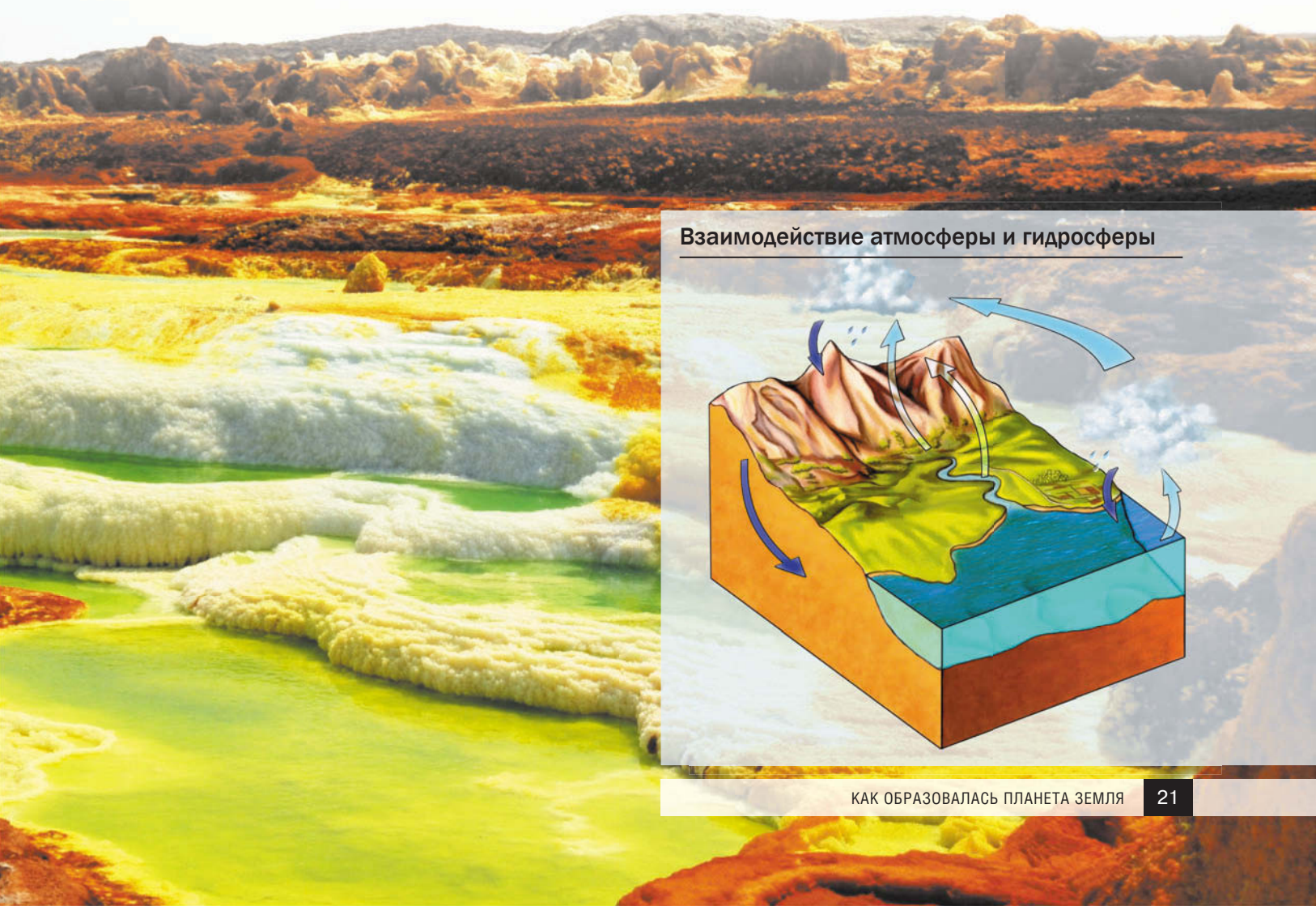
Медленное охлаждение Земли и формирование первичной атмосферы помогли появиться и водной оболочке планеты — гидросфере. Как мы знаем, в древней атмосфере было очень много водяного пара, который вырывался из недр вместе с расплавленной лавой. Конденсируясь, он выпадал в виде дождей. На земной поверхности собирались потоки воды, они сливались вместе и заполняли углубления. Так возникали древнейшие озера. Поверхность Земли была еще слишком горячей, жидкость закипала, и столбы пара снова поднимались в атмосферу. Такая циркуляция воды помогала остудить поверхность планеты. Со временем озера становились все крупнее, превращаясь в океаны. Новые потоки воды несли в них частицы горных пород, продукты выветривания и растворенные вещества с земной поверхности. Последние представляли собой смесь солей. Таким образом морская вода обрела свой вкус — именно такой, какой мы знаем сегодня.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

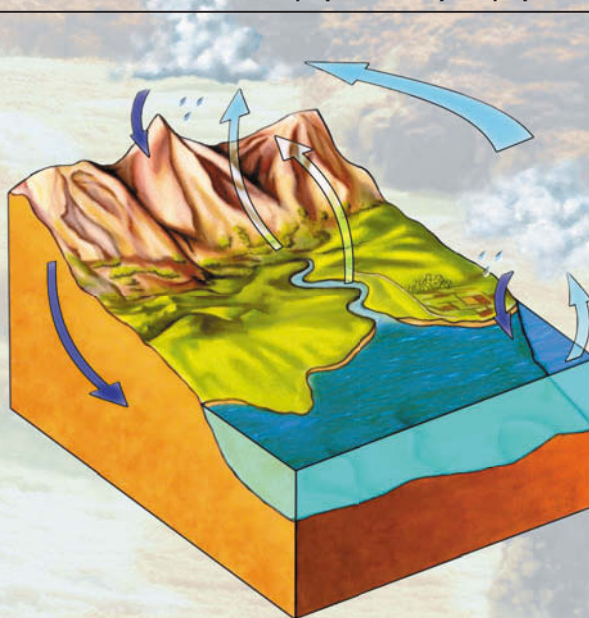
Мы не должны удивляться тому, что вода на Земле появилась в виде пара вместе с потоками расплавленной магмы, вырывающейся из щелей коры: и в настоящее время количество воды, которая в связанном виде хранится в земной мантии, столь велико, что значительно превышает объем всех океанов и морей планеты.

Описанная схема формирования первичной атмосферы и гидросферы выглядит последовательной и логичной, но ведь никто из ученых не мог непосредственно наблюдать за теми процессами, которые протекали около 4 млрд лет назад. Мы имеем дело с гипотезами, основанными на косвенных данных. В них пока еще немало противоречий и загадок. Наука знает очень немного про первый период земной эволюции.

Земля — единственная среди планет Солнечной системы, где существует развитая гидросфера. Воды на нашей планете так много, что она занимает примерно 2/3 ее поверхности, образуя Мировой океан. Верхние слои коры, земную поверхность, нижние слои атмосферы и гидросферу иногда объединяют вместе и называют географической (ландшафтной) оболочкой.



Взаимодействие атмосферы и гидросферы



Архейская эра

(4–2,5 млрд лет назад)

Самый древний этап жизни нашей планеты — архейская эра (от греческого «археос» — начало). Она началась около 4 млрд лет назад с бурлящих вулканов на раскаленной безжизненной Земле, на которую непрерывно падали метеориты из космоса, и продлилась примерно 1,5 млрд лет. К окончанию этого периода в морях нашей планеты уже появились первые живые существа. Именно с архейской эры начинается земная эволюция.

Так могла выглядеть Земля
в архейскую эру

Вулканы и зарождение будущих континентов

(4–3 млрд лет назад)

Когда в распоряжении науки появился радиоизотопный метод, стало возможным определять возраст геологических пород. Суть его в следующем. У большинства химических элементов есть изотопы — атомы с одинаковыми химическими свойствами, но отличающиеся числом нейтронов в ядре.

Изотопы, в отличие от обычных атомов, неустойчивы и рано или поздно распадаются на части. Никто не может предсказать, когда это произойдет, но статистически известно, за какой срок разрушается половина атомов в выбранном образце. Это время

называется периодом полураспада, который для каждого из существующих изотопов известен с высокой точностью. Легко подсчитать, что после промежутка времени, равного двум периодам полураспада, останется $1/4$ ($1/2 \times 1/2$) атомов данного изотопа, а после n периодов полураспада останется $1/2^n$ таких атомов. Пока какой-либо материал еще формируется, он обменивается атомами (в том числе и изотопами) с окружающей средой, например когда животное питается (или формируется горная порода), оно получает помимо обычного углерода с атомной массой 12 (углерод-12) также изотоп с атомной массой 14 (углерод-14). При этом концентрация последнего в костях животного, окружающей среде, съеданной пище и т. п. будет одинакова. После смерти животного (или после окончания формирования горной породы) обмен атомами с окружающей средой прекращается: новые уже не поступают в образец, а имеющиеся к моменту окончания формирования материала разрушаются в соответствии с периодами полураспада, известными для каждого вида изотопов. Так, в образце их становится все меньше. Это означает, что, сравнив концентрацию изотопа данного вида в исследуемом материале и окружающей среде, можно подсчитать, как давно не поступают в него новые атомы изотопа, сколько времени (сколько периодов полураспада) прошло с момента

его формирования (будь это останки живого организма или горная порода). В разных случаях удобно использовать подсчет по несхожим видам атомов — в основном применяют радиоуглеродный (основанный на уже рассмотренном нами соотношении углерод-14:углерод-12), калий-аргоновый и уран-свинцовый методы радиоизотопного анализа.

Изучив изотопный состав горных пород нашей планеты, можно с высокой точностью установить время их формирования. Такие исследования позволили разделить всю историю Земли на пять этапов — геологических эр. Каждую из них характеризуют определенные события, которые изменяли облик планеты и влияли на развитие биосферы. Архейская эра — самый древний этап существования Земли. Физико-химические процессы в ее раскаленных недрах, которые сопровождала постоянная метеоритная бомбардировка, 4 млрд лет назад шли еще полным ходом. Однако тепловой поток уже не растекался в окружающем планету космосе, а задерживался формирующейся земной корой. Наша планета разогревалась все больше и из-за этого снижалась ее плотность и должен был возрастать объем, чему препятствовала земная кора. Такие противоборствующие процессы проще понять, если представить себе туго накачанный мяч, жесткая оболочка которого сдерживает внутреннее давление.



Если оно станет слишком высоким, мяч может лопнуть — его оболочка порвется. Похожие процессы происходили с земной корой, которая 4–3,6 млрд лет назад начала давать трещины и медленно расползаться, выпуская на поверхность избыток расплавленного вещества недр. Конечно, прежде чем начать расходиться в разные стороны, земная кора и лежащий под ней верхний слой мантии должны были остыть и затвердеть, но еще глубже по-прежнему находилась расплавленная магма — она и стала подниматься на поверхность планеты по образовавшимся гранитным разломам.

В самом начале архея земная кора стала трескаться в разных местах. Многочисленные разломы расширялись. В неустойчивой еще земной коре стали появляться особо подвижные зоны — протогеосинклинали. Там и происходили самые бурные вулканические извержения, дававшие выход огромному количеству расплавленной базальтовой лавы. Архейская эра — время гигантских вулканов и мощнейших землетрясений, которые тревожили еще непрочную и тонкую оболочку планеты.

Обычно цепи вулканов находились в центре протогеосинклиналей. Первичная земная кора дробилась, между подвижными протогеосинклиналями возникали их противоположности — устойчивые плиты, которые называют протоплатформами. Водяные пары охлаждались высоко над землей, конденсировались в огромные облака и проливались дождем на разогретые скалы. Потоки воды собирались в глубоких расширяющихся трещинах земной коры — так появлялись обширные водные

пространства. Раскаленная лава мчалась вниз с огнедышащих гор, впадала в новообразованные моря и океаны — гигантские столбы водяного пара поднимались высоко в атмосферу. Грозно и неприветливо выглядела юная планета! Если бы 3–3,5 млрд лет назад на архейскую Землю ступил человек, он был бы поражен обилием гигантских вулканов, безбрежными океанами, в которых все время бушевали цунами (огромные волны, вызываемые подводными землетрясениями), и постоянными движениями земной коры.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Бурные геологические процессы архейской эры создали для будущего человечества неисчислимые запасы полезных ископаемых. Вулканы выплескивали на поверхность Земли магму, богатую металлами, — так появились месторождения медной и железной руды, обширные залежи гранитов.

Вдоль образовавшихся глубоких разломов земной коры начиналось новое накопление осадочных горных пород.

На странной Земле архейского периода не было континентов, ведь ее кора еще находилась в постоянном движении. Только миллионы вулканов, изливая на поверхность невероятное количество лавы, медленно образовывали горы и каменные плоскогорья, а разломы, покрывавшие поверхность, создавали глубокие океанические впадины.

Уже в архейскую эру, как мы знаем, появились протоплатформы — островки устойчивости между постоянно колеблющимися протогеосинклиналями. Эти неподвижные плиты положили начало древнейшим ядрам континентов — щитам. Принято считать, что примерно 3,5 млрд лет назад в архее на Земле возник самый ранний из них — гигантский Ваальбара. Он просуществовал около 700 млн лет и раскололся на сегменты, которые стали отдельными участками тверди. В эту бурную геологическую эру великих потрясений сформировалась некоторая доля современной континентальной коры. Пока нельзя сказать, какая именно: по разным методам измерения получается от 5 до 40 %, что составляет различие в восемь раз. Вот как мало мы еще знаем о древнейшем периоде развития Земли!

В архейскую эру возникли мощные вулканы

Изменение климата — путь к возникновению жизни

(4–3,6 млрд лет назад)

Молодая планета, сотрясаемая подземными толчками, озаряемая огнем вулканов и почти полностью лишенная атмосферного кислорода, вращалась вокруг собственной оси гораздо быстрее, чем сегодня. Сутки архейской эры (полный оборот Земли вокруг своей оси) составляли всего девять часов. Календарный год включал девятьсот таких коротких временных промежутков. Луна находилась намного ближе к нашей планете, и ее воздействие на земные процессы было более существенным, чем сегодня. Пронизываясь сквозь густые облака, свет огромного спутника озарял безжизненную Землю. Гидросфера на земной поверхности в самом начале архея была представлена достаточно скромно: разрозненные мелкие водоемы покрывали впадины коры — они еще не успели слиться в единый океан. Температура воды в таких озерах достигала 70–90 °C, поэтому время для возникновения жизни пока не наступило. Атмосфера архея была менее плотной, чем современная (этим и объясняется обилие метеоритов, достигавших земной поверхности). Кислород, как мы уже отметили, в воздухе почти не содержался, азот составлял намного меньшую часть, чем теперь (всего лишь 10–15 %), большинство других газов быстро разлагалось под действием жесткой солнечной радиации. В атмосфере, которая тогда существовала, господствовал углекислый газ, и из-за этого создавался сильнейший парниковый эффект, температура могла достигать 120 °C и более. Парниковым эффектом называется ситуация, когда солнечный луч, который проникает через атмосферу, отражается от поверхности планеты и уже не может уйти в космическое пространство, так как богатая углекислым газом воздушная оболочка не выпускает его наружу. Большая часть тепловой энергии, поступающей на Землю, остается в пределах атмосферы, постоянно нагревая и воздух, и земную поверхность. Однако к концу архейской эры содержание углекислого газа значительно снизилось.

Обильные ливни и конденсация водяных паров неуклонно увеличивали количество воды на Земле. Мелкие озера сливались в единый океан, поднимая его уровень и затопляя целые хребты молодых гор. Из гранитов, слагавших земную кору,

вымывались оксид кремния, соли угольной кислоты, соединения железа, марганца и, конечно же, углекислый газ.

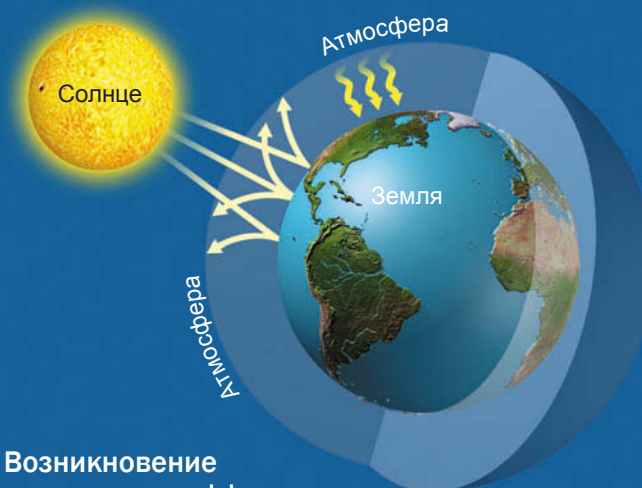
ЭТО ИНТЕРЕСНО

Как считают ученые, уровень солей в первичном океане был еще не очень высок — не более 2,5 %, в то время как в современных океанах достигает примерно 3,5 %.

Когда на нашей планете сформировались воздушная и водная оболочки, возникли и климатические пояса — солнечное тепло уже не одинаково нагревало все земные широты. Мы можем судить о существовании таких зон архейской эры по обнаруженным в Сибири, Северной Америке и Центральной Африке тиллитам — отложениям древних ледниковых пород. На основании этого открытия был сделан вывод о том, что в архейскую и последовавшую за ней протерозойскую эры уже происходили оледенения Земли. Когда же между периодами похолодания все таяло, появлялись озера ледникового происхождения.

В те далекие времена льды, вероятно, сковывали только горные хребты, которые высоко поднимались над поверхностью планеты. В других, равнинных зонах, скорее всего, оставался достаточно теплый климат.

При сохранении пока еще бескислородной атмосферы изменения климата, происходившие на Земле 4–3,6 млрд лет назад, подготовили условия, в которых смогли появиться сложные органические молекулы, а впоследствии — возникнуть первые примитивные формы жизни.



Возникновение парникового эффекта

Загадка появления жизни на Земле

(3,8–3,3 млрд лет назад)

Зарождение жизни, возникновение на Земле первых примитивных одноклеточных организмов было одним из важнейших событий архейской эры.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

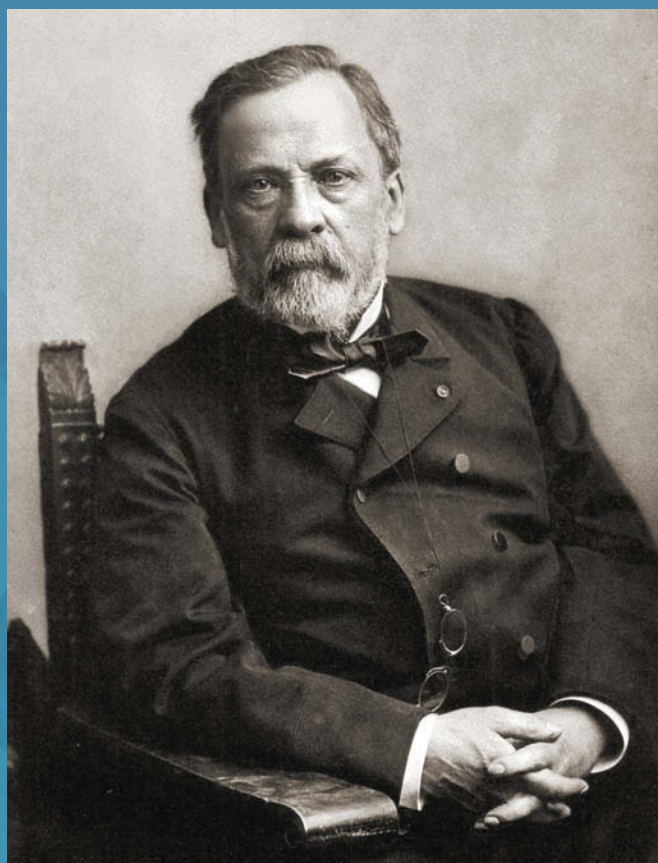
Сами одноклеточные существа, конечно, не могли сохраниться в окаменевшем виде, но обнаружены древнейшие (3,5–3,6 млрд лет назад) горные породы, химический состав которых свидетельствует о работе микроорганизмов. В этих породах содержится много графита, который получился в результате химических превращений тех веществ, из которых состояли первые на земле живые организмы. Принято считать, что в архейскую эру на Земле появились одноклеточные прокариоты — бактерии и сине-зеленые водоросли. Об этом мы можем судить, изучая многочисленные следы их жизнедеятельности, которые сохранились в отложениях древнейших пород.

В раннем архее условия на Земле очень отличались от современных: температура воздуха и земной поверхности достигала 95–140 °С, а кислорода не было. Попробуйте представить себе перегретую баню, из которой откачан воздух, а взамен него смесь ядовитых газов — место для жизни, что и говорить, не очень уютное. Очевидно, что привычные для нас формы жизни не могли появиться в подобной ситуации. Организмам, которые дышат кислородом, на такой планете явно делать нечего. Однако жизнь, несмотря на это, уже существовала, и она была тоже бескислородной! Бескислородные, или анаэробные (от греческих слов «ан» — отрицательная частица, «аер» — воздух и «биос» — жизнь), существа живут рядом с нами и по сей день.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Первым термин «анаэробные» стал использовать великий французский микробиолог Луи Пастер. В 1861 г. он открыл бактерии, которые вызывали брожение (прокисание) масла. Ученый был поражен тем, что эти странные организмы умели обходиться без кислорода, — необходимую для жизни энергию они получали из таких химических реакций, в которых он не участвует. Для всех анаэробов кислород — опасный яд!

Есть веские основания считать их самыми первыми обитателями Земли. В основном анаэробы составляют особую группу организмов,



Луи Пастер, 1822–1895 гг.

которая настолько не похожа на все прочие формы жизни, что выделена биологами в отдельное царство живых существ с говорящим названием археобактерии. С тех древних времен они не изменили своих свойств: большинство археобактерий и поныне анаэробы, многие из них способны находиться в таких экстремальных условиях, где иным формам жизни не место, например в горячих источниках.

Кроме открытых Пастером организмов, живущих в масле, к анаэробам относятся бактерии почвы, глубин океана, горячих источников.

Изучая осадочные породы архейской эры, исследователи обнаружили, что часть из них имеет органическое происхождение и содержит компоненты, которые неустойчивы в присутствии кислорода воздуха. Это и положило начало гипотезе о существовании анаэробов в архейскую эру. Таким образом, первые живые существа нашей планеты не нуждались в кислороде для дыхания. Выработанную в различных химических превращениях энергию они научились запасать в виде аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), которая и сегодня является «молекулой-аккумулятором» энергии для всех живых существ (уже не только анаэробных. Эту книгу, например, вы сейчас читаете за счет за-

пасов энергии, которая хранится в АТФ клеток глаз и мозга).

Размножаясь, первые анаэробы смогли достаточно быстро занять все пригодные для жизни на Земле того времени места обитания. Их дальнейший рост стал сдерживаться нехваткой пищи. Вероятно, именно в этот момент живым организмам пришлось переключиться на новый источник энергии — кислород, количество которого в атмосфере и водах все возрастало.

Как же произошло зарождение жизни — важнейшее событие в истории не только нашей планеты, но и всей Солнечной системы?

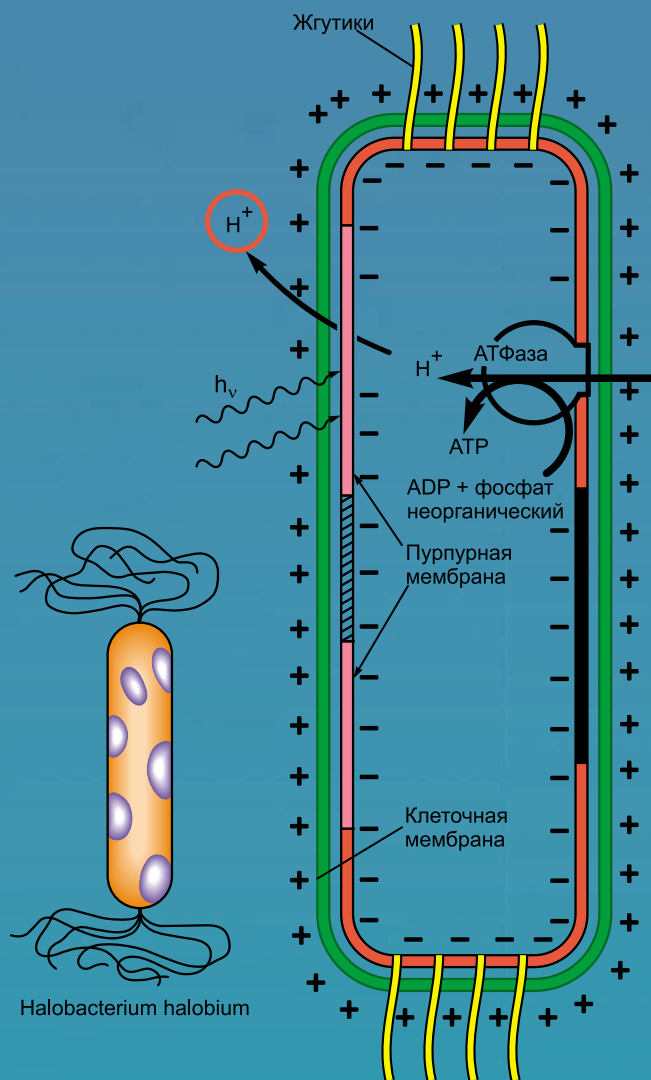
Наиболее убедительной гипотезой на данный момент является версия биохимической эволюции, предложенная еще в 1924 г. русским ученым, академиком Александром Ивановичем Опариным в книге «Происхождение жизни».

Ученый предложил объяснение того, как под воздействием химических и физических факторов первые одноклеточные формы жизни могли появиться из неживой материи. Как мы знаем, атмосфера архейской Земли была богата аммиаком, оксидами углерода и водяным паром. В более низких концентрациях в ней также присутствовали водород, азот и кислород. Таким образом, основные химические элементы, необходимые для сборки биологически активных молекул, к тому времени уже были доступны, а ультрафиолетовое излучение Солнца могло служить неисчерпаемым источником энергии для химических превращений. Энергия внутреннего тепла Земли (вулканических извержений), могучих грозовых разрядов и радиоактивного распада также, вероятно, участвовала в синтезе сложных молекул из более простых.

По мнению Опарина, биохимическая эволюция могла протекать в три этапа. На первом этапе происходил интенсивный синтез органических (то есть основанных на цепочках углерода) веществ из неорганических предшественников. Соли, растворенные в архейском океане, и атмосферные газы служили реагентами в гигантском химическом реакторе — литосфере древней Земли.

Часть органических молекул могла также возникать под действием грозовых разрядов, ультрафиолетовой радиации и тепла в атмосфере. В конечном итоге вся органика, синтезированная за миллионы лет, скапливалась в океане, ее концентрация в воде росла. Безжизненный океан стал «питательным бульоном», в котором могли появиться биологически активные молекулы белков (пептидов).

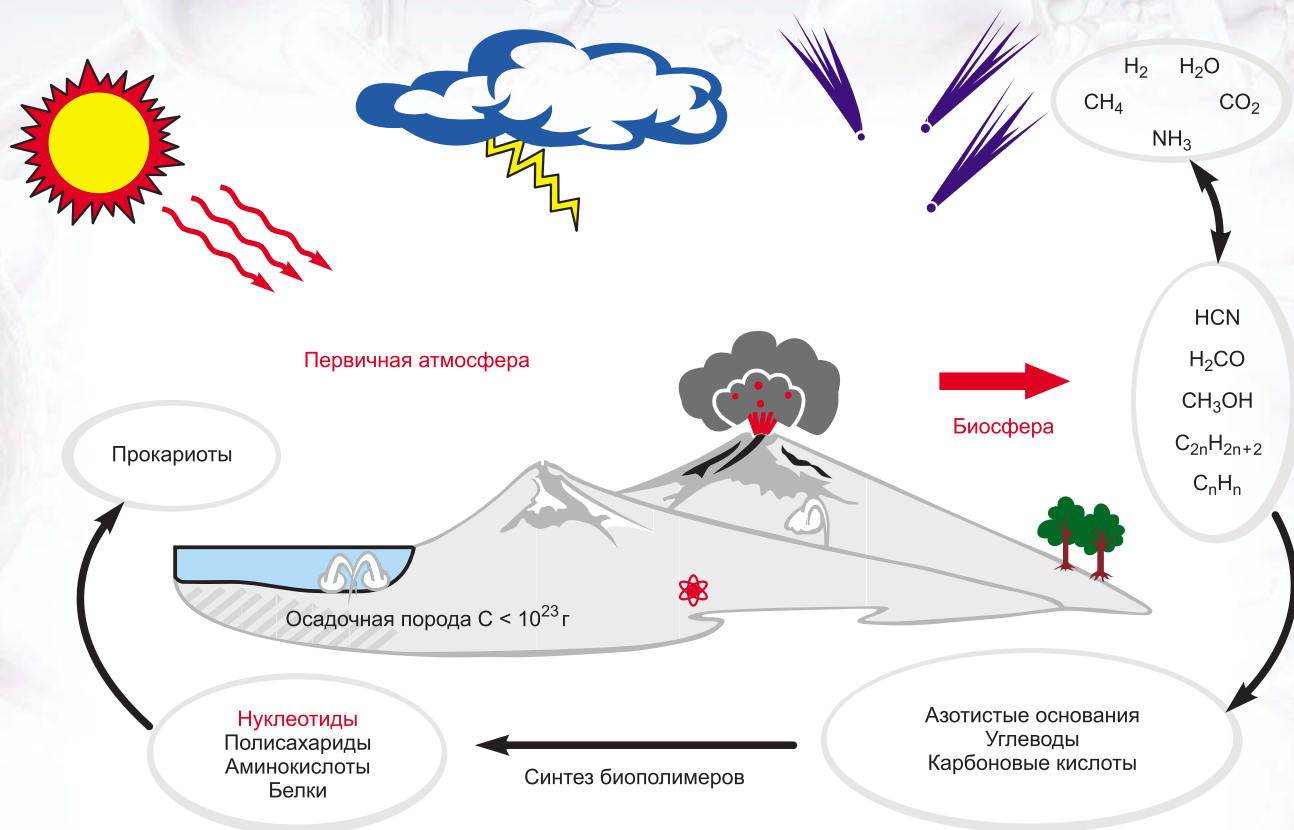
На втором этапе они появляются! Все те же источники энергии в виде ультрафиолета и электрических разрядов могли способствовать



Бесхлорофильный синтез АТФ в клетках

объединению коротких молекул (мономеров) в длинные цепочки-полимеры. Первичные органические молекулы объединялись, приобретали более сложную структуру и давали начало пробионтам — предкам живых организмов. В результате эволюции пробионты соединялись в коацерватные капли (или коацерваты — от латинского *coacervātus* — «собранный в кучу»), то есть в отдельно существующие структуры с высокой концентрацией сложных молекул. Коацерваты еще не были ни клетками, ни живыми существами вообще, но они уже поглощали нужные им вещества из окружающей их среды, взаимодействовали между собой, росли. От настоящих живых организмов их пока отличала неспособность размножаться.

На последнем третьем этапе эта способность у них появляется — различие между коацерватными каплями и клетками окончательно стирается. Капли конкурировали между собой за доступные



Биохимическая эволюция согласно А. И. Опарину

питательные вещества и энергию — как и все живые организмы, они подвергались естественному отбору. Внутри капли, отделенной от окружающего мира слоем молекул, напоминавшим примитивную мембрану, происходили сложные химические процессы, характерные для метаболизма клеток. Вырастая до определенных размеров, капля делилась и давала начало дочерним образованиям, которые сохраняли ее свойства. Началось самовоспроизводство живых существ на Земле. Коацерватные капли стали первыми примитивными одноклеточными организмами.

Прямого экспериментального подтверждения гипотезы Опарина не существует, да и вряд ли оно появится — воспроизвести эволюционные процессы, на которые потребовались десятки миллионов лет, в лабораторных условиях непросто. Однако в 1953 г. два американских химика, Стэнли Миллер и Гарольд Юри, поставили красивый эксперимент, в ходе которого были добыты косвенные доказательства правоты Опарина. Идея ученых заключалась в том, чтобы воссоздать в лабораторной установке предполагаемые условия архейской Земли. Через смесь растворенных веществ и газов (аммиака, метана, водорода, монооксида углерода и водяных паров), характерных, как принято считать, для древних гидро- и атмосферы, пропускали электри-

ческие разряды («вспышки молнии»), подогревали ее («тепло вулканов») и облучали ультрафиолетом («солнечное излучение»).

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Эксперимент был на редкость удачным, но и после него осталось немало загадок. Вот одна из них. Пусть получены и аминокислоты (составные части белков), и предшественники нуклеиновых кислот. Допустим, за миллионы лет (вместо недели) получились бы полноценные белки и нуклеиновые кислоты. В живой клетке нуклеиновые кислоты кодируют состав белка (последовательность сборки аминокислот), а белки помогают самовоспроизводству нуклеиновых кислот (репликации ДНК и транскрипции РНК). Однако как и те, и другие соединения смогли «договориться» о взаимной помощи? Этот важнейший для биологии вопрос пока остается без ответа.

Анализ результатов показал, что всего за неделю искусственного архея 10–15 % углерода перешло в форму сложных органических молекул, среди них были 22 аминокислоты, сахара, липиды и предшественники нуклеиновых кислот, то есть практически все, что потребовалось бы для «сборки» живой клетки. Хотя их самих, разумеется, получено не было.

Первые живые организмы

(3,5–2,5 млрд лет назад)

В распоряжении современной науки, как мы уже подчеркивали, имеются не сами останки древних одноклеточных организмов, а продукты их деятельности в виде некоторых минералов. Это позволило сделать вывод о том, что в архейскую эру уже сформировались бактерии и сине-зеленые водоросли. Принято считать, что возникновение жизни на Земле вскоре привело к появлению трех царств живых существ: археобактерий, современных бактерий (эубактерий) и надцарства (включающего согласно классификации несколько царств) эукариот. К последним относятся те, чьи клетки имеют более сложную организацию, — они включают окруженное мембраной ядро, содержащее ДНК в виде хромосом.

В составе цитоплазмы эукариотических клеток есть высокоразвитые органеллы (митохондрии, хлоропласты, эндоплазматический ретикулум и др.), которых нет у бактерий. Эукариоты — это

царства животных, растений и грибов (которых в архейскую эру еще не было) и одноклеточных простейших (которые уже могли существовать).


В ходе эволюции ни археобактерии (жители бескислородной среды того времени), ни эубактерии не дали начала новым формам жизни. Эта участь выпала только эукариотам — простейшим архейских морей.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В архейских отложениях в Австралии найдены строматолиты (от греческих слов «строма» — подстилка и «литос» — камень) — слоистые включения большой плотности в известняках и доломитах. Строматолиты принято считать результатом жизнедеятельности сине-зеленых водорослей.

Однажды появившись, сине-зеленые водоросли стали обогащать атмосферу кислородом.

В конце архея эволюция вплотную приступила к созданию важнейших для живых существ приспособлений полового процесса и многоклеточности. Разговор о них впереди.



Общая схема фотосинтеза у современных высших растений та же, что и у древних организмов: углекислый газ и вода с помощью энергии Солнца превращаются в глюкозу, в качестве отхода производства выступает кислород

Протерозойская эра

(2,5 млрд — 540 млн лет назад)

Вслед за архейской наступила протерозойская эра (от греческих слов «протерос» — более ранний и «зоя» — жизнь). Ее считают самой длительной в истории Земли.

На рубеже двух периодов облик планеты сильно изменился.

Огромные области суши уходили под воду океана, а из морей поднимались молодые горы. Хотя поверхность Земли никто не осваивал, в океане уже развивалась жизнь. Неизбежные при этом обломки горных пород, равно как и существование первых организмов, вели к образованию осадочных залегающих. Во времена протерозоя земная кора росла, а в ней ломались и заново формировались новые континентальные плиты.

Формирование земной коры древней планеты

(2,5–1,5 млрд лет назад)

В начале протерозойской эры складывались ядра будущих континентов — древние платформы, или кратоны (от греческого «кратос» — сила, крепость). Самые первые части нынешней Евразии — Восточно-Европейская и Сибирская платформы родом именно из тех времен.

Вулканы продолжали извергаться так же бурно, как и в архейский период. На их активность влияли движения земной коры. Когда материи перемещаются,



Примерно такой, безжизненной и холодной, выглядела наша планета в протерозойскую эру

океаническая кора (та, которая находится под дном океана) «задвигается» под материковую и буквально выдавливает на поверхность магму из земных недр.

Судя по найденным на сегодняшней суше протерозойским отложениям явно морской природы, водная и земная стихии в те времена довольно часто менялись местами: из океанских глубин вздымались юные горы, а более старые скальные хребты уходили под воду.

Протерозойские отложения также показывают, что на Земле в то время уже существовали и пустыни, и ледники — климат был разнообразен.

В этот период появились отложения, ставшие в будущем полезными ископаемыми. Например, месторождения железных руд возникли в результате

работы железобактерий (они были открыты в начале XX в. русским ученым Сергеем Николаевичем Виноградским). Так появились отложения железистых кварцитов (чередование слоев кварца и железосодержащего магнетита).

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Одно из крупнейших таких месторождений — Курская магнитная аномалия в России. Колоссальные залежи железа в тех местах отклоняют стрелку компаса от ее обычного положения. Эти многокилометровые залежи руды появились 2,5 млрд лет назад на дне протерозойских морей.

Большие месторождения железных руд осадочного происхождения находятся в Украине (Кривой Рог),

в Южной и в Северной Америке, Австралии, Африке. В Сибири есть также медные руды протерозоя. В конце той эры откладывались залежи урановой, медной, кобальтовой и оловянной руд.

Земная кора, толщина которой составляет многие километры, мялась, как бумага, под действием чудовищных внутренних сил планеты. На ее поверхности образовывались складки и впадины. В конце протерозойской эры из-за появления складок земной коры образовалось много новых горных хребтов. Это горообразование называют Байкальской складчатостью, так как именно тогда появилось знаменитое на весь мир озеро России. Термин «байкальская складчатость» был предложен в 1932 г. русским ученым Н. С. Шатским.

Другой важный геологический термин — геосинклиналь. Термин образован тремя греческими корнями «гео» — земля, «син» — вместе и «клино» — наклоню. Это длинная и узкая складка земной коры, которая, в противоположность платформам, является подвижной зоной. Такие элементы

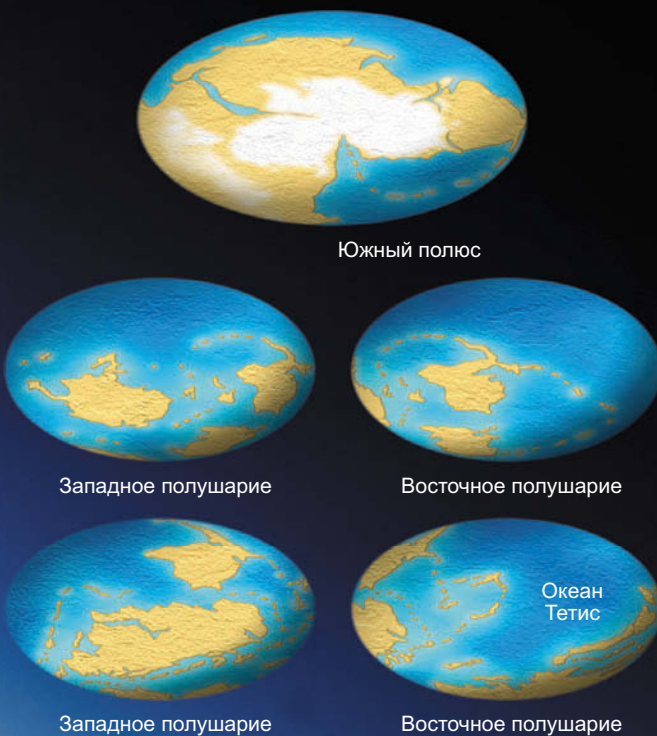


Суперконтинент Родиния

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Обратите внимание на то, что признанные всем миром названия «Родиния» и «Мировия» образованы от корней, заимствованных из русского языка. Настолько сильна была отечественная наука в самых разных областях знания!

Движение материков в протерозое (сверху вниз: неопротерозой/криогений, поздний кембрий, ранний девон)



неустойчивости земной коры сопровождаются прогибами, поэтому геосинклинали опускаются на морское дно. Постепенно эта складка заполняется осадочными породами или магмой вулканов, а потом движения земной коры снова вздымают бывшую складку вверх — и образуются новые горы.

Именно так возникли древнейшие горы Земли: Урал, Енисейский кряж, Восточный Саян, Прибайкалье, Скандинавские и Скалистые горы.

В районах геосинклиналей времен Байкальской складчатости формировались ядра горных массивов юга Сибирской платформы, плато Путорана на Таймыре, Тянь-Шань, некоторые хребты Кавказа и гор Малой Азии. Именно в протерозойскую эру был задан «генеральный план» развития земной коры, который и предопределил дальнейшую геологическую историю планеты.

Тогда же, 1150 млн лет назад, над древним океаном поднялся гигантский материк — Родиния. Многие ученые считают его первым континентом Земли. Полагают, что он возвышался примерно на 3000 м над уровнем моря и не имел до определенной поры отчетливо сформированных гор. Поднявшийся материк вытеснил колоссальные объемы воды, которые, в свою очередь, слились в единый гигантский океан — Мировию, огромный по площади, но значительно мельче нынешних.

Пригодность для дыхания безжизненной атмосферы

(2,4 млрд лет назад)

Древние вулканы изливали на поверхность Земли огромное количество расплавленного базальта, попутно выдыхая смешанные облака водяных паров с углекислым газом, сероводородом, аммиаком, хлором, метаном, оксидами серы, борной кислотой и солями аммония, образующихся при высоких температурах. Так как в водных растворах эти вещества создают кислотную среду, их называют кислыми дымами. Мы знаем о них и первичной атмосфере благодаря пузырькам газов, законсервированным в древнейших горных породах архея.

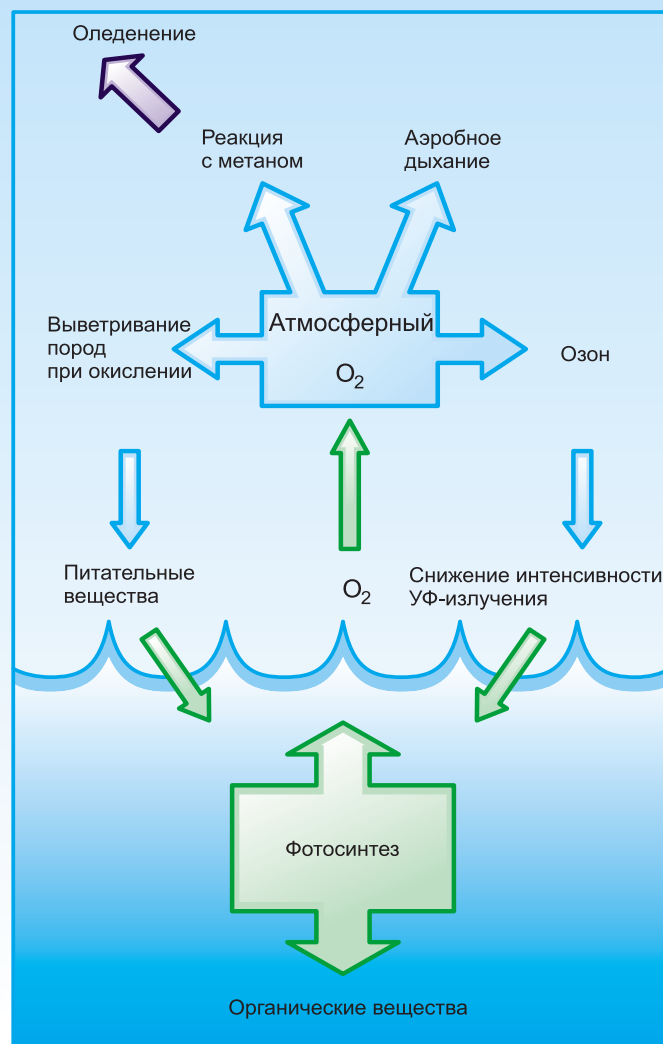
Атмосфера нашей планеты, состоявшая из смеси газов, покинувших земную мантию, была очень ядовита.

Температура воздуха у земной поверхности приближалась к 15 °C — не особо жарко, но и не так уж холодно. Из сконденсировавшегося водяного пара складывалась гидросфера планеты — запасы жидкой воды. В нее переходила часть атмосферных газов.

Однако был ли на древней Земле кислород? Малая часть его молекул могла теоретически стать продуктами разложения водяного пара под действием жесткого ультрафиолетового излучения Солнца, но такого насыщенного паром кислорода много быть не могло: и молекулу воды расщепить трудно, и сам образующийся кислород поглощает ультрафиолет, гася таким образом химическую реакцию (классический случай автоингибирования).

До определенного времени в первичной атмосфере кислорода было совсем мало — намного меньше 0,001 его массовой доли в сравнении с нынешним уровнем. Почти каждая вновь образовывавшаяся молекула O_2 тратилась на различные реакции окисления. Защиты от губительной солнечной радиации (в виде современной кислородной атмосферы и озонового слоя) еще не было, и это создавало тяжелейшие условия даже для жизни древних анаэробов. Перед началом протерозоя на Земле стало намного больше воды, а кислорода почти не прибавилось.

В какой-то момент грянула «кислородная катастрофа» — так называют событие, которое произо-



Развитие кислородной катастрофы

шло 2,4 млрд лет назад и направило в новое русло ход земной истории. В то время кислород буквально заполнил собой атмосферу планеты. Разумеется, катастрофой это обернулось лишь для анаэробных археобактерий. Для всех же новых форм кислородной жизни (включая нас с вами) это событие оказалась величайшей удачей! Об изменениях в атмосфере мы знаем по тому, что характер минеральных отложений с какого-то момента резко преобразился.

Наконец-то в воздухе появилось много свободного кислорода — менее чем за 200 млн лет его концентрация выросла в 15 раз, атмосфера стала не восстановительной, а окислительной.

Конденсация водяных паров
вулканических газов

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Представьте себе, что во времена архея железный гвоздь мог лежать на земле миллионы лет, не покрываясь ржавчиной! Если бы в то время были заводы по производству азотной кислоты, из труб которых выходила смесь ядовитых оксидов азота, то они не проливались бы на землю кислотными дождями, а благополучно восстанавливались до азота самой атмосферой!

Для того чтобы возникли анаэробные («кислорододышащие») формы жизни, необходимо было, чтобы концентрация кислорода в атмосфере составляла около 0,01 (1 %) от современной — так называемая точка Пастера. В протерозое этот биологический рубеж был преодолен «с перевыполнением», что стало толчком к бурному развитию и совершенствованию разнообразных форм новой жизни.

Откуда же кислород возник в таком количестве? Вспомните про сине-зеленые водоросли, которые появились еще в архее. Миллионы лет они исправно выделяли кислород в качестве побочного продукта фотосинтеза. Однако он тут же уходил на окисление минералов и газов. В условиях восстановительной атмосферы кислород был настоящим дефицитом и мгновенно расходовался во множестве химических реакций. Когда же все, что можно было окислить, оказалось уже окисленным, кислород стал накапливаться в виде газа. Одновременно с этим падала концентрация углекислого газа

в атмосфере, ведь он был так необходим сине-зеленым водорослям для фотосинтеза. Парниковый эффект благодаря этому стал уменьшаться и перед земной жизнью открылись новые заманчивые перспективы.

Появление в земной атмосфере доступного кислорода обернулось еще одним благом для будущих жителей планеты. Под воздействием электрических разрядов газообразный кислород распался на отдельные атомы, из которых потом сформировалось новое вещество — озон ($O_2 + h\nu \rightarrow 2O \rightarrow O_3$). Подобно кислороду он бесцветен, но имеет запах: когда после грозы вы чувствуете в воздухе особую свежесть, знайте, это озон. Собираясь в верхних слоях атмосферы (12–50 км), он образует слой (озоновый слой), который поглощает опасное ультрафиолетовое излучение космоса и защищает от него все живущее на планете. Не будь озонового слоя, жизнь никогда не смогла бы выйти из воды на сушу.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Озон поглощает лучи, верхние слои атмосферы нагреваются, и его температура растет с высотой. Это явление называют температурной инверсией. Она делает атмосферу устойчивой: не будь такого нагревания в верхних слоях атмосферы, теплый воздух из нижних постоянно поднимался бы, а холодный — опускался. Атмосферные газы постоянно бы перемешивались.

Сине-зеленые водоросли способствовали фотосинтезу

Наши предки — первые существа, дышавшие кислородом

(2,6 млрд–650 млн лет назад)

Едва появившись, живые организмы стали вступать в сложные биологические отношения друг с другом. Не довольствуясь простым извлечением энергии и пищи из окружающей среды, они создавали пищевые цепи и вступали друг с другом в симбиоз. Все это закономерно привело к усложнению самих живых клеток. Раньше (в архее) существовали только одноклеточные прокариоты — те организмы, у которых клеточное ядро еще не сформировалось (от греческого «прокариот» — доядерный). Их строение значительно проще, а ДНК представлена не хромосомами, а одной-единственной кольцевой молекулой.

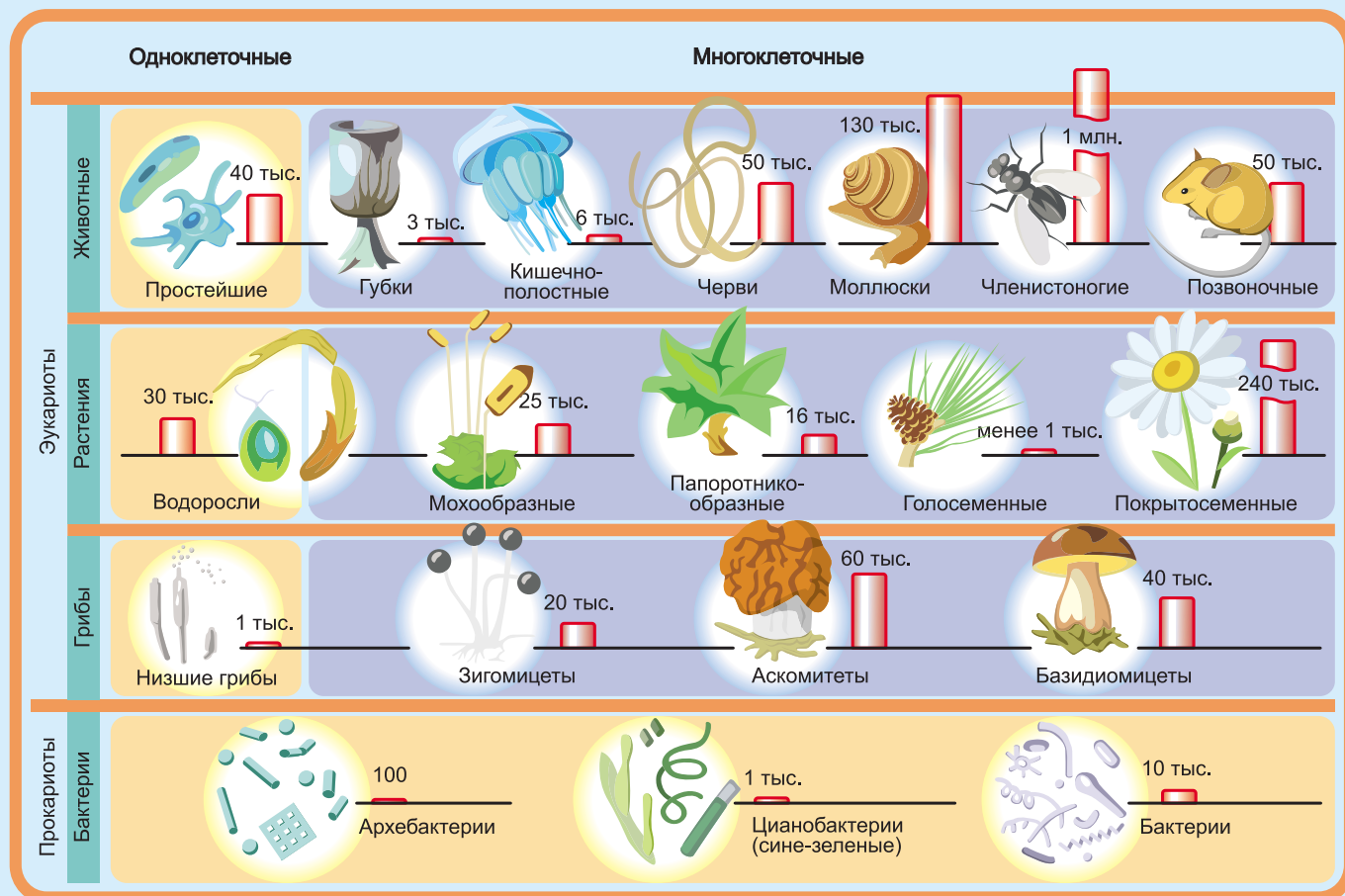
Так устроены и сине-зеленые водоросли, и бактерии, и другие обитатели Земли того времени. Преимуществом прокариот является их исключительная неприхотливость к условиям жизни. Они и сейчас селятся на подводных вулканах, в кислых или щелочных водоемах — была бы только влага.

В протерозойскую эру возникли первые эукариотические клетки (то есть такие, у которых есть ядро и ДНК, свернутая в хромосомах). Появилось гораздо больше возможностей перемешивать гены — живые организмы стали быстро меняться, приспосабливаясь к внешней среде. Устойчивость и разнообразие жизни возрастали.

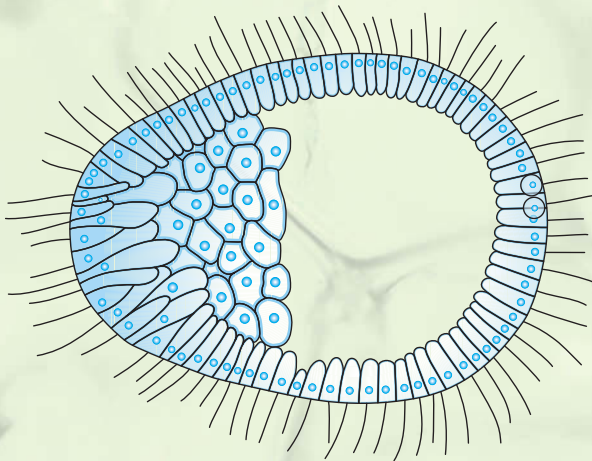
ЭТО ИНТЕРЕСНО

Полагают, что эукариоты появились в результате союза (симбиоза) нескольких разных прокариотических клеток. Имеющиеся в эукариотической клетке митохондрии («энергетические станции» живой клетки) и хлоропласты в клетках растений (где происходит фотосинтез) считаются потомками древних одноклеточных прокариот, которые проникли внутрь более сложных клеток и остались там жить в виде клеточных органелл.

Долгое время прокариоты и эукариоты мирно уживались рядом, но шаг за шагом более приспособленные эукариоты вытесняли древние доядерные организмы. Вместо примитивного почкования и деления клеток появлялись более совершенные механизмы размножения. Будущее принадлежало эукариотам!



Известное количество видов для эукариот и прокариот



Фагоцитема — возможный предок многоклеточных организмов

Рождение многоклеточных организмов

(1 100–900 млн лет назад)

Как мы уже знаем, первые живые существа Земли были одноклеточными, то есть все функции организма: питание, передвижение, связи с внешней средой и так далее — были соединены в одной-единственной клетке. Такие формы жизни процветают и по сей день, будучи наиболее просто устроенными. Однако эволюция биосферы в протерозое сделала следующий важнейший шаг — нашу планету стали заселять первые многоклеточные организмы.

Главное отличие многоклеточного существа от одноклеточного не только в количестве клеток, как следует из названия, но и в том, что между ними существует разделение труда — его называют дифференциацией клеток. Например, тело человека состоит из 10¹⁴ клеток. Они объединены в группы с похожими функциями — ткани. В самом деле, клетки костей не спутаешь с клетками крови, разные ткани составляют мышцы, кожный покров, органы многоклеточных существ. Однако все это произойдет гораздо позже. Первым шагом на пути к многоклеточности было объединение отдельных клеток-организмов в колонии. Сегодня мы можем предполагать, что жизнь в них давала преимущества: например, сообщество клеток меньше страдало от пересыхания, чем одноклеточные организмы, либо оказывалось слишком крупным для одноклеточных хищников. В первых колониях все клетки по-прежнему оставались недифференцированными — распределение функций между ними отсутствовало. Одно из таких колониальных

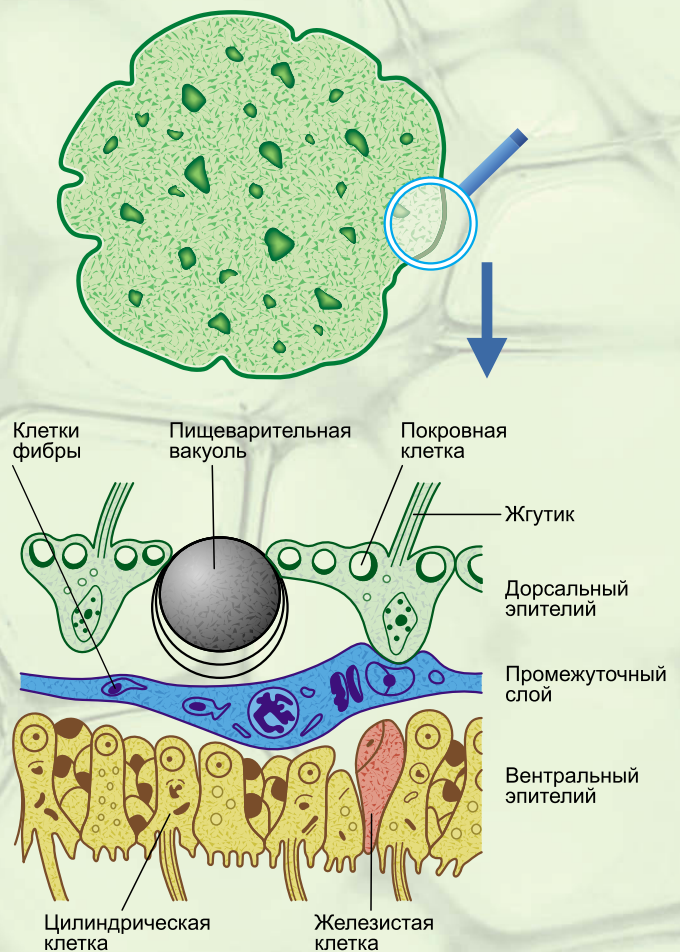
многоклеточных широко распространено и в наши дни. В затхлых прудах можно найти маленькие (до 3 мм) зеленые шарики, которые состоят из сотен и даже тысяч совершенно одинаковых клеток-водорослей. Шарики могут передвигаться за счет биения «вёсел»-жгутиков, которые есть на поверхности каждой из составляющих их клеток. Эти странные колониальные многоклеточные существа называются вольвокс.

Конечно, вольвокс еще нельзя назвать настоящим многоклеточным организмом, поскольку его клетки не дифференцированы.

После объединения отдельных клеток в колонии эволюция должна была сделать следующий важнейший шаг — распределить между ними разные функции. Как же это могло произойти?

Еще в 1882 г. наш соотечественник биолог Илья Ильич Мечников занимался изучением губок, которые являются одним из самых примитивных типов многоклеточных животных.

Мечников предположил, что у них мог быть еще более просто устроенный предок — организм который представлял из себя мешок, состоящий всего из двух слоев клеток: внешнего и внутрен-



Строение триплекса

него. Клетки первого из них у такого существа предназначались для защиты от внешних факторов и передвижения (за счет подвижных жгутиков, похожих на жгутики вольвокса), а второго — для пищеварения (захватывая и переваривая мельчайшие частицы пищи). Это была уже колония клеток не одинаковых, а двух разных видов, связанных отношениями симбиоза. Мечников назвал это существо фагоцителлой.

Такое объяснение механизма возникновения первых многоклеточных форм жизни оказалось настолько убедительным, что впоследствии стали говорить о теории фагоцителлы. Позже был найден реально существующий организм, очень похожий на описанную Мечниковым фагоцителлу: это был трихоплакс — бесцветное существо длиной около 3 мм.

Как и гипотетическая фагоцителла, обнаруженный в природе трихоплакс состоит из двух слоев клеток.

Современная наука предполагает, что в протерозойском океане происходили похожие процессы самоорганизации жизни: от одноклеточных к колониям и далее к настоящим многоклеточным существам. Многоклеточность дала мощный толчок последующей эволюции живого мира. Уже на стадии самых простых многоклеточных организмов появляется половое размножение (в отличие от примитивного почкования). Это означает, что в процессе образования и слияния половых клеток (гамет) происходит интенсивный обмен и перераспределение генетического материала. Наконец-то жизнь смогла воспользоваться одним из самых главных своих приспособо-

влений в борьбе за выживание — наследственной изменчивостью.

Изменчивость в свою очередь привела к всплеску разнообразных новых форм жизни. Ученые-палеонтологи обнаружили в протерозойских отложениях следы, оставленные множеством разных существ.

Конечно, они все еще были бесскелетными, поэтому не сохранялись в виде окаменелостей, но были найдены следы ползания, проедания грунта и вырытых норок.

Первые многоклеточные жили в нижний слоях воды или на самом дне древнего океана. Это потребовало от них дальнейшего приспособления: разделения тела на разные части, которые использовались для прикрепления к камням, захвата пищи, плавания. Большое число многоклеточных организмов получило возможность питаться за счет фильтрации верхнего слоя ила, пропуская через себя воду с частицами пищи или с живыми одноклеточными. Именно таким способом питаются современные губки — одни из древнейших обитателей Земли.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Традиционно считается, что первые многоклеточные организмы появились на планете 1100–900 млн лет назад. Однако благодаря новейшим исследованиям ученые обнаружили в американском штате Мичиган следы многоклеточных водорослей длиной 10 мм, живших 1,9 млрд лет назад. В отложениях из Африки совсем недавно (в 2010 г.) нашли присутствие достаточно крупных (12 см) червеобразных существ, обитавших 2,1 млрд лет назад.



Отпечаток древней харнии

Первичная атмосфера Земли
была сформирована
в результате выбросов кислых дымов







Первое оледенение Земли

(750–635 млн лет назад)

Стоило появиться на Земле первым фотосинтезирующим организмам, как концентрация кислорода в атмосфере стала возрастать, а углекислого газа, наоборот, снижаться. Это предопределило дальнейшие изменения климата. Последующее уменьшение количества углекислого газа было также вызвано распадом первого суперконтинента Родинии: выходящие при этом наружу горные породы вступали в химические реакции со свободным углекислым газом воздуха и связывали его в химических соединениях.

Затем вступила в силу уже известная нам закономерность: чем меньше в воздухе углекислого

газа, тем слабее парниковый эффект, а значит, тем холоднее климат. Остывание Земли вызвало появление гигантских ледников, которые, подобно зеркалам, отражали в космос падающие на планету лучи и тем самым способствовали еще большему похолоданию. Средняя температура на нашей планете снизилась до -40°C , это значит, что в конце протерозоя на экваторе было так же холодно, как в нынешней Антарктиде. Около полюсов установилось -80°C .

Страшные морозы сковали планету.

Вода при таком холоде практически не испарялась, поэтому туч над Землей почти не бывало. Все обломки Родинии и Мировой океан 750–635 млн лет назад покрылись коркой льда, достигавшей 2 км. Сегодня об этом можно судить по следам древнейших ледников и их отложениям в самых разных, в том числе и тропических, районах Земли. Такие следы обнаружили в Центральной Африке, Австралии, на Урале, в горах Тянь-Шаня, в Беларуси, Норвегии, Гренландии и в Скалистых Горах Северной Америки.

Возраст некоторых названных выше геологических свидетельств оледенения определен достаточно точно — 716,5 млн лет назад. Он совпадает с предполагаемым временем распада Родинии.

Вся планета оказалась в ледяном плену, это вызвало массовую гибель живых существ. Тщательное изучение хронологической последовательности событий ставит науку еще перед одной загадкой: оказывается, сплошное вымирание

Такой пейзаж, возможно, был на Земле времен распада Родинии

случилось на 16 млн лет раньше, чем моря и суша покрылись льдами. Существующее сегодня объяснение гласит, что причиной этому послужило слишком бурное размножение водорослей и недостаточное количество травоядных морских существ. Ничем не регулируемый рост водорослей привел к тому, что зеленый слой создал плотный покров на водах, который препятствовал доступу кислорода в их толщу. Из-за этого погибали аэробные жители океана и поэтому атмосфера больше уже не насыщалась углекислым газом. Если все было действительно так, то вывод парадоксален: жизнь на Земле уничтожила сама себя, попутно вызвав резкое изменение климата всей планеты. Даже если это предположение верно, оно не отменяет теорию связывания углекислого газа обнажающимися горными породами Родинии, которая раскалывалась на части, — так что на водоросли и в этом случае ложится только часть вины.

В конце протерозоя Земля пережила самое катастрофическое оледенение за всю свою историю.

Что же в конце концов спасло планету из ледяного плена? Покрытая толстой коркой льдов поверхность океана и суши не могла поглощать углекислый газ из воздуха, ни используя его в процессе фотосинтеза водорослей, ни связывая в химических реакциях. Тут и сыграли свою роль вулканы, которые продолжали собственную в буквальном смысле кипучую деятельность, даже когда планета была скована льдами. Миллионы холодных лет они не прекращали обогащать атмосферу углекислым газом и метаном.

Чтобы растопить льды на планете, которая тогда напоминала современную Антарктиду, могло потребоваться в 350 раз больше свободного

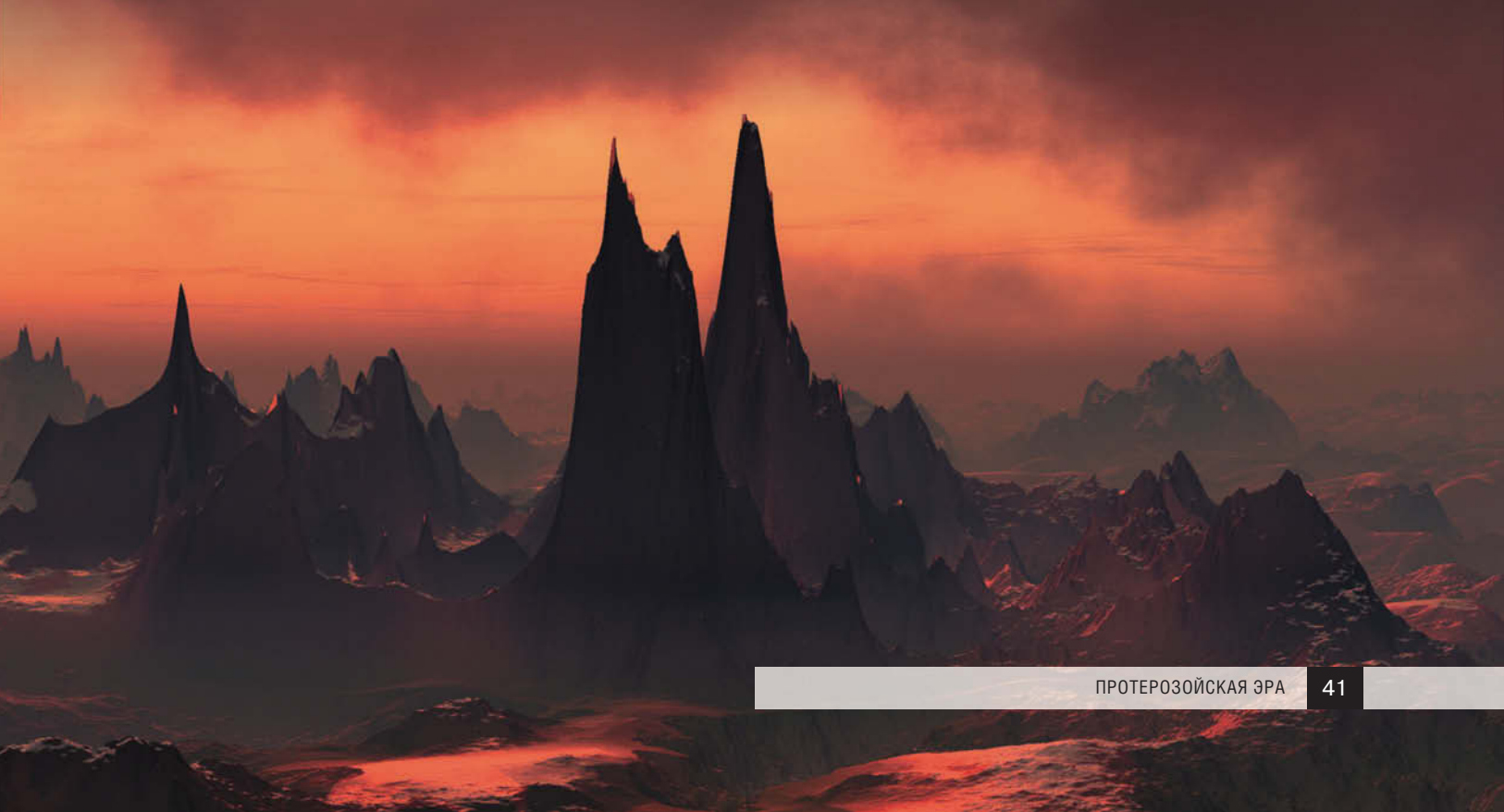
углекислого газа в атмосфере, чем его содержит вдыхаемый нами воздух, — около 13 % против нынешних 0,035 %. Парниковый эффект, создаваемый таким огромным количеством углекислого газа, и привел, очевидно, к постепенному потеплению. Льды неуклонно таяли.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Описанная ситуация — замечательный пример того, что древняя Земля оказалась саморегулируемой системой: излишнее усиление одного из определяющих факторов приводит к таким последствиям, когда его действие уменьшается по принципу отрицательной обратной связи. Чтобы это было проще понять, представьте себе котелок с супом, который варится на костре. Если огонь разгорается очень сильно, то вода в емкости начинает кипеть слишком бурно и переливается через край. Тем самым она частично гасит костер, и кипение становится слабее.

Парниковый эффект сделал свое дело по геологическим меркам очень быстро — средняя температура на планете увеличилась на 65–70 °C, достигнув 25–30 °C.

Ледяная катастрофа должна была убить на Земле все живое, но предполагается, что некоторые микроорганизмы уцелели. Возможно, в океане Мировия оставались небольшие полыньи, где открытая вода соприкасалась с атмосферой и солнечным светом. Другие микробы могли выжить в зонах наземных или подводных вулканов. Понесенные биосферой потери были огромны, однако жизнь не исчезла с лица нашей планеты полностью — стоило льдам отступить, как начался новый бурный всплеск ее развития.



Палеозойская эра

(540–252 млн лет назад)

После протерозоя наступает новый геологический этап земного развития, который называют палеозойской эрой (от греческих слов «палеос» — древний и «зоя» — жизнь). Он продолжался примерно 289 млн лет: начался около 541 и закончился 252 млн лет назад.

Облик Земли в этот период, как и раньше, продолжал меняться: поднимались и опускались под воду горы, перестраивался климат, жизнь то стремительно развивалась, то переживала новые катастрофы.

Движение земной коры

(540–250 млн лет назад)

Границы океана и суши продолжали трансформироваться. Ранее полагали, что это происходило

за счет вертикального движения участков земной коры. Сегодня же наиболее распространена теория немецкого геолога Альфреда Вегенера о горизонтальном дрейфе («плавании») континентов.

В современном звучании доработанное предположение Вегенера называется теорией тектоники (движения) литосферных плит. В земной мантии есть хрупкий верхний слой (60–250 км), который называется астеносфера (в переводе с греческого — «бессильный шар»). На ее поверхности «плавают» плиты земной коры — основания континентов. Сама же астеносфера не находится в покое: за счет глубинных ядерных реакций и разницы в плотности неоднородных частей мантии вещество этого слоя перемещается. Вместе с ним приходят в движение плиты земной коры. Столкновение этих огромных образований приводит к деформации их краев и появлению

Земля в палеозое
была пронизана сетью разломов

складок — гор. Мы уже упоминали о том, что континентальная плита при соударении подминает под себя океанический пласт, который распределяется ниже в астеносфере.

Движения земной коры вызывали в палеозое такие геологические изменения, как поднятия суши и отступления океана. К началу этого периода на планете уже существовали крупные блоки коры континентов: Восточно-Европейская, Сибирская, Китайско-Корейская, Южно-Китайская, Северо-Американская, Бразильская, Африканская, Индостанская и Австралийская платформы. Значит, горообразовательные процессы обходили стороной эти «оазисы геологического покоя».

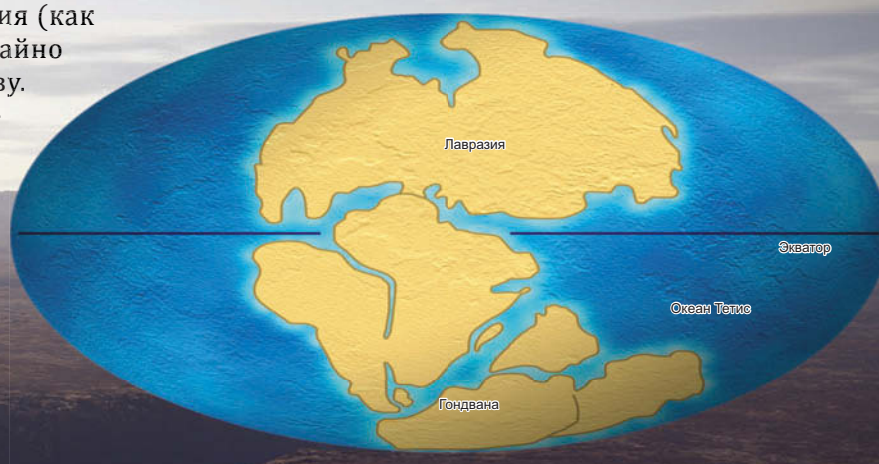
Как и раньше, вулканические лавы, пепел и газы поднимались из недр планеты по глубоким трещинам. Обломки древних плит и застывшая магма накапливались в районе подвижных геосинклиналей. Так в палеозойскую эру формировались новые континенты, а к небу вздымались только что появившиеся горы.

С точки зрения запасов полезных ископаемых палеозойские горообразования (как и предыдущие) оказались чрезвычайно необходимы будущему человечеству. Горы Урала, Алтая, территория ны-

нешнего Казахстана, запад Европы и Северная Америка получили в наследство от палеозойской эры обширные залежи руд, а останки болот и лесов превратились благодаря деятельности бактерий в угольные, нефтяные и газовые месторождения Подмосковья, бассейнов рек Волги и Печоры, Караганды, Донецка, а также Ирана и Северной Америки.

После раскола древнейшей Родинии сухопутная жизнь продолжалась на двух гигантских материках: Гондване на юге и Лавразии на севере.

К концу палеозойской эры Гондвана и Лавразия соединились в новый суперконтинент — Пангею. Дрейф материков продолжается до сих пор. Существует научное предположение, что они еще раз соединятся когда-нибудь в новый суперконтинент, который заранее получил имя Пангея Ульtima (окончательная). Хотя, учитывая вечные движения земной коры, вряд ли и это грядущее образование окажется «окончательным»...



Лавразия и Гондвана



Суперконтинент Пангея

Экзоскелет — шаг древних существ вперед (570 млн лет назад)

Уже в самом начале палеозоя эволюция живых организмов привела к появлению нового полезного приспособления: в течение короткого периода времени многие существа обзавелись внешним минеральным скелетом. Экзоскелет (от греческого «экзо» — внешний) защищал от опасностей внешней среды и помогал поддерживать форму тела постоянной, преодолевая земное притяжение, что стало особенно важным при выходе первых обитателей моря на сушу в недалеком будущем. Наличие у животных раннего палеозоя экзоскелетов облегчало жизнь в будущем палеонтологам, изучающим древнюю фауну, — в отложениях тех времен они стали обнаруживать не только косвенные признаки жизнедеятельности, но и прямые указания на существование древних организмов.

Появление в атмосфере и гидросфере достаточного количества свободного кислорода обеспечило жителей палеозоя источником доступной энергии. Ею воспользовались губки, моллюски, кораллы, трилобиты и плеченогие, сшивая из растворенных в морской воде солей прочные панцири или синтезируя специальную полисахаридную броню — хитин. Это новое приспособление оказалось столь удачным, что разные формы жизни одновременно воспользовались внешним скелетом независимо друг от друга.

Трилобиты — древнейшие членистоногие, обитавшие в мелководных морях палеозойской эры. Некогда эти организмы были очень многочисленны, но потом их становилось все меньше, и в итоге они вымерли.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Экзоскелетом пользовались не только многоклеточные, но и одноклеточные существа, такие как фораминиферы, обладавшие красивыми и сложно устроенными (только уж очень мелкими) раковинами. Если вы хоть раз держали в руках мел, значит прикасались к останкам древних фораминифер — их панцири в основном состоят из этой породы.

Кроме трилобитов, времена расцвета пережили и другие членистоногие. Из палеозойских ракообразных можно выделить аномалокарисов — гигантских креветок, у которых по бокам были гибкие лопасти для плавания.

Пионерами суши оказались, по всей видимости, защищенные экзоскелетом членистоногие: многоножки, скорпионы, насекомые, пауки.

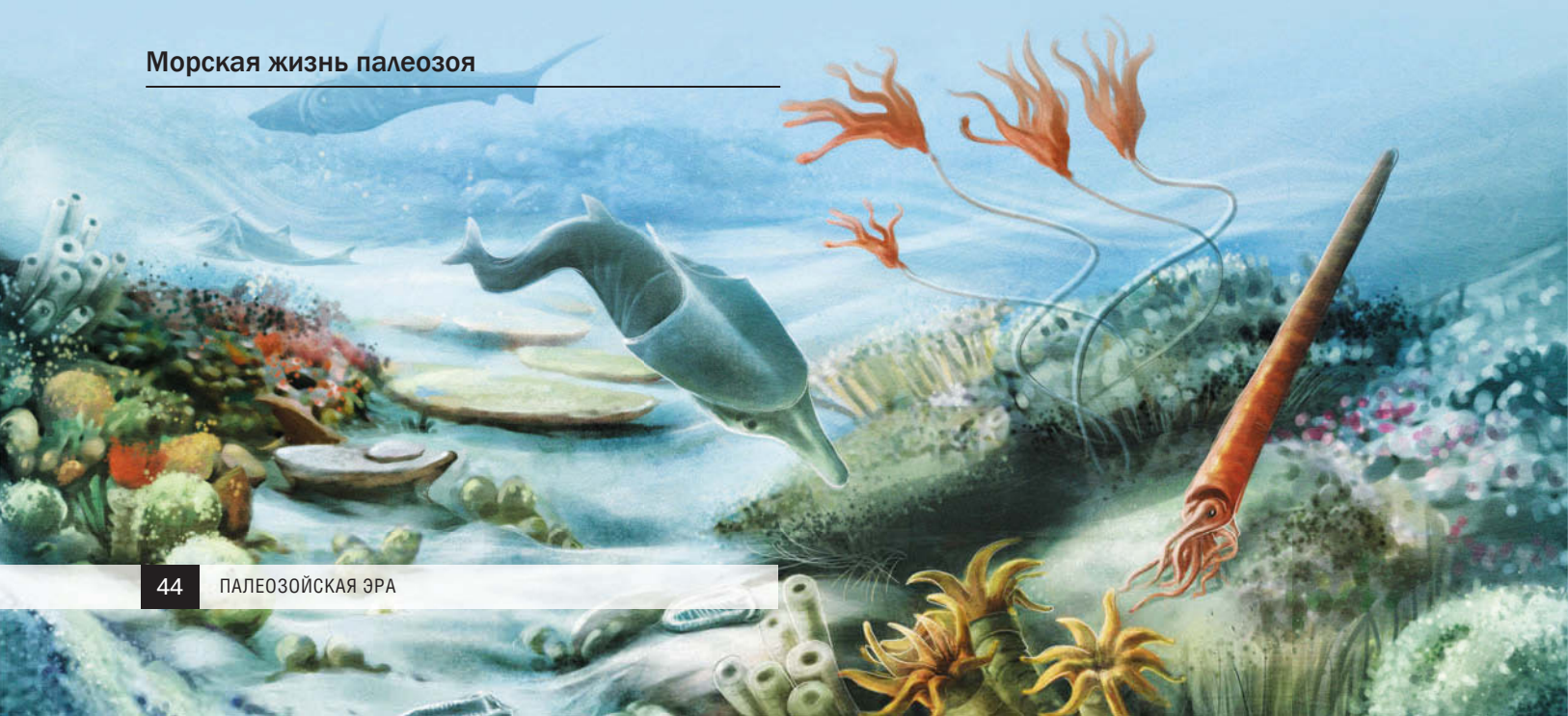
Период расцвета рыб также приходится на средний палеозой.

В отличие от обладателей экзоскелета, рыбы обзавелись более совершенным внутренним скелетом, который позволил сочетать конструктивную жесткость тела с гибкостью. Самые древние рыбы скелеты были из хрящей (как у современных акул и скатов), позже появились и костные скелеты.

Постепенно биосфера развивалась, сообщества становились сложнее, а пищевые цепочки длиннее. Палеозойской жизни уже не грозила вероятная катастрофа протерозойских времен, когда слишком разросшиеся водоросли могли убить большую часть жителей океана. Теперь в ответ на рост количества водорослей размножились и травоядные животные, а следом — хищники, которые ими питались. Хищники палеозойской эры становились крупнее — ракоскорпион птериготус, например, вырастал до 2 м и обладал внушительными клешнями.

Одновременно с развитием новых форм жизни отмирали существующие, хуже приспособленные к меняющимся условиям.

Морская жизнь палеозоя





Освоение суши древней жизнью

(480–450 млн лет назад)

В начале палеозойской эры на Земле преобладал сухой и теплый климат, напоминавший современный пустынный, хотя некоторые области сохраняли тропическую влажность. К концу палеозоя он стал холоднее.

В течение этого периода море и суша часто менялись местами.

В результате этих перемен в появляющихся мелких морях кипела жизнь, а на суше, которая еще недавно была дном водоемов, оставались обитатели, поставленные перед жестким выбором: приспособиться к новым условиям или погибнуть. Первыми на землю вышли растения — только они, будучи автотрофными (питающимися самостоятельно, фотосинтезирующими) организмами, могли поселиться на безжизненных камнях. У животных не было возможности заселить пустынную сушу первыми из-за отсутствия пропитания.

Растения псилофиты первыми шагнули на берега мелководных морей из воды. Они напоминали современные мхи: небольших размеров, без разделения на основные органы, характерные для высших растений. У псилофитов не было корней — их заменяли присоски-ризоиды, которые подходили

для беспочвенной планеты. У некоторых экземпляров не было даже стебля. По сути это были водоросли, которые впервые показались на неведомой им суше.

Древнейшие растения суши без органов и сосудов, которые у современных растений отвечают за проведение воды и питательных веществ к каждой клетке, были вынуждены целиком полагаться на диффузию воды. Поскольку ее скорость в твердых телах очень низкая, они либо оставались низкорослыми, как современные мхи, либо вынуждены были находиться у полосы морских приливов.

Однако процесс развития не остановить. Постепенно первые обитатели суши превращались в высшие растения и покидали водную среду обитания.

Бурное развитие жизни в палеозойскую эру подразделяют на несколько периодов.

К концу девона суша уже утопала в зелени. В следующий период с говорящим названием «каменноугольный» было положено начало современным месторождениям нефти, газа и угля — остаткам древних лесов.

Выход на сушу стимулировал живые организмы к еще большему видовому разнообразию, требуя новых и новых механизмов приспособления. В мелких девонских морях появились кистеперые рыбы, способные пережить кратковременную засуху, зарывшись в ил, и даже переползти в новый водоем. При этом они опирались на крепкие и сильные

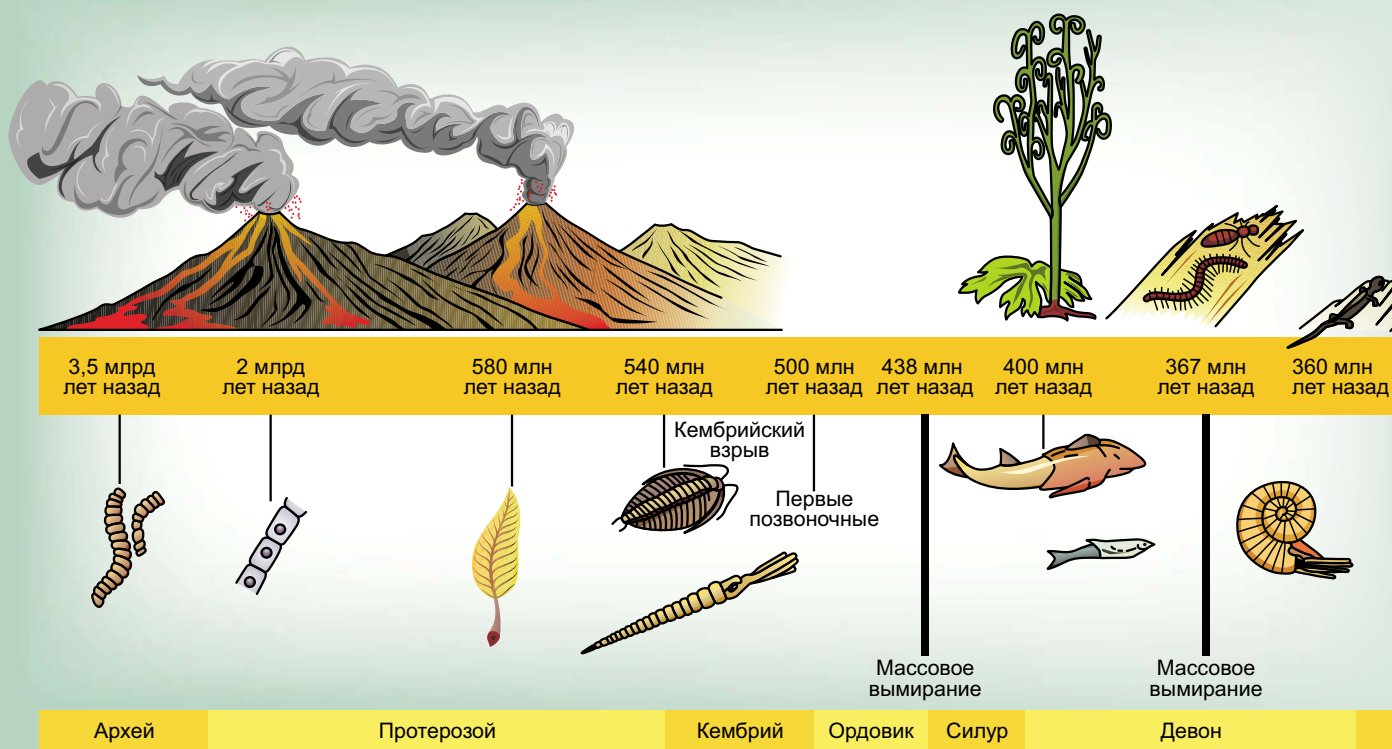
грудные плавники, от которых и произошло их название. Это были достаточно крупные (1,5–2 м) существа. Одна из таких рыб (латимерия) дожила до наших дней и была сравнительно недавно обнаружена в Индийском океане в районе Сейшельских и Коморских островов.

Увидеть латимерию можно в Зоологическом музее в Москве. Однако грудные плавники — не самое главное приспособление кистеперых рыб. Другое название этих существ — двоякодышащие. Кроме обычной для всех рыб системы жаберного дыхания, у латимерии было обнаружено подобие легких, которое позволяло дышать воздухом. Дело в том, что плавательный пузырь (который есть у кистеперых, как у большинства их сородичей) взял на себя функции газообмена, обычно происходящего в легких: он покрыт у двоякодышащих рыб густой сетью тонких кровеносных сосудов, через стенки которых в одну сторону поступает кислород, а в другую — выдается углекислый газ. Выйдя на сушу, кистеперые рыбы вполне могли стать ее первыми позвоночными обитателями и дать начало будущим земноводным. Вероятно, это произошло в конце силурийского периода.

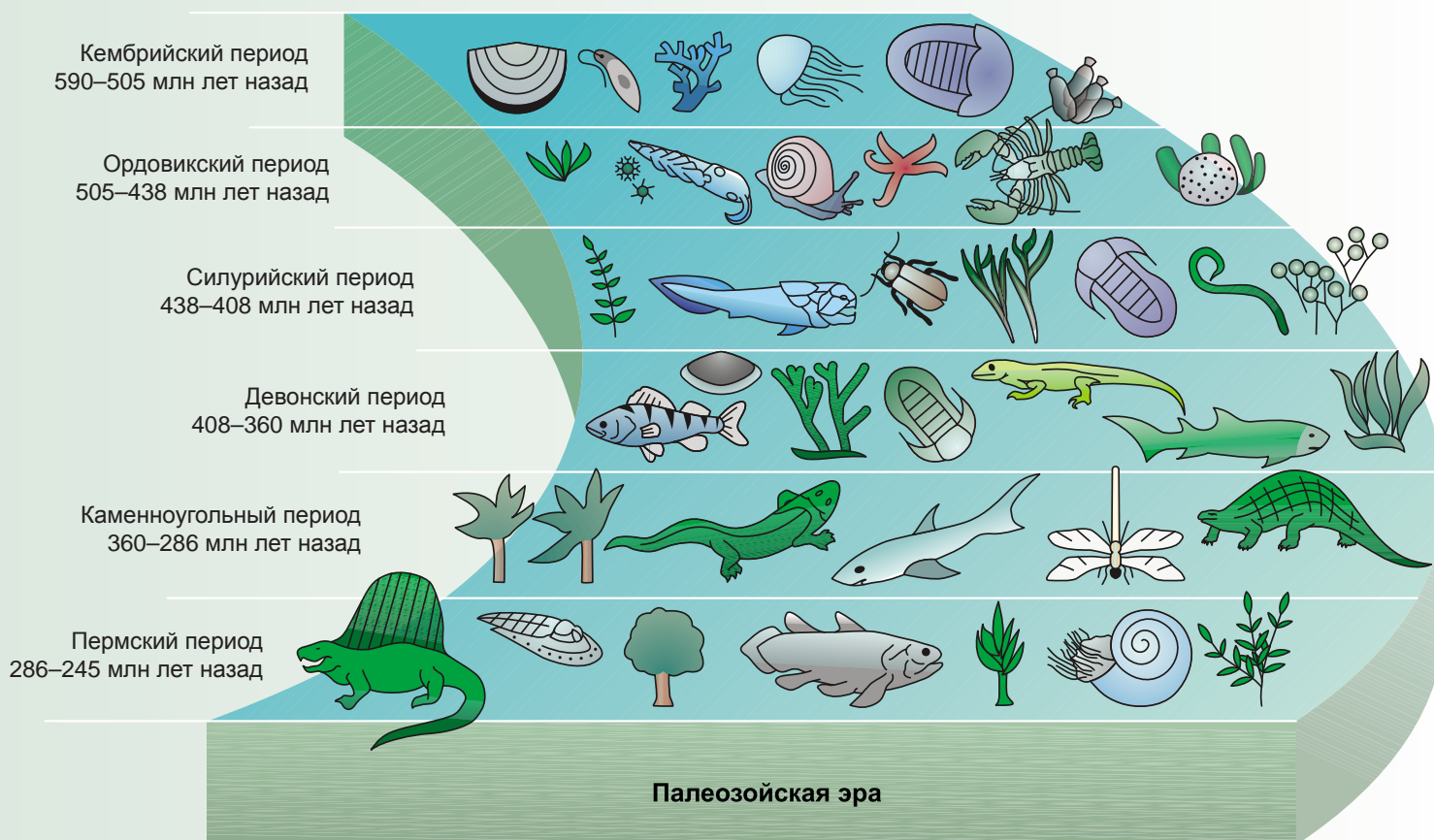
Вскоре среди земноводных появились первые крупные хищники. Одним из них был мастодон-завр (длина достигала 6 м, вес — 1000 кг), который жил в пресноводных озерах и болотах, питаясь рыбой.



Мох-печеночник — первопроходец суши?



Выход растений и животных на сушу



Периоды палеозойской эры

Его сходство с лягушками заключалось в том, что он не мог обходиться без воды и на сушу выползал лишь от случая к случаю. Позже, в пермском периоде, когда климат стал не таким влажным и водоемы пересохли, мастодонзавры вымерли.

Земноводные, даже выползая на сушу, сохраняли жизненную связь с водой, что отражено уже в самом названии этого класса. Они могут существовать лишь вблизи водоемов или во влажной среде. В особенности от нее зависит размножение земноводных: икра лишена защиты от пересыхания (скорлупа появится у пресмыкающихся только позднее), а ее оплодотворение тоже происходит в воде, как у рыб.

По-настоящему сухопутными позвоночными первыми стали не земноводные, а пресмыкающиеся (или рептилии), которые появились позднее, в конце палеозоя. Изначально все они заселили сушу, но потом многие вернулись обратно в воду, а некоторые, например птерозавры, освоили даже воздух. Яйца пресмыкающихся уже надежно были защищены от пересыхания скорлупой. Это давало возможность откладывать их на суше. Так, кстати, поступают даже морские черепахи, которые находятся в воде большую часть своей жизни. Развивающийся в яйце эмбрион имеет достаточный

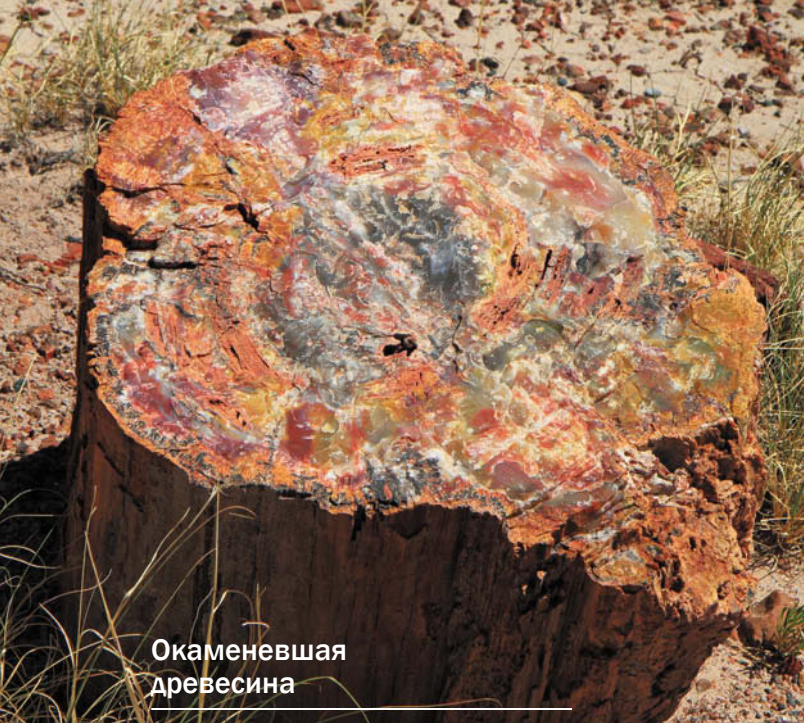
запас питательных веществ, сконцентрированных в желтке. На свет уже стал появляться вполне сформированный живой организм, а не личинка вроде головастиков.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Одним из самых ранних известных пресмыкающихся является небольшая (30–40 см) ящерица **никтифрурет**, останки которой были найдены в 1938 г. известным советским ученым-палеонтологом и замечательным писателем-фантастом **Иваном Антоновичем Ефремовым**. Он счел свою находку останками ночного животного, отсюда и название (в буквальном переводе с греческого — «несущий ночную стражу»). Как и всех рептилий, **никтифрурета** от внешних опасностей защищала плотная чешуя.

Как и среди других классов живых существ, у пресмыкающихся встречаются и хищники, и растительноядные. Самыми первыми примитивными рептилиями каменноугольного периода были, очевидно, звероподобные пеликозавры.

Именно от более поздних звероподобных ящеров произошли, по всей видимости, первые млекопитающие. Только случилось это гораздо позже — в последовавшую мезозойскую эру.



Окаменевшая
древесина



Папоротниковидные сосудистые растения

Развитие растений. Возникновение почвы (450–400 млн лет назад)

После того как сушу стали заселять мохоподобные псилофиты, растения сделали следующий важнейший шаг вперед — их тело стало делиться на органы, которые выполняли различные функции. В отличие от древних псилофитов и современных мхов, которые используют диффузию для

доставки нужных веществ к каждой клетке, эти растения были более сложно организованы — в их органах появились сосуды, поэтому более сложные растения называют сосудистыми. Ученые полагают, что они возникли 450 млн лет назад на севере древней Гондваны, а оттуда уже расселились по всему миру. Первыми сосудистыми растениями времен силура были плауны и их родственники. Плауны, живые посланцы палеозойской эры, процветают на Земле до сих пор.

Первые сосудистые растения были небольших (до 10 см) размеров, как и их мохоподобные предки. Вначале они также селились недалеко от водоемов. Однако прошло не так много времени — и из древовидных плаунов, хвощей и папоротников сформировались целые леса. Плауны лепидодендроны и хвощи сигиллярии покачивали пучками своих узких и длинных листьев на высоте уже 25–30 м от земли. У каламитовых гигантских плаунов листья делились на тонкие нити, которые создавали полутьму над древними болотами.

Сосудистые растения стали осваивать даже самые засушливые области планеты. Их средообразующая роль была огромна — ведь именно растительность задает темп развития во всяком биологическом сообществе и определяет набор видов животных. Вместе с сосудистыми растениями жизнь стала проникать во все уголки Земли.

Направленным вверх стволам отныне не были страшны песчаные заносы, которые вызывал ветер. Биохимия растений становилась сложнее, и на свет появился абсолютно новый тип ткани — древесина.

Ее возникновение в свою очередь привело к появлению новых живых существ, которые уже могли специализироваться на расщеплении новой трудноразложимой ткани растений. В природе эта роль закрепилась за грибами.

С появлением массивных деревьев обострилась проблема их прикрепления к земле: ризоидов для тяжеловесного ствола уже было явно недостаточно. Так у сосудистых растений появилась развитая корневая система. Корни скрепляли пески, а их отмиравшие останки смешивались с неорганическими частицами, образуя почвы. До палеозойской эры на суше не было ничего, похожего на привычную нам почву, — только камни и пески.

Значение появления первых сосудистых растений для палеозойской биосферы невозможно переоценить. Благодаря ему началось отложение почв, которое снабдило будущие поколения организмов ресурсом органических веществ, суровый климат смягчился, разнообразие биологических сообществ резко возросло. Выйдя из воды, жизнь преобразила облик планеты. Впервые стало возможным появление роющих и лазающих животных с приспособленными для этого конечностями.

Гибель 9/10 форм жизни

(252–250 млн лет назад)

Как мы уже знаем, осадочные породы — это своеобразные пошаговые снимки времени. Слой за слоем они хранят останки живых организмов в той последовательности, в которой они жили на Земле. Каково же было изумление ученых, обнаруживших, что в течение 4–5 млн лет после пермского периода палеозойской эры эти породы практически не содержали останков живых организмов. Попытки ученых найти хотя бы микроскопические раковины фораминифер и радиоларий, обломки коралловых рифов или залежи угля, относящиеся к тем временам, так и не увенчались успехом. Ни на одном континенте — от Евразии до Антарктиды — следов жизни, которые бы принадлежали тому периоду, попросту нет. Приходится признать, что в конце палеозоя произошла какая-то таинственная катастрофа, отбросившая Землю назад в безжизненное состояние. Эта катастрофу называют массовым пермским вымиранием.

Это было не первое и не единственное вымирание жизни на нашей планете, но, пожалуй, самое катастрофическое из всех.

После такого события планета не досчиталась около 90 % своих жителей. Эта катастрофа даже более значима, чем известное вымирание динозавров, произошедшее позднее. Среди множества погибших видов были известные нам трилобиты и некоторые моллюски, хвощи и плауны, которые

царствовали на Земле, заметно сократили свое разнообразие.

Ученые выдвигали много различных версий возможных причин катастрофы, но ясной картины произошедшего у науки нет до сих пор. Скорее всего, этому послужило сразу несколько причин.

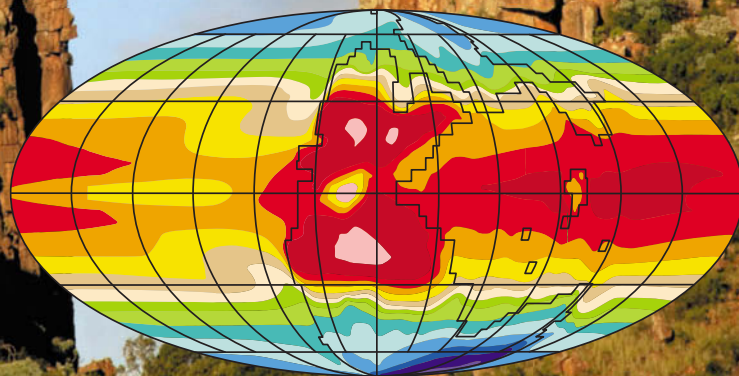
Среди них могло быть внезапное потепление, которое привело к химическим изменениям в водах океана и в атмосфере. В таком случае жизнь мог убить дефицит кислорода. Если это сопровождалось снижением влажности климата, превратившим планету в пустыню, то результат вполне мог оказаться катастрофическим.

Существует версия космического бедствия — падение серии крупных метеоритов либо столкновение Земли с астероидом диаметром в несколько километров. При этом вполне вероятно выделение энергии, которая равна одновременному взрыву миллионов ядерных бомб. Такое событие вполне могло заставить угаснуть жизнь на нашей планете.

В настоящее время наиболее популярна гипотеза об усилении деятельности вулканов, погубившем все живое. Особенно парадоксально, что именно эти огненные горы, как мы помним, во время протерозойского оледенения помогли Земле оттаять и восстановить жизнь.

Эта версия кажется весьма правдоподобной: вполне можно представить, что потоки огненной лавы, частые выбросы вулканического пепла, закрывающие вместе с облаками ядовитых газов солнечный свет, в пермском периоде действительно могли вызвать изменение облика Земли и, как следствие, массовую гибель всего живого.

Национальный парк Кару (Южная Африка)



Температурный режим на Земле в период пермского вымирания

Мезозойская эра

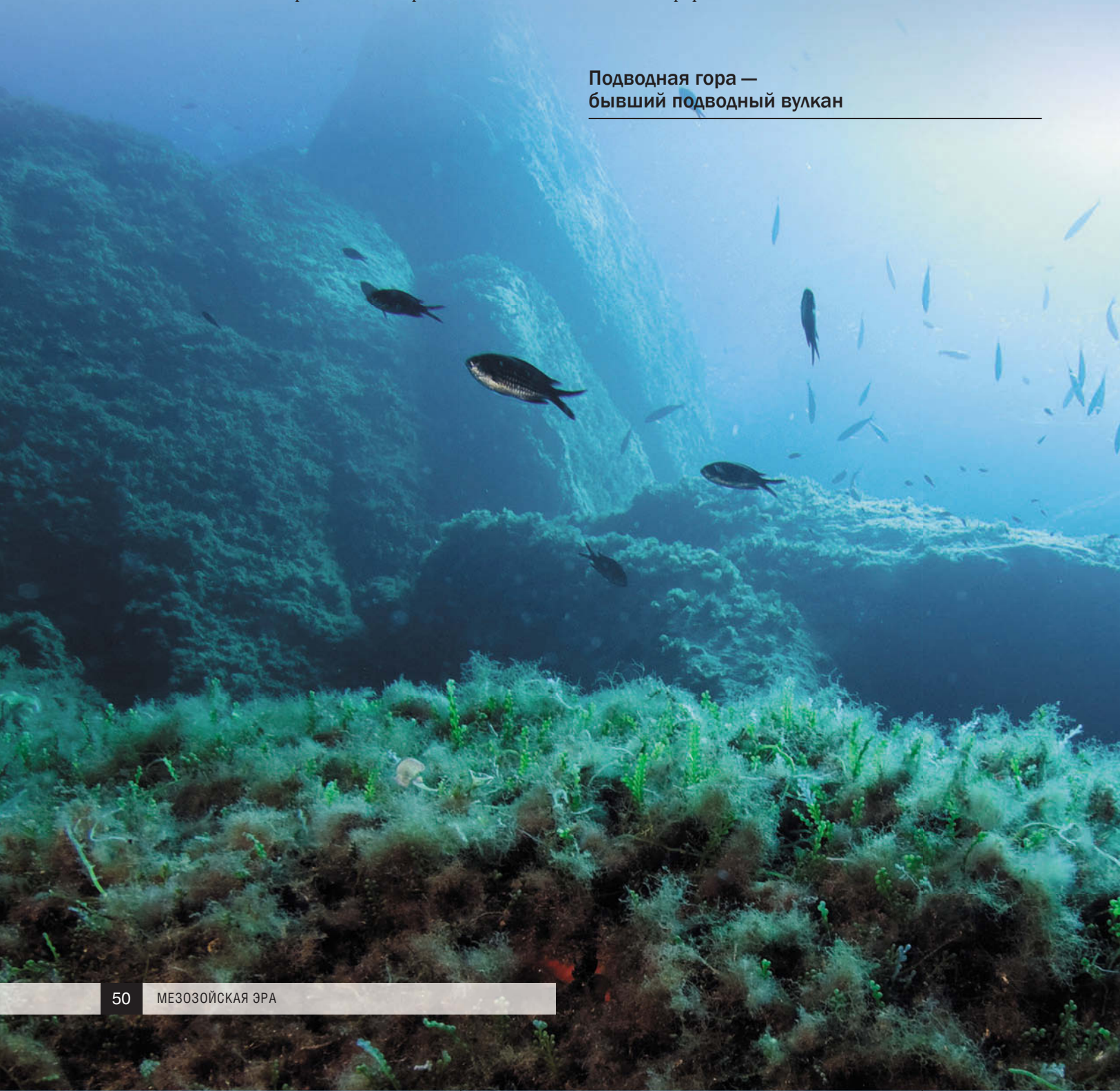
(250–65 млн лет назад)

Мезозойская эра (от греческих слов «мезос» — средний и «зоя» — жизнь) началась 250 млн лет назад и длилась 185 млн лет. На протяжении этого временного периода земные континенты постепенно принимали привычные для нас очертания. В начале мезозоя произошло очень значимое событие — земная кора оказалась рассечена

глубокими трещинами. Как и прежде, эти разломы явились каналами выхода на поверхность расплавленной магмы. Когда буйство земных недр прекратилось, образовавшиеся глубокие впадины заполнила вода.

Теплый климат способствовал бурному развитию биосферы.

Подводная гора —
бывший подводный вулкан





Подобные вулканические процессы происходили в мезозое

Конец Пангеи

(250–150 млн лет назад)

Когда именно распалась Пангея, сегодня никто не скажет. Однако исследования глубин Атлантического океана на севере показали, что даже самым древним участкам типично океанической коры не более 160–180 млн лет. Несложный расчет ($250 - 160/180 = 110/70$) показывает, что процесс распада Пангеи (ведь истинно океаническая кора появилась на месте континентальной) занял очень длительный промежуток времени — 100 млн лет или немного меньше. Вначале две гигантские части Пангеи — Гондвана и Лавразия разошлись, потом они стали дробиться на континенты поменьше.

Глубокие впадины, разделившие континенты, стали современными океанами.

Лавразия, которая находилась на севере, разделилась на Северную Америку и Евразию. Остальные материки (да еще и полуостров Индостан, который входит теперь в состав Евразии) оказались осколками Гондваны. Никогда за всю историю Земли моря и суша не менялись местами столь интенсивно, как это происходило в начале мезозоя.

В начале мезозойской эры океаны занимали меньшую часть земной поверхности, но уже в середине этого периода под водой оказались и современная Центральная Европа, и части Африки и Австралии. Об этом свидетельствуют характерные морские отложения середины мезозоя, обнаруженные на некоторых нынешних континентах.

Только в конце мезозойской эры, когда формирующиеся континенты окончательно разошлись по сторонам, площадь суши, залитой водой, приблизилась к привычной нам сейчас — две трети от всей поверхности планеты. Окончательное разделение последних соединенных вместе фрагментов Гондваны — Антарктиды и Австралии — произойдет только в следующую кайнозойскую эру, о чем будет сказано ниже.

Неоспоримо, все геологические катаклизмы былых эпох неизменно приносили пользу будущему человечеству, пополняя запасы полезных ископаемых. Мезозой не был исключением: в эту эру практически на всех континентах появились месторождения нефти и газа, обнаруженные сейчас в Персидском заливе, Западной Сибири, Средней Азии. Все это — наследие мезозойской эры. Оно включает также примерно 37 % мировых угольных запасов, которые сконцентрированы преимущественно в Северном полушарии — в предгорьях Кордильер, Скалистых горах, северо-восточной Азии. В России мезозойские угли находятся в бассейне реки Лены и Якутии.

В это время происходило накопление бокситов — сырья для получения алюминия. Типично мезозойские отложения этого ископаемого были найдены в странах Средиземноморья — Испании, Греции, Франции.

В этот геологический период появились гигантские залежи солей: так в конце эры возникли пласты фосфоритов на севере Африки. Кроме того, по разломам в земной коре из недр продолжала подниматься расплавленная магма, что приводило к появлению рудных месторождений в самых разных уголках Земли.

Леса, в которых гуляли динозавры

(230–65 млн лет назад)

Палеозойская эра отличалась достаточно суровым климатом, но после ее окончания на Земле стало очень тепло (как мы помним, это внезапное изменение климата — одна из гипотетических причин массового пермского вымирания в конце палеозоя). В мезозойскую эру среднегодовая температура Земли превышала нынешнюю на 10–15 °С, мелкие моря раннего ее этапа прогревались до 16 °С, а позднего — до 26–28 °С.

Возможной причиной климатического изменения мог быть все тот же парниковый эффект, который вызвала бурная деятельность вулканов.

После пермского вымирания заросли гигантских плаунов и древовидных папоротников утратили свое бывшее господство в мире флоры. Им на смену пришли новые растения с более высокой организацией — голосеменные.

Они обладали большей приспособленностью за счет того, что не нуждались в воде для размножения, а их пыльцу на большие расстояния мог переносить ветер. В отличие от спор, оболочка семени этого класса растений полностью обеспечивала свое новое поколение питательными веществами. Благодаря ей такое семя могло долго сохранять жизнеспособность, даже оказавшись в неблагоприятных условиях. Обладая такими неоспоримыми преимуществами перед другими группами растений, голосеменные вскоре заселили всю планету. Хвои, плауны и папоротники были оттеснены в ту экологическую нишу, которую они занимают и по сей день: отныне их место — в тени, на заболоченных берегах мелких водоемов или камнях.

Бурное развитие и расселение голосеменных продолжалось в течение почти всего мезозойского периода.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Некоторые из голосеменных растений той поры дожили и до наших дней. Одно из них — дерево гинкго, настоящее живое ископаемое. Его сейчас используют для украшения парков.

К этому времени также относится появление на Земле первых гигантских секвой. Их потомки и поныне — самые крупными представители растительного мира на нашей планете.

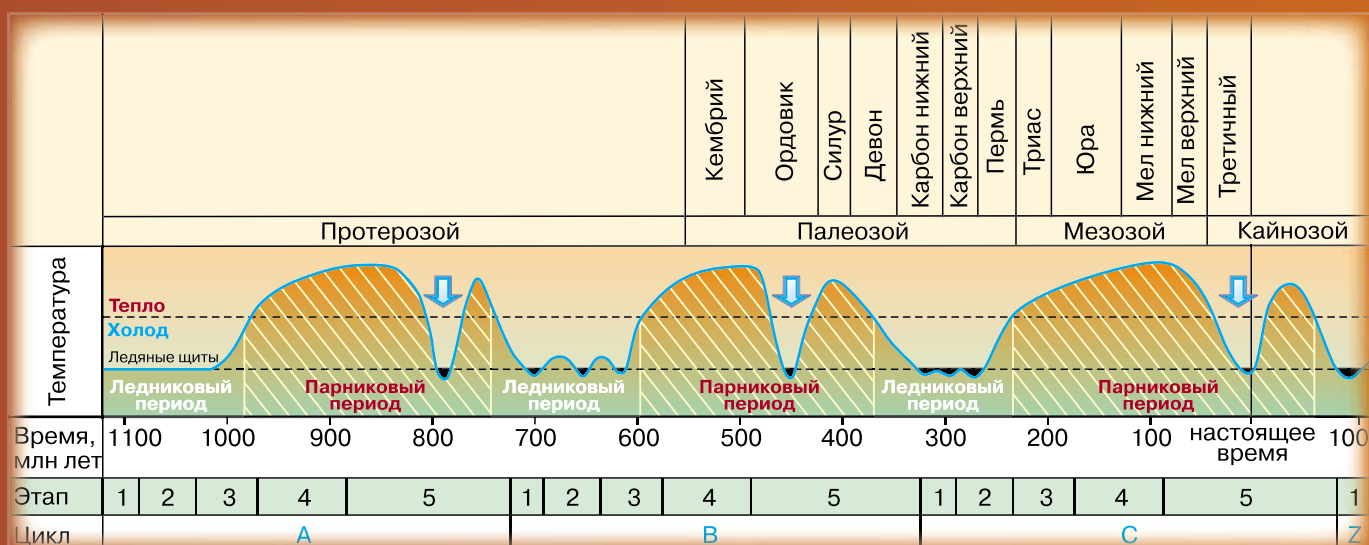
Хвоя голосеменных растений содержит мало органических веществ, поэтому подавляющее количество избыточного углерода выделяется ими в форме углекислого газа (важно помнить, что хоть растения и поглощают углекислый газ при фотосинтезе, они, как и остальные живые существа, выделяют его при клеточном дыхании). Именно поэтому во времена господства голосеменных атмосфера быстрее насыщалась углекислым газом, из-за чего возникал парниковый эффект и повышалась температура окружающей среды.

К концу мезозоя в растительном мире происходят новые изменения. На Земле появляются наиболее развитые покрытосеменные (или цветковые) растения. От остальных растений они отличаются тем, что их цветок обладает пестиком — специальным приспособлением для улавливания и проращивания пыльцы.

Нижняя часть пестика, завязь, не что иное, как пустая камера, предназначенная для развития будущего плода. Из-за наличия такого защитного покрова растения и получили свое название — покрытосеменные. Они обладают более совершенной системой проводящих тканей (сосудов), поэтому обмен веществ в частях таких растений проходит быстрее. Нетрудно догадаться и о происхождении второго названия — цветковые.

Именно покрытосеменным растениям удалось заключить благотворный союз с насекомыми, птицами и животными, то есть вступить в отношения

Сухая саванна,
одна из природных зон триаса



Температура на Земле в геохронологические эпохи

сложных симбиозов. Яркие и душистые цветы этих новых жителей мезозойских лесов привлекали к себе множество желающих для опыления.

Как и прежде, новый виток развития биосферы начался именно с растений: цветковые вскоре были представлены множеством трав, кустарников и деревьев. Насекомые в свою очередь стали процветающим классом существ в животном царстве. По своему видовому разнообразию (более миллиона видов) они впереди и сейчас.

Невероятно размножившиеся на Земле насекомые оказались важнейшим звеном большинства пищевых цепочек планеты. Так, эволюция растений в очередной раз привела к всплеску разнообразия биологических сообществ. Одновременно с ней шло бурное развитие других организмов.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Необходимо также упомянуть и о возросшей роли в пищевых цепочках покрытосеменных растений.

Насекомые питались их нектаром, а мясистые сочные плоды стали основной пищей для многих птиц и животных. Растениям же только того и надо: будучи съеденными, их семена могли распространяться на новых территориях.

Таким образом, мезозойская эра была отмечена двумя волнами эволюции растений, каждая из которых сильно изменила мир того времени. Первая (ранний мезозой) ознаменовала развитие и распространение голосеменных растений, вторая (поздний мезозой) связана с воцарением на планете покрытосеменных. К концу этого периода появляются многие знакомые нам теплолюбивые цветковые растения: эвкалипты, магнолии, платаны, олеандры, коричневые лавры, ореховые и тюльпановые деревья. Там, где климат был прохладнее, стали расти березы, дубы, буки, вербы и другие зеленые обитатели лесов средней полосы. Большинство растений, которые мы видим вокруг, родом из мезозойской эры.

Царство динозавров

(225–65 млн лет назад)

Если бы у нас была машина времени, путешествие в мезозойскую эру показалось бы, возможно, самым удивительным. На теплом ветру шумели необъятные хвойные леса, густо поросшие папоротниками, в них водились грозные ящеры, которые весили больше, чем несколько современных слонов.

Невиданные чудовища заселили моря, а иные освоили даже воздух. Нам сложно даже представить себе тех гигантских животных, которым принадлежала Земля 225–65 млн лет назад.

Засушливый климат начала мезозоя, исчезновение многих озер и болот, наступление пустынь — все эти события поставили точку в существовании многих жителей суши, так и не сумевших окончательно преодолеть зависимость от водоемов. Эпоха земноводных на нашей планете закончилась. Новыми хозяевами жизни стали пресмыкающиеся. Из тех времен до сегодняшних дней дожили черепахи и гаттерии.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Странная трехглазая гаттерия (туатара), пожалуй, самая древняя из рептилий, еще заставших на планете динозавров. Внешне это животное напоминает ящерицу, но при ближайшем рассмотрении отличается от нее так сильно, что для гаттерии пришлось создать персональный отряд в классификации пресмыкающихся — клювоголовые.

Вначале появились относительно небольшие динозавры (от греческих слов «дейнос» — ужасный и «заурос» — ящер), рост которых достигал 5–6 м. Название этим существам предложил английский биолог Ричард Оуэн в 1842 г. После описания первых найденных в то время окаменелых костей, казавшихся невероятными из-за своих

размеров, он пришел к выводу, что они принадлежали «ужасным ящерам».

С течением времени исследователи не уставали удивляться разнообразию форм тела, образу жизни и гигантским размерам ящеров. Установившийся на Земле теплый климат и распространение новых (образованы голосеменными растениями) лесов вызвали бурный всплеск эволюции динозавров — все новые и новые их виды заселяли сушу, пресные водоемы, моря и атмосферу.

Уже в середине мезозоя земля содрогалась под поступью ящеров (самые внушительные по размерам животные всегда травоядные), длина тела которых вместе с хвостом достигала 25–30 м, а вес — 50 т. Чтобы еще лучше представлять себе размеры древних динозавров, вспомним синего кита — крупнейшее на Земле современное животное. Это 33-метровый гигант, вес которого может достигать 150 т. В мезозойской эре самым знаменитым хищником был тираннозавр рекс с длиной тела более 15 м.

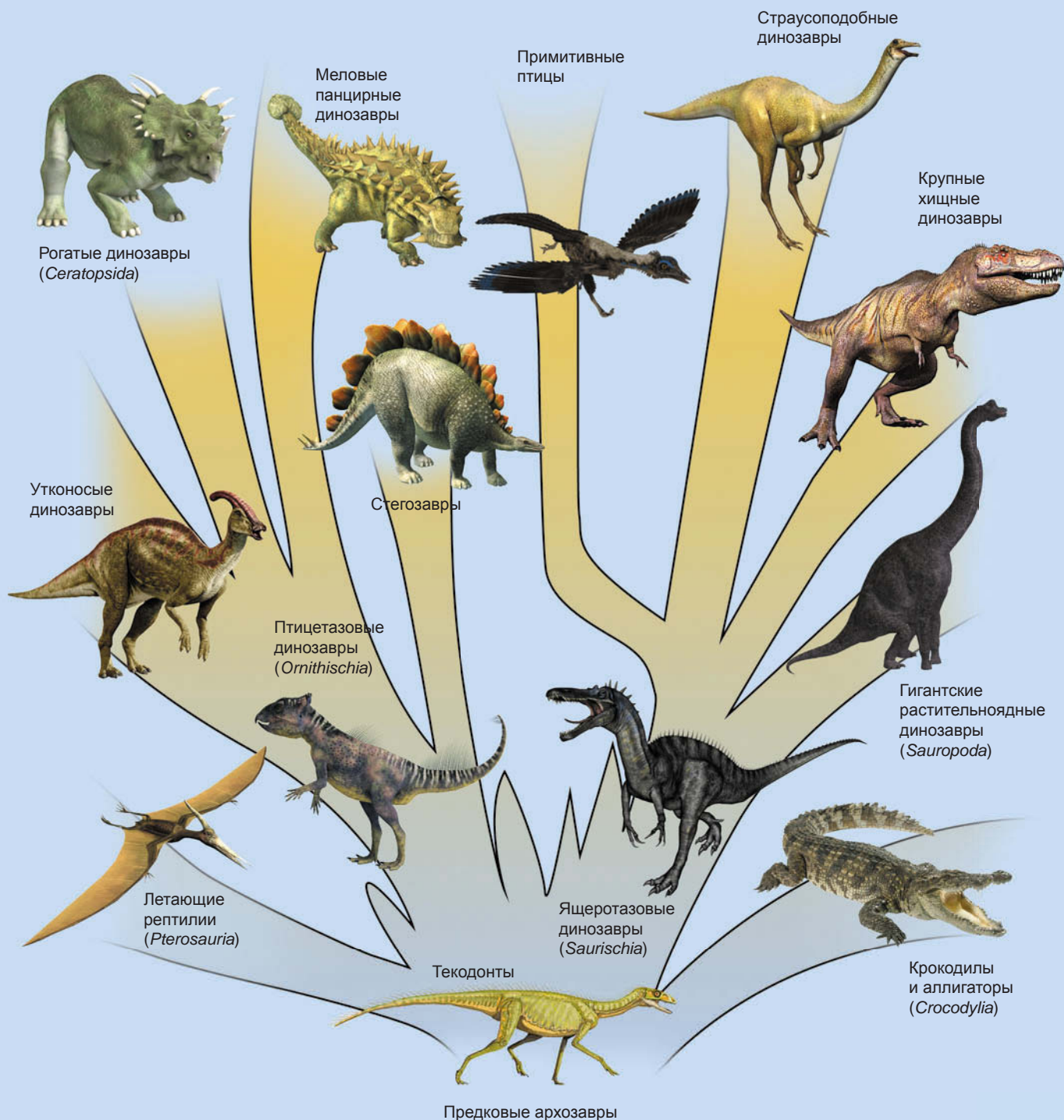
В то время как тираннозавры и подобные им гигантские хищные ящеры царствовали на суше, моря принадлежали ихтиозаврам («рыбоящерам»), тела которых были идеально приспособлены для жизни в воде.

Большинство травоядных гигантов передвигались на четырех конечностях, в то время как хищники предпочитали быстро бегать на двух. Шустрый небольшой велоцерептор ухитрялся длинными задними ногами еще и атаковать добычу, опираясь на хвост и разрывая ее серповидными когтями.

Большую часть мезозоя шла отчаянная конкурентная борьба за выживание разных видов травоядных и хищных динозавров. Некоторые гиганты (брахиозавры, диплодоки и еще более чудовищные суперзавры) проводили все время в положении стоя на дне пресноводных водоемов — только маленькая голова показывалась из воды. Другие

Велоцерепторы — небольшие, но грозные хищники





Эволюция позвоночных в триасовом и меловом периодах

же, несмотря на гигантские размеры и вес больше, чем у современного слона, перемещались быстрее ланей. Некоторые травоядные гиганты объединялись в стаи, чтобы противостоять нападениям хищников.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Одним из наиболее своеобразных ящеров был анкилозавр, с рогами на голове, шипами, костяными пластинами и хвостом, напоминающим гигантскую

булаву. Рога на голове были также у динозавра трицератопса.

Земля принадлежала динозаврам десятки миллионов лет — их не упрекнешь в неумении приспособиться к условиям жизни. В настоящее время исследователями описано более 250 разных видов древних ящеров, однако до сих пор постоянно обнаруживаются все новые и новые останки, требующие изучения.

Появление первых млекопитающих

(240 млн лет назад)

Когда Земля, казалось бы, уже всецело принадлежала ужасным ящерам, стали появляться маленькие невзрачные животные, совсем не похожие на динозавров. Это были первые млекопитающие. Если бы динозавры могли проявлять высокомерие, они, вероятно, усмехнулись бы при виде столь неказистых конкурентов. Эти млекопитающие поначалу, и правда, довольствовались весьма скромными ролями в биологических системах мезозоя. Однако практически с самого начала их возникновения стало понятно, что будущее планеты отныне принадлежит им.

В чем же заключались преимущества нового класса животных? В отличие от ящеров, температура их тел была постоянной и не зависела от погоды. У пресмыкающихся обмен веществ целиком определялся температурой среды обитания: пока вокруг по-мезозойски тепло, грозные тираннозавры и птеродактили активно перемещались и летали, но как только становилось холоднее, движения рептилий приобретали вялость и теряли точность. В это же время млекопитающие отлично себя чувствовали.

Еще одно важнейшее преимущество млекопитающих становится понятным прямо из названия класса: это животные, которые выкармливали детенышей собственным молоком (от латинского *mamma* — грудь), поэтому у них мягкие губы, приспособленные для этого, — инструмент питания в раннем детстве.

Млекопитающие рождали живых детенышей, а не откладывали яйца. Хотя и тут не обошлось без исключений: самые примитивные из них — ехидна и утконос, живущие в Австралии, — как и их древние предки, откладывают яйца, при этом являются теплокровными, а вылупившихся детенышей выкармливают молоком.

Млекопитающие почти всегда покрыты шерстью, ведь при температуре тела выше окружающей среды ее нужно поддерживать постоянной, избегая переохлаждения. Шерсть оказалась идеальным для этого инструментом и важнейшим приспособлением, которое этот класс получил в процессе эволюции. Будучи защищенными от холода, его представители смогли заселить уголки планеты с самыми суровыми погодными условиями.

Теплый климат на время создал райскую среду обитания для пресмыкающихся — на планете произошел расцвет эпохи ящеров. Однако уже в конце мезозойской эры новый класс млекопитающих был представлен во всех земных экосистемах.

Сейчас трудно сказать, где появились первые из них от своих пресмыкающихся предков. Можно отметить, что еще звероподобные

пеликозавры обзавелись важными чертами строения тел, которые вполне могли пригодиться будущим млекопитающим.

Хищные и травоядные пеликозавры жили за 280 млн лет до прихода на Землю первых млекопитающих. У этих животных были схожие черты: у древних рептилий передние зубы похожи на резцы млекопитающих, были также и массивные клыки, а глубже в пасти находились жевательные зубы, напоминающие коренные у млекопитающих.

Другие возможные кандидаты в предки млекопитающих — пресмыкающиеся терапсиды. У них форма черепа и зубов походила на те, которыми обладали млекопитающие. Конечности у терап-



Джонкерия (разновидность терапсидов) — далекий предок млекопитающих

сидов уже не располагались по бокам туловища, а подпирали его сзади и спереди, точно так же, как это было устроено у млекопитающих.

Разумеется, для возникновения млекопитающих эволюция должна была выбрать и закрепить ряд принципиальных изменений (мутаций), которые накапливались бы у некоторой группы рептилий. Для того чтобы по отношению к данным мутациям действовал положительный естественный отбор, они должны были приносить пользу своим обладателям, давать преимущества для выживания, которыми стали более сложная нервная система, позволившая лучше приспосабливаться к различным условиям обитания, органы для развития эмбриона внутри тела самки (а не в яйце), смена места расположения конечностей на теле (не по бокам, а под туловищем), возникновение молочных желез и ряд других.

В горных породах середины мезозоя найдены останки странных небольших животных, получивших название трехбугорчатые за форму коренных зубов. Эти животные по своему строению были близки к насекомоядным млекопитающим. Есть гипотеза, что обнаруженные существа были предками сумчатых и плацентарных. Наиболее интересным является предположение, что трехбугорчатые были мелкими животными, которые поедали яйца гигантских динозавров и тем самым способствовали будущему вымиранию ящеров.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Способность поддерживать постоянную температуру тела выше окружающей среды, очевидно, была результатом целого ряда последовательных изменений в системах дыхания и кровообращения. Одним из них было появление четырехкамерного сердца — органа, который способен иметь дело с артериальной и венозной кровью одновременно, не смешивая их. (Напомним, что из современных пресмыкающихся почти четырехкамерными сердцами обладают крокодилы.) Высокая температура тела увеличила скорость биохимических реакций и обмена веществ. Это, в свою очередь, привело к необходимости ряда важных изменений в пищеварительном тракте, а также потребности в измельчающих пищу зубах и челюстной мускулатуре.

В середине мезозойской эры появились первые птицы.

Их предками, как и у млекопитающих, были рептилии, от которых птицы отличались тем, что прежде всего были способны поддерживать постоянную высокую температуру тела. Чешуя пресмыкающихся преобразовалась в перья, которые

выполняли несколько функций сразу: инструмент для осуществления полета, а также защита тела от переохлаждения. Самая первая из известных науке птиц — археоптерикс (буквально «первоптица»). Она еще не умела хорошо летать, но, очевидно, использовала крылья для перемещения с дерева на дерево. У археоптерикса также сохранялись черты рептилии: клюв был усеян зубами, а крылья заканчивались небольшими коготками. По размеру первоптица напоминала ворону.

Когда на закате мезозоя произошло похолодание, особенности строения птиц и млекопитающих приобрели решающее значение для выживания. Дни холоднокровных гигантов оказались сочтены. Они уступали свое место более развитым теплокровным существам.



Эволюция млекопитающих

Изменение климата

(70–65 млн лет назад)

Мезозойская эра отличалась самым теплым климатом за всю историю нашей планеты. В конце этого периода на Земле стали преобладать цветковые растения, вытеснившие голосеменные, про которые мы знаем, что большую часть избыточного углерода они выделяли в виде углекислого газа. Цветковые же растения имели способность связывать ненужный им углерод в более тяжелых соединениях — атмосфере при этом его доставалось намного меньше. В результате уровень содержания углекислого газа в воздухе снизился, парниковый эффект ослабел, температура стала падать. К концу мезозоя на Земле сильно похолодало. В широтах, давно не знавших суровых зим, появился снег. Климат стал очень напоминать современный.

Мы не впервые рассматриваем изменения климата, которые становились причиной массовых вымираний живых организмов. Похолодание в конце мезозоя принесло гибель гигантским ящерам. Впервые логическую связь между исчезновением динозавров и понижением температуры воздуха предложил американский исследователь Роберт Бэккер. Он подсчитал, что крупные динозавры двигались, вероятно, со скоростью до 30 км/ч, а небольшие ящеры могли разгоняться до 50–80 км/ч. Этот темп движения похож на тот, который мы наблюдаем у современных теплокровных животных, следовательно, и обмен веществ динозавров должен быть близок по

интенсивности к показателям нынешних млекопитающих.

Как же динозавры могли поддерживать такой уровень обмена веществ после похолодания: ведь температура их тел снижалась одновременно с температурой окружающей среды, а скорость химических реакций при этом неизбежно замедлялась? Для таких гигантских рептилий зимняя спячка тоже не была приемлемым выходом из ситуации. Поэтому похолодание в конце мезозоя — наиболее вероятная причина вымирания динозавров. Это произошло около 65 млн лет назад.

Такая гипотеза не единственная — слишком долго динозавры господствовали на планете и очень быстро исчезли с ее лица. Катастрофа, называемая мел-кайнозойским вымиранием, унесла жизни не только самих динозавров, но и сильно отличавшихся от них ящеров океана, летающих рептилий, а также уничтожила массу моллюсков (аммонитов, белемнитов и других) и водорослей. Земля не досчиталась около 16 % морской и около 18 % сухопутной фауны.

Потери оказались велики, но до масштабов великой пермской катастрофы им было все же еще далеко. Большинство животных и растений сумело выжить, несмотря на похолодание в конце мезозоя. Продолжили свое существование и многие рептилии: змеи, черепахи, ящерицы и крокодилы. Первенство заполучили птицы и млекопитающие. Сохранились кораллы. Пережить мел-кайнозойскую катастрофу не смогли лишь те обитатели планеты, которые были слишком привязаны к теплому климату.

Похолодание и исчезновение доступного растительного корма могли стать причинами вымирания травоядных динозавров

Случившееся вымирание было таким скоротечным, что не все ученые готовы объяснять его одними лишь изменениями климата. Так появились различные гипотезы. Среди них есть попытка объяснения оскудения биосферы, к которому привели космические катастрофы. В качестве возможных причин назывались взрыв сверхновой звезды недалеко от Солнечной системы, повышение уровня солнечной радиации и, конечно же, возможное падение на Землю гигантских метеоритов либо столкновение с астероидом.

Все эти гипотезы оспариваются теми, кто считает случившееся результатом борьбы за выживание, которая обострилась, когда условия жизни на Земле резко изменились. При этом совершенно естественно то, что более прогрессивная группа живых существ вытеснила менее приспособленных. Поэтому господствующей среди гипотез является рассмотренная выше биосферная версия, согласно которой развитие покрытосеменных растений и последовавшее за этим похолодание на планете предопределили гибель динозавров. Стоило вечному лету смениться климатом с зимними холодами, как травоядные ящеры стали массово гибнуть, оставшись без корма. Их исчезновение вызвало неизбежное вымирание хищных динозавров.

Когда планета освободилась от господства ящеров, на ней в короткие сроки появились новые разнообразнейшие формы жизни — наступала эра млекопитающих и птиц. Гибель динозавров открыла перед ними невиданные возможности, и они поспешили занять освободившиеся экологические ниши.



После массового вымирания конца мезозойской эры аммониты остались лишь в окаменевшем виде



Иные версии вымирания динозавров

Как только устанавливается факт какого-либо масштабного вымирания биосферы в прошлом, тут же появляется соблазн объяснить древнюю катастрофу столкновением Земли с таинственным небесным телом. Ведь при подобных соударениях выделяемая энергия превышает в тысячи раз ту, которая высвободилась бы при одновременном взрыве всех ядерных бомб, накопленных человечеством на сегодняшний день. Мел-кайнозойское вымирание не было исключением, поэтому версия космического удара рассматривалась одной из первых.

Как могла бы выглядеть подобная космическая катастрофа?

...Земная кора содрогается в сильнейших землетрясениях, на сушу повсеместно обрушиваются вызванные ими цунами, над поверхностью планеты проносятся небывалые ураганы. Гигантские столбы пыли, попавшие в воздух после соударения небесных тел, превращают день в ночь на несколько лет: солнечные лучи не доходят до поверхности Земли и наступает многолетняя зима. Лишенные света растения прекращают свой рост, а зависящие от них животные начинают массово вымирать.

Картина впечатляющая. В поддержку этой гипотезы следовало бы отыскать подходящий кратер, который должен был остаться на месте удара от падения небесного тела. Подсчитав возможный вес астероида, который предположительно убил мезозойскую жизнь, сторонники данной версии остановили свое внимание на кратере около поселения Чиксулуб на полуострове Юкатан в Мексике, Гигантскую впадину 65 млн лет назад (как раз во

время исчезновения динозавров) был способен оставить астероид в диаметре примерно 10 км. Из астрофизики мы знаем, что такие гигантские астероиды сталкивались с нашей планетой примерно раз в 100 млн лет — юкатанская катастрофа вполне могла оказаться реальностью.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

В разных частях земного шара на суше и на море был обнаружен тонкий слой глины, в котором в необычайно высоких концентрациях находятся металлы, — родственники платины (в частности,

Падение астероида — одна из версий вымирания динозавров

иридий). Эти элементы очень редки на нашей планете, но часто входят в состав метеоритов. В этом случае напрашивается вывод о том, что тонкий слой платиновой глины мог появиться, когда на Землю легла пыль, вызванная ударом астероида.

Версия космической катастрофы существует также в измененном варианте, согласно которому на нашу планету упал не один, а несколько гигантских метеоритов. Такая гипотеза возникла, когда было доказано постепенное вымирание динозавров (ранее предполагали, что они все вымерли одновременно). В таком случае принято считать кратер Чиксулуб на Юкатане следом лишь одного из осколков таинственного небесного тела, столкнувшегося с нашей планетой в конце мезозоя. Следом другого осколка (нанесшего удар по Земле примерно в то же время) может быть кратер Шива, который находится на дне Индийского океана.

Гипотеза о космической катастрофе имеет уязвимые места. Например, не существует последовательной теории, которая объяснила бы, почему при соударении различные формы жизни погибли не все вместе (как произошло бы при ядерном взрыве), а избирательно. Почему динозавры вымерли, а другие животные остались? Не обнаружены и геологические доказательства столь масштабной космической катастрофы (помимо нескольких кратеров должны были остаться одномоментные изменения в земной коре и т. п.).

Другое объяснение мел-кайнозойского вымирания — усиленная активность вулканов. Действительно, есть основания считать, что этот процесс в конце мезозоя был исключительно бурным.

Как мы знаем, на протяжении истории планеты вулканы не раз выступали в противоположных ролях: они то спасали, то губили земную жизнь. Огненным горам конца мезозойской эры было вполне под силу изменить состав воздуха и даже скрыть на время земную поверхность от солнечных лучей тучами извергаемого пепла.

Это вполне реальный сценарий развития вулканической зимы, которая могла опуститься на Землю около 65 млн лет назад.

Данная гипотеза также подтверждается колоссальными выбросами магмы, которые происходили 65,5 млн лет назад на полуострове Индостан. Если дело обстояло именно так, то облака углекислого газа, оксидов серы и пепла могли отравить земную атмосферу и пролиться на поверхность планеты губительными кислотными дождями.

В таком случае первыми погибли бы растения, а вслед за ними травоядные и хищные животные. Однако и в этом случае главный вопрос остается без ответа: как же случилось, что столь масштабная катастрофа избирательно уничтожила динозавров, сохранив жизнь большинству других растений и животных?



Эласмозавр (*Elasmosaurus*) — один из исчезнувших видов динозавров

Кайнозойская эра

(началась 65 млн лет назад и длится до сих пор)

Кайнозойская эра (от греческого «кайнос» — новый) является самой последней из геологических эр Земли, она длится и по сей день. Она ведет свой отсчет с момента массового вымирания динозавров (65 млн лет назад). Когда начался этот период, на нашей планете не было по-настоящему высоких гор: старые хребты уже опустились, а новые еще не поднялись. Это наложило определенный отпечаток на климат Земли и дальнейшее развитие биосферы. Мы знаем, что в начале кайнозойской эры климат был достаточно теплым, но примерно через 40 млн лет похолодало, и он стал умеренным. В кайнозое произошло важнейшее событие земной истории — появление разумной жизни.

Становление климата и очертаний материков

(65 млн — 10 тыс. лет назад)

По сравнению с предыдущими эрами кайнозойская очень короткая.

В начале кайнозоя, как показывают раскопки, субтропическая растительность буйствовала даже в таких уголках Земли, которые у нас ассоциируются с холодами и вечной зимой: в Гренландии, Антарктиде, на Шпицбергене и островах Канадского Арктического архипелага. Можно сделать вывод,

В Антарктиде
сосредоточено 87 % льда на Земле

что в это время на планете попросту нигде не было ледовых пустынь — даже около полюсов.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

До сих пор нет точных данных о том, как менялся климат на острове Гренландия. Когда в X в. до острова доплыли викинги, они назвали его *Greenland* — «Зеленая земля». Такое название не очень подходит стране вечных морозов и пурги. Однако мы не знаем, как именно выглядели берега ледяного острова тысячу с лишним лет назад. Возможно, тогда климат Гренландии был мягче.

Наступившие 25–20 млн лет назад холода заставили потесниться теплолюбивую флору, которая отныне оказалась ограничена достаточно узкими тропическими и субтропическими поясами близ экватора. В некогда теплой Антарктиде началось образование гигантских пластов льда, сомкнувшегося в антарктический ледовый щит. Проходили миллионы лет, и он становился все толще. Ледники Антарктиды так огромны, что

заметно влияют на уровень вод Мирового океана: чем больше воды сковано антарктическими льдами, тем меньше ее остается в морях и уровень Мирового океана оказывается ниже. Конечно же, и в кайнозой холодные периоды сменялись более теплыми, в результате чего уровень воды в океанах колебался. Постепенно климат становился похожим на привычный нам.

В начале кайнозоя земная кора снова пришла в движение. Горообразование тех времен назвали Альпийской складчатостью. Дрейф континентов в стороны друг от друга продолжился, Южная Америка удалялась от Антарктиды, а будущий полуостров Индостан приближался к Азии.

Европа и Северная Америка отделились друг от друга, на обоих континентах при этом поднялись новые горы. Наконец 38–25 млн лет назад произошло окончательное разделение Австралии и Антарктиды. С этого момента Антарктида и стала страной вечных льдов, которые вобрали в себя часть вод Мирового океана, понизив уровень морей и обнажив части суши.





В неогене сформировалось Красное море

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Антарктида — настолько уникальный континент, что о нем следует поговорить отдельно. Ледники шестого континента имеют среднюю толщину 2 км (!), но в отдельных местах она достигает 4 км. Весь объем антарктических льдов оценивается в 22 000 000 км³, что составляет 87 % всего льда нашей планеты. Антарктида — край самых суровых на Земле морозов. Среднегодовая температура в глубине материка составляет 55–57 °С ниже нуля, а в 2013 г. на японской научной станции «Купол Фудзи» был зафиксирован абсолютный рекорд холода на Земле — 91,2 °С ниже нуля!

Существование Антарктиды оказывает большое влияние на климат всей планеты. Она играет роль гигантского холодильника, который охлаждает всю Землю. Антарктида также отражает значительную часть солнечных лучей, падающих на поверхность планеты: в течение полярного дня, который длится тут полгода, каждый квадратный километр площади ледяного континента получает почти столько же тепла, сколько на экваторе, но примерно 90 % солнечных лучей отражается от него и снова уходит в атмосферу. По геологическим меркам эти вечные льды достаточно молоды, им примерно 25–30 млн лет. Как мы уже отмечали, раньше было тепло даже в Антарктиде, но первые кайнозойские похолодания привели к появлению ледников в горах Гамбурцева на востоке континента. Изначально эти ледяные шапки были невелики, но по мере того, как выпадал все новый снег, их площадь росла — и первые антарктические ледники сполз-

ли с гор на равнину. В дальнейшем они выросли, увеличили свою толщину (как говорят геологи, мощность) и в конце концов срослись в единый ледяной панцирь.

Около 35 млн лет назад Антарктида отделилась от Австралии (об этом мы упоминали выше). В пролив, который становился и глубже, и шире, устремилось холодное течение — наиболее мощное во всем сегодняшнем Мировом океане. Оно создает вокруг ледяного континента дополнительный пояс холода, непуская туда массы теплого воздуха с Индийского океана. Близкое соседство масс холодной и теплой воды является естественным двигателем, заставляющим воздух южного полушария циркулировать круглый год.

Важные изменения происходили на Земле 25–5 млн лет назад: континенты Африка и Евразия столкнулись друг с другом, а Индостан окончательно стал азиатским полуостровом (до этого он был островом, причем располагался достаточно далеко от берегов Азии). Как это и случается при столкновениях континентальных плит, возникли новые горные хребты: появились высочайшие горы современного мира — Гималаи. Процессы образования складчатости шли также на других материках, в Северной и Южной Америке выросли Скалистые горы и Анды.

Вместе с этим менялись ареалы распространения растений (теплолюбивые были вытеснены ближе к экватору, а их место в холодных и умеренных поясах заняли другие). Облик континентов постепенно принимал привычный для нас вид.

Достаточно плоский рельеф начала кайнозоя теперь разнообразили молодые горные хребты. В океанах появились новые системы островов и глубокие впадины-желоба. На планете возникли многие из знакомых нам гор: Пиренеи, Альпы, Карпаты, Кавказ и Памир.

Тогда же исчез гигантский океан Тетис — на его месте осталось лишь несколько внутренних морей: Черное, Средиземное и Каспийское. Период с 23 млн и до 3 млн лет назад был чрезвычайно важен для земной истории. Движение континентальных плит преобразовывало поверхность планеты. Поднимались значительные участки земной коры, образуя все новые горы и острова. Пространство к югу от Корякского нагорья до далекого острова Новая Гвинея называют Восточно-Азиатским поясом, там сосредоточено множество островов, на которых расположены целые страны (например, Япония).

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Восточно-Азиатский пояс известен частыми землетрясениями и извержениями вулканов, так как тектонические процессы в этих местах все еще продолжают. На берега обрушиваются гигантские волны — цунами, вызванные подводными землетрясениями. Дома здесь строят по особым технологиям, которые позволяют выдерживать подземные толчки.

После глубокого раскола литосферных плит Африка и полуостров Аравия начали медленно расплываться в стороны, в разломе между ними образовалось Красное море, а также Суэцкий и Аденский заливы. Аравия оказалась полностью отделена водой от Африки. Аналогичный литосферный разлом в Северной Америке отколол от континента полуостров Калифорния — так появился Калифорнийский залив.

Сильные изменения произошли и в Восточной Африке, по ней прошли глубокие трещины, которые называют Великими Африканскими разломами. В одной из таких трещин лежит озеро Танганьика — второе по глубине (после Байкала) в мире. Толща осадочных пород на дне Танганьики говорит о том, что разломы росли и расширялись миллионы лет.

Вокруг остатков Тетиса — Черного, Каспийского и Средиземного морей — земная кора продолжала двигаться. Кавказ, Крым, Карпаты, Альпы, а также горные хребты Ирана и Анатолии появились все в тот же, по меркам земной истории, недавний период. Причем горообразование в этом регионе было столь бурным, что в течение кайнозоя связь между этими тремя морями то разрывалась полностью, то восстанавлива-

лась, а береговые линии при этом не прекращали претерпевать резкие изменения. Нынешние проливы Босфор и Дарданеллы, которые связывают Черное море со Средиземным (и защищают Черное море от высыхания), можно считать совсем юными: их возраст не более 2,5 млн лет. Каспийское море иногда называют самым крупным на Земле озером, так как оно не соединено с другими морями. Уровень воды в нем сильно колеблется: за последние 3 тыс. лет его разница достигала 15 м.

Если в начале кайнозоя климат экватора и высоких широт не очень отличались, то в дальнейшем ситуация меняется: появляются климатические пояса. Несмотря на краткое потепление, которое произошло около 5 млн лет назад, в кайнозойскую эру возникают новые для нашей планеты виды ландшафта: тайга и тундра, переходящая в северном полушарии в зону арктических пустынь.



Расположение материков в эпоху эоцена



Расположение материков в эпоху миоцена

Развитие новой жизни в разные периоды кайнозойской эры (65–2 млн лет назад)

Мир динозавров остался в прошлом. Во времена кайнозоя началось бурное развитие млекопитающих и птиц. Вместе с этим продолжалось победное шествие цветковых растений, которые быстро приспосабливались к меняющимся условиям земной жизни. Число и разнообразие их видов непрерывно росло. Одновременно с ними существовали и хвойные, несмотря на то что им пришлось оставить многие экологические ниши, а число их видов уменьшилось. Когда миновало похолодание рубежа мезозоя и кайнозоя (то самое похолодание, которое, очевидно, и стоило жизни динозаврам), на некоторое время восстановился жаркий и влажный климат, при котором теплолюбивые растения произрастали на Земле повсюду. В те времена каштаны, магнолии и лавры могли расти даже в Заполярье! В лесах Евразии камфорные и фиговые деревья, платаны, пальмы, тисы, гигантские секвойи и сосны, отмирая, превращались в отложения бурого угля.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Смола древних сосен сохранилась до наших дней в виде знаменитого янтаря.

Очередное похолодание, которое началось более 20 млн лет назад, постепенно отодвинуло теплолюбивую флору к экватору. На территории Центральной Европы зашумели широколиственные леса из дубов, платанов, каштанов и других деревьев умеренно-теплого климата. К северу господствовали сосны и тисы. По мере того как

холода наступали, некоторые виды растений, которые привыкли к прежнему теплу, исчезали.

Около 20 млн лет назад теплолюбивые леса стали отступать к экватору и появился новый для нашей планеты вид ландшафта — степи.

Отныне здесь установился достаточно засушливый климат, а эволюция растений породила специальные травы для заселения открытых пространств — злаки. Не боящиеся сильных ветров и образующие плотный слой дерна, злаки быстро захватывали гигантские пространства пампасов, саванн, прерий и степей и становились доминирующими растениями степного пояса по всему миру. Злаковые травы — прекрасная пища для степных растительноядных млекопитающих, которые тоже быстро заселили этот новый вид ландшафта.

Существенные изменения не обошли стороной и мир менее высокоразвитых беспозвоночных животных. Некоторые древние формы не дожили до кайнозойской эры, например аммониты. Другие, напротив, проявили чудеса приспособляемости и дали начало большому количеству совершенно новых видов. Так, например, около 20 млн лет назад на Земле появились двустворчатые моллюски — устрицы, гребешки, спондилы.

В мире моллюсков борьба за выживание тоже велась не на шутку, поэтому достаточно быстро сформировались наиболее развитые головоногие моллюски, такие как каракатицы, осьминоги и кальмары, которые часто встречаются в современных морях.

Даже простейшие одноклеточные ответили на изменение условий жизни появлением новых более приспособленных видов (радиолярий, фораминифер).

Тогда же моря заселяют новые виды ракообразных и иглокожих. Широко распространяются морские ежи.

В мире позвоночных животных начинают доминировать более высокоразвитые костяные рыбы



(то есть рыбы со скелетом не хрящевым, а состоящим из костей), новые формы амфибий.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Движение континентальных плит оказалось на пользу... лягушкам. Ведь при этом образовалось множество мелких озер и низменностей, ставших болотами. Именно новые виды лягушек (и других земноводных) быстро заселили эти места обитания.

Несмотря на то что мел-кайнозойское вымирание сильнее всего ударило по пресмыкающимся, некоторые из них, как мы уже говорили, продолжили свою эволюцию и дожили до нашего времени. В кайнозойской эре вполне комфортно чувствовали себя многие змеи и ящерицы, черепахи (как морские, так и сухопутные) и крокодилы.

Однако в кайнозое доминировали все же млекопитающие и птицы. Эволюция последних шла быстро, благодаря распространению цветковых растений и насекомых: и те, и другие составили кормовую базу для многих птиц. Внутреннее строение птиц совершенствуется — теперь они уже не перепархивают с дерева на дерево, как их предок археоптерикс, а приобретают способность к длительным перелетам. Появляются и нелетающие птицы, о которых речь пойдет ниже.

Кайнозойская эра ассоциируется прежде всего с расцветом млекопитающих. Первые примитивные млекопитающие мезозоя сменились более высокоразвитыми сумчатыми, которые в свою очередь уступили первенство плацентарным, господствующим на планете сегодня. Сумчатые сохранились в наше время лишь в Австралии и Южной Америке.

Хотя первые плацентарные виды сформировались еще в конце мезозоя, господство рептилий, которые занимали тогда практически все экологические ниши, препятствовало их дальнейшему развитию. Теперь, когда мир не принадлежал более

динозаврам, а постоянная температура тела стала жизненной необходимостью в более суровом климате, настало время плацентарных млекопитающих. Кайнозойские леса, полные насекомых и съедобных плодов, а также степи, заселенные злаковыми травами, создали для развития млекопитающих благоприятные условия. Отныне корм — в изобилии, а конкурировать за него с рептилиями не нужно. В тот же период, около 20 млн лет назад, сформировались первые виды грызунов, которые стали в наши дни одним из самых процветающих и разнообразных в видовом отношении отрядов млекопитающих. Благодаря появлению открытых степных пространств возникли копытные. Очень быстро эволюция разделила их на парнокопытных и непарнокопытных. Парнокопытные — это антилопы и жирафы, быки и козы, олени и верблюды, быки и свиньи. У непарнокопытных развиты три пальца, при этом самым важным для бега является средний. Это носороги, лошади и тапиры.

Среди животных последних 20 млн лет выделялись хоботные — мастодонты, мамонты и слоны.

Гиганты хоботные жили в лесах и достигали более 4 м высоты в холке. В Сибири среди тундр бродили стада мамонтов. Косматая плотная шерсть буро-рыжего цвета позволяла им не бояться морозов. Во время очередного оледенения мамонты, возможно, пересекли Берингов пролив по льдам и заселили Северную Америку.

Там же, на американском континенте, исследователи нашли останки других огромных хоботных — мастодонтов, которые отличались от мамонтов строением зубов.

Мамонты делили сибирские тундры с огромными шерстистыми носорогами. Жизнь на открытых пространствах (в степях и тундрах) привела к некоторым важным переменам в поведении животных. В лесу нет смысла собираться в большую стаю: все равно предел видимости из-за кустов и деревьев будет 20–40 м. (По этой же причине

В конце третичного периода многие леса постепенно сменились степями



Двустворчатые моллюски появились на Земле только в кайнозойской эре

среди типично лесных животных никто не отличается особой зоркостью — в лесу она не нужна.) Лесные животные обычно — либо одиночки, либо держатся небольшой, чаще семейной группой. На открытых пространствах все по-другому! Даже члены большого стада могут хорошо видеть друг друга и поддерживать контакт. Поэтому, приспособившись к степной или тундровой жизни, животные могли пользоваться преимуществами, которые дает жизнь в большой стае. Например, так намного проще противостоять хищникам.

Новые хищники достаточно скоро появились и в кайнозое. Вначале они были примитивно устроены, как и все ранние млекопитающие, но впоследствии от них произошли современные хищные животные.

В кайнозое, когда эволюция млекопитающих шла очень бурно, появился еще один их отряд — приматы. Так называют обезьян и родственных им лемуров. Это животные с развитым интеллектом, отсюда и их название («приматы» по-латыни означает «первые»). Именно от приматов началась линия человекообразных обезьян, исключительно важная для нашего дальнейшего рассказа. Да и мы с вами согласно биологической классификации относимся к приматам.

В кайнозое осваивали новые пространства гигантские осьминоги





Около 2,5 млн лет назад на Земле началось резкое похолодание, которое привело к повсеместному наступлению ледников.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Следы древних ледников до сих пор можно увидеть почти повсюду. Когда ледник движется, он толкает перед собой обломки горных пород, куски скал и камни. За тысячи лет медленного движения острые грани камней сглаживаются, камни приобретают характерную округлую форму валунов. Потом, когда ледник тает, валуны остаются лежать грядой на его границе. Такую гряду валунов и песка, которая обозначает окончательность исчезнувшего ледника, называют моренным валом.

Теплолюбивые растения, а вслед за ними и животные были вытеснены из недавно еще теплой Европы далеко на юг. В кайнозойской эре оледенения представляли обычное явление. Только за последние 800 тыс. лет ледники наступали восемь раз, причем каждая из этих эпох длилась по 70–90 тыс. лет.

Их разделяли достаточно теплые межледниковые эпохи по 10–30 тыс. лет каждая (некоторые ученые считают, что и мы живем в один из таких «перерывов» между масштабными оледенениями). Тогда растения и животные двигались назад в свои прежние места обитания. Это не всегда, правда, оказывалось возможным, так как нередко на их пути стояли горы. В таких случаях ледник приводил к необратимому вымиранию целых групп растений и животных.

Около 2,5 млн лет назад на Земле в изобилии водились самые разнообразные гигантские кошки: сумчатые и пещерные львы, а также представители исчезнувшей группы саблезубых.

В последний период кайнозоя, который начался около 2,5 млн лет назад и продолжается по сей день, вымерли многие гигантские млекопитающие. Тогда же на планете появились первые из людей.

Знакомые нам климатические и растительные пояса тундры, тайги и степей существовали и во времена оледенения. Все эти зоны были сдвинуты на юг от движущихся с севера ледников.

В ледниковые периоды, когда огромное количество воды оказывалось в твердом состоянии, понижался уровень Мирового океана. При этом обнажались обширные области, ранее затопленные морем, и появлялись сухопутные мосты между землями, которые были отрезаны друг от друга водой. Оледенения связали сухопутными перешейками Евразию и Британские острова, Сибирь и Северную Америку, Дальневосточное побережье и остров Сахалин, а также Юго-Восточную Азию и Зондский архипелаг.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Австралия так и осталась отдельным континентом, поэтому там сохранились уникальные животные: клоачные (утконос и ехидна) и сумчатые. В Австралии у них так и не появилось ни естественных конкурентов в виде плацентарных млекопитающих, ни хищников, которые на них бы охотились.

Возникновение разумной жизни — древние предки человека

(12–9 млн лет назад)

Как только на планете эволюционировали приматы, а среди них сформировались человекообразные обезьяны, открылся прямой путь к появлению человеческого разума — самой, может быть, невероятной загадки Земли.

Сначала возникли древние человекообразные обезьяны, которые считаются нашими ближайшими родственниками в животном мире — дриопитеки и австралопитеки.

В дальнейшем от них произошел первый из видов нового рода — человек (от латинского *Homo* — человек) умелый, названный так за способность к изготовлению примитивных орудий. Заканчивается эта эволюционная линия видом, который называется человек разумный (*Homo sapiens*), то есть нами. С его приходом Земля стала быстро меняться. Человек разумный оказал на планету такое влияние, что заключительный, длящийся по сей день этап кайнозойской эры, назвали антропогеном (от греческих слов «антропос» — человек и «генезис» — возникновение).

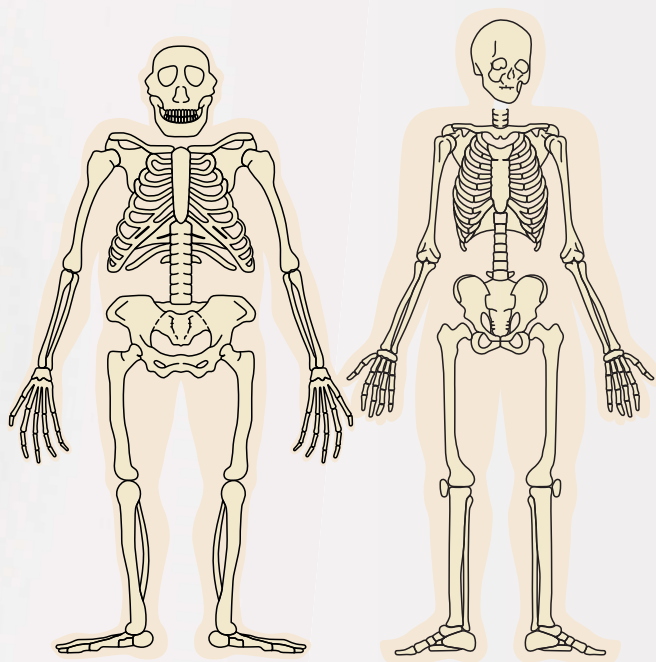
Мало на свете существует научных исследований, которые сопровождались бы столь жаркими спорами, как теория возникновения человека из животного мира. Хотя сходство человека с обезьянами замечали еще в древности, эти наблюдения не приводили к эволюционным взглядам на природу и на людей. Средневековое сознание рассматривало обезьяну как «пародию на человека», сотворенную высшими силами в назидание последнему. В 1871 г. вышла в свет одна из самых знаменитых книг на свете — «Происхождение человека и половой отбор», написанная английским естествоиспытателем Чарльзом Дарвином. Она вызвала небывалое возмущение, ведь ее автор на основе множества фактов и наблюдений доказал, что человек — такой же результат эволюции животного мира, как и другие виды. Из книги следовало, что современные человекообразные обезьяны и мы исходим от общего предка.

С момента своего появления и по сей день эволюционная теория возникновения человека вызывает ярость идеалистов, креационистов и церковников. Однако несмотря на это, она является единственной в мире по-настоящему научной теорией, объясняющей наше существование на свете с материалистических позиций.

Как писал сам Чарльз Дарвин: «Тот, кто не смотрит, подобно дикарю, на явления природы



Эволюция человека по шкале времени



Скелеты австралопитека (слева) и современного человека (справа)

как на нечто бессвязное, не может больше думать, чтобы человек был плодом отдельного акта творения».

На основе множества раскопок и точного определения их возраста радиоизотопным методом была восстановлена последовательность событий, которая привела к формированию человека. Как мы знаем, антропоген совпал с общим похолоданием на Земле, а это оказало важнейшее влияние на развитие всех форм жизни — мы тут не исключение.

Нашими предками считаются небольшие зверьки, жившие на деревьях еще со времен мезозоя. Их пищей служили плоды и трава, а их роль в мире, где царствовали древние рептилии, была очень скромной. В начале кайнозойской эры именно от них произошли самые ранние приматы. Мозг приматов неуклонно рос и совершенствовался, их морда не выступала вперед так сильно, как у других животных, а передние лапы приобрели способность к хватательным движениям.

Основные местонахождения найденных костных останков австралопитеков и еще более ранних гоминидов

Кто же был нашим непосредственным предком, стоявшим на границе разумной и неразумной жизни, кто был первым гоминидом?

Сохранились останки человекообразных дриопитеков (буквально — «лесных обезьян»), которые жили около 20 млн лет назад. Возможно, именно они были нашими общими предками с шимпанзе и гориллами. Иногда первым гоминидом называют рамапитека, жившего на территории современной Индии 9–12 млн лет назад. Это была обезьяна ростом не более 110 см, но уже обладавшая способностью к прямохождению: рамапитек пользовался для ходьбы задними конечностями. Другой вид человекообразных обезьян, который мог оказаться предком людей, — африканский австралопитек, о котором речь уже шла.

Австралопитеки жили примерно 3 млн лет назад, их рост был 122–152 см, и они тоже передвигались на двух ногах, как следует из удлиненной формы их ног и передних конечностей.

Вероятно, главным толчком эволюции человека стало отступление лесов и появление обширных степей. В условиях степи с ее высокой травой попытки хождения на задних конечностях дали первым гоминидам неожиданные преимущества.

Теперь стало проще ориентироваться (видя конечную цель поверх трав), издали можно было





Каменные орудия австралопитеков

заметить крадущегося хищника. Переход к прямохождению позволил подставлять пальцам солнечным лучам не спину, а только макушку — так как ее поверхность гораздо меньше, это избавило гоминидов от перегрева. Они выделяли меньше пота, а значит, меньше привлекали своим запахом хищников. Кроме того, отныне они смогли обходиться намного меньшим количеством воды. Постепенный переход к прямохождению высвободил передние лапы, которые уже были не нужны в качестве опоры. Наши предки стали использовать их для других целей — прежде всего, как хватательные конечности. Оказалось, что пятипалые лапы могут сломать палку, бросить камень, нарвать травы. Выполняемая ими работа усложнялась. Обезьянья лапа постепенно превращалась в человеческую руку. Рука является не только органом труда, но и его продуктом. Совершенствуясь, она приобретала способность выполнять несравненно большее количество операций, чем лапа обезьяны, и таким образом заставляла мозг решать все более сложные задачи. Справедливо будет сказать, что рука человека создала его мозг, а мозг — его руку.

Усложняясь, работа гоминидов становилась коллективной. В отличие от животных им потребовалось изобретать систему сигналов и знаков, без которых совместный труд невозможен. Так стал развиваться будущий человеческий язык, а стая

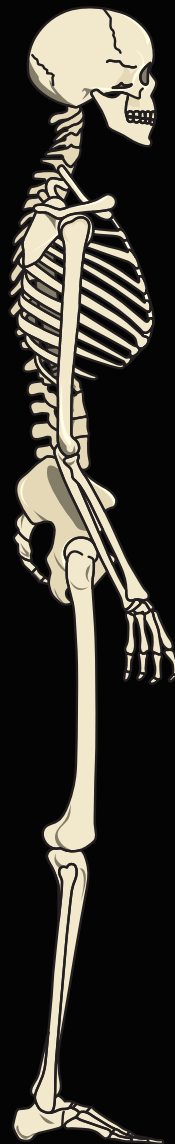
приматов начала приобретать черты человеческого общества.

Там, где обнаруживали останки австралопитеков, находили также и сделанные ими примитивные орудия из кости и камня, а это подтверждает достаточно высокий уровень интеллекта этих человекообразных обезьян. Австралопитеки не просто использовали подходящие камни — они заметили, что если долго ударять камнем о камень, то он раскалывается на части, края которых острее и намного лучше способны резать, чем необработанные камни. Можно сказать, что это было первым техническим открытием, совершенным на Земле с момента ее возникновения.

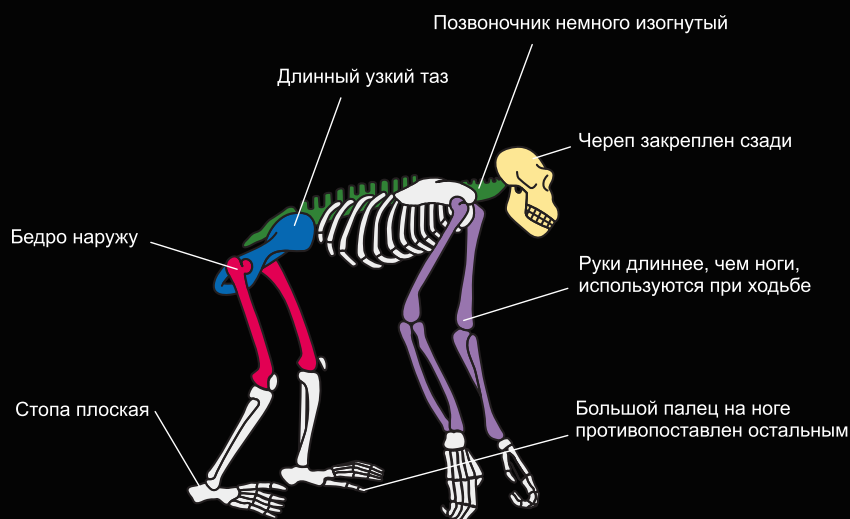
ЭТО ИНТЕРЕСНО

Возможно, у австралопитеков случайно получилось изготовить костяное или каменное орудие, но, увидев преимущества расколотых камней и костей, они стали пользоваться новшеством. Можно сказать, что данный навык был закреплен в стае древних обезьян путем естественного отбора.

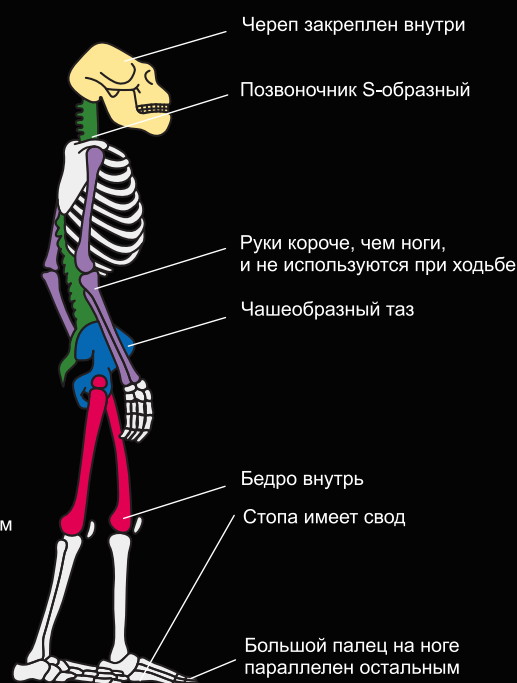
Дальнейшее было делом эволюции — все особенности австралопитека, полезные для выживания, были ею закреплены. Прямая походка на задних ногах становилась тверже, координация движений повышалась, одновременно развивалась моторика передних конечностей и отделы мозга,



Скелеты гориллы (слева) и человека разумного (справа)



Переход к прямохождению



управляющие ею. В результате все это привело к возникновению более высокоорганизованного гоминида, которого называют человеком умелым (*Homo habilis*). Он ходил на задних ногах и был ростом около 140 см при объеме мозга 670–680 см³ (у австралопитека примерно 530 см³).

Род *Homo* стали выделять на том основании, что принадлежащие ему виды могли изготавливать более сложные орудия труда — такие, которые требовали развитых рук и более сложного мозга. Человек умелый также ближе к нам по строению зубов — из этого следует, что состав его пищи постепенно приближался к тому, что могли есть люди, а не животные.

Его орудия из расколотой гальки были достаточно примитивными, но уже более изощренными, чем раздробленные камни и кости австралопитеков. Что характерно, *Homo habilis* еще не сохранял изготовленные орудия, они были у него, так сказать, одноразовыми. Это означает, что планировать свое будущее (даже ближайшее) он пока умел плохо. Тем не менее за *Homo habilis* закрепилось звание самого древнего человека Земли, жившего 2,6 млн лет назад.

Homo habilis начал строить первые на планете человеческие жилища, об этом говорят уложенные им по кругу камни, служившие, вероятно, подобием фундамента. На этих камнях воздвигали шалаши или заслоны от ветра. Судя по останкам костей, найденных вместе с костями человека умелого, эти люди умели охотиться на быков, лошадей, кабанов и антилоп, а также занимались собирательством.



Австралопитек с детенышем

Первобытная добыча пищи потребовала социальной реорганизации стай гоминидов, так как необходимо было одновременное участие многих охотников (она была коллективной). Для этого, очевидно, требовалась какая-то система простых сигналов, из которой позже разовьется язык. Социальные связи в такой стае усложнялись и развивались. Впереди был трудный путь человекообразных существ к человеку.





Номо Sapiens — венец творения

(200–60 тыс. лет назад)

До появления на Земле первых представителей рода *Номо* всякая эволюция живых существ направлялась только биологическими законами. Одновременно с появлением первой разумной жизни в силу вступили также и социальные законы. Под действием этих двух факторов и сформировался в конце концов современный человек — *Номо sapiens*, человек разумный.

До недавнего времени считалось, что современный человек — прямой потомок кроманьонцев (первых представителей *Номо sapiens*, чьи останки были найдены в пещере Кро-Маньон во Франции). Существовавшие в то время другие виды человека, например неандертальцы, рассматривались как тупиковые ветви эволюции. Однако в последние годы был сделан ряд важнейших открытий. С развитием методов молекулярной биологии стало возможным напрямую доказать, что современное человечество — результат объединения, скрещивания разных видов древнего человека. Например, у индейцев Центральной Америки были обнаружены генетические маркеры предрасположенности к сахарному диабету, которые достались им непосредственно от неандертальцев. Еще одно доказательство — это останки, найденные в палестинской пещере Эс-Схул на горе Кармель, со всей очевидностью говорящие о том, что неандертальцы тоже были предками современного человека. В этих останках черты неандертальцев и сапиенсов соединены вместе.

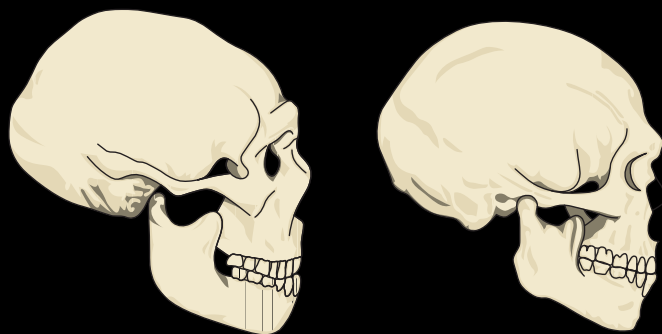
Ледниковый период оказал большое влияние на развитие неандертальцев: им пришлось научиться делать одежду из шкур и освоить жизнь в пещерах. Однако наши знания о неандертальцах только усиливают ощущение глубокой тайны, связанной с жизнью этих людей. Существовали неандертальцы в Европе очень долго — не меньше 100 тыс. лет (по некоторым данным, в несколько раз дольше). Точно известно, что они уже жили 140 тыс. лет назад, а исчезли примерно 24 тыс. лет назад. За это время их жизнь совершенно не изменилась. Почему?

Особое удивление вызывает и то, что объем черепа неандертальца ... больше, чем наш с вами ($1400\text{--}1740\text{ см}^3$ — у неандертальцев и примерно 1350 см^3 — у современных людей), вполне вероятно, что неандертальцы были интеллектуальнее нас.

Как увязать это с почти полным отсутствием развития за столь огромные отрезки времени? Почему



Неандерталец —
предок современного человека



Череп неандертальца из пещеры Шанидар в Ираке (слева) и череп одного из ранних *Номо sapiens* со стоянки Пржедмость в Чехии (справа)

они жили исключительно маленькими группами по 15–25 человек и никогда не пытались организоваться в племена? Известно, что неандертальцы заботились о больных и раненых внутри своей группы, умели достаточно неплохо лечить переломы костей. Но насколько развит был их язык? Считалось, что они были чужды всякому изобразительному искусству, но недавно (в 2012 г.) впервые был обнаружен наскальный рисунок, выполненный рукой неандертальца.

Почему они почти не испытывали потребности создавать изображения, в то время как у сапиенсов развитое искусство существовало уже в пещерах? Это кажется странным, поскольку мы знаем о том, что среди неандертальцев существовали обряды погребения и даже охотничья магия — для того, чтобы охота была удачной, они выкладывали медвежьи черепа в строгой последовательности. Значит, абстрактное мышление у них существовало.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Вероятнее всего, психика неандертальцев была устроена совсем не так, как у людей современного типа, и управлялась иными генами. Этим можно объяснить те глубочайшие социальные отличия, которые разделяют неандертальцев (наших ближайших родственников) и нас.

Примерно 40 тыс. лет назад на востоке Африки появились люди нового типа, *Homo sapiens*, которые перекочевали в Европу и вскоре полностью вытеснили неандертальцев, частично смешавшись с ними. Причины этого точно не известны, однако следует отметить, что племена в какой-то период могли обладать одинаковым технологическим уровнем, но при этом разной социальной организацией. Возможно, именно это и сыграло главную роль в появлении нового типа людей.

Открытие группой русских ученых под руководством академика Анатолия Пантелеевича Деревяненко еще одного вида древнего разумного человека — денисовского (или алтайского) позволило заявить о полицентризме происхождения людей, то есть о том, что разные виды человека возникли одновременно во многих точках Земли.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Изучение генома денисовцев (выполнено в 2010 г.) доказало, что пришедшие из Африки сапиенсы создавали общие семьи с абorigенами — и с неандертальцами, и с денисовцами. Примечательно, что отличия между сапиенсами и денисовцами были установлены в тех генах, которые ответственны за функции нейронов (клеток головного мозга). Это означает, что виды людей отличались устройством психики. Исследования показали также, что



Оледенение Северного полушария
в наши дни (вверху)
и в последнюю ледниковую эпоху (внизу)



Реконструкция внешности неандертальца



денисовские гены неодинаково распределены между разными народами планеты — например, у аборигенов Австралии и Новой Гвинеи они составляют 6 % всего генома.

Во многих частях планеты скрещивание разных видов древнего человека имело различия, пропорции генов от этих видов оказывались неодинаковыми. Однако такие научные данные ни в коем случае не могут быть основанием неуместного разделения современных рас и народов на высшие и низшие. Вполне вероятно, что у каких-то этнических групп выше среднего уровень способностей к математике, другие обладают большим хладнокровием в экстремальных ситуациях, третьи — лучше работают в коллективах. Здесь нельзя провести четкую грань между лучшими и худшими. Генетическое разнообразие, доставшееся современному человечеству от далеких предков, — бесценный дар, которым наука будущего, возможно, научится пользоваться.

Люди современного типа начали селиться родовыми общинами (племенами), включающими не-

сколько больших семей. Это позволило усовершенствовать способы коллективной охоты и добиться некоторого разделения труда.

Во главе таких общин стояли женщины, которых считали хозяйками в общих жилищах. Такое социальное устройство древнейших племен называется матриархатом.

По развитым лобным долям мозга современного человека можно судить о сложности его социальных связей и многообразии освоенных им навыков. Изготовленные им орудия труда становились совершеннее и разнообразнее. Возрастали его способности к ассоциативному и абстрактному мышлению. Человек разумный становился хозяином планеты. Помимо собирательства и рыболовства он освоил охоту на опаснейших животных, таких как мамонты и шерстистые носороги.

Получило развитие искусство — на стенах пещер древние люди изображали животных и сцены охоты. Исследования показывают: располагались эти произведения первобытного искусства так, что ими было трудно любоваться, но можно было использовать в различных обрядах. Практически



в то же время появились первые захоронения — древние люди стали задумываться о жизни после смерти.

Все это говорит о зарождении первых религий — попытках пещерных людей осмыслить окружающий мир и понять свое место в нем. Это свидетельствует о развитии абстрактного мышления, совершенствовании человеческих чувств.

Мы уже упоминали, что сравнительно недавно общепринятой была гипотеза, согласно которой *Homo sapiens* сформировался примерно 30 тыс. лет назад в Африке, а на север смог попасть не раньше чем 11–12 тыс. лет назад, после таяния последнего из гигантских ледников (территория нынешней России, например, была тогда покрыта льдом вплоть до нижних течений Волги).

Отсюда следует, что вся история человеческой цивилизации уместилась бы примерно в 5 тыс. лет, и существовал человек в основном в теплых краях севера Африки, Ближнего Востока и Индокитая. Однако последние данные археологии доказывают, что люди, подобные нам с вами, жили уже 50 тыс. лет назад, и не только на юге,

а практически повсеместно на территории нынешней России (из этого срока около 30 тыс. лет люди жили даже за Полярным кругом!). В течение 20–30 тыс. лет наши предки могли развиваться и строить цивилизацию. Поэтому к утверждениям о том, что на территории нынешней России и других северных стран не могло быть древних, неизвестных пока культур и самобытных цивилизаций, стоит относиться с осторожностью. Археология подтверждает, что уже 30 тыс. лет назад люди в этих краях владели счетом, умели находить дорогу по звездам, имели религиозные представления об устройстве мира, изготавливали теплую одежду и обувь, а также в большом количестве создавали украшения и даже скульптуры. Около половины всех так называемых палеолитических венер (женских скульптур, которые, вероятно, являлись символами плодородия и использовались в древних ритуалах) обнаружено около стоянки Буреть в Сибири.

Холода и засуха, вызванная связыванием воды и образованием льда у полюсов, сильно изменили в то время биосферу средней климатической полосы.

Животные, которые издавна были привычной для человека добычей, стали массово исчезать.

У выросшей популяции людей было только два выхода: или умереть самим, или освоить охоту на самых опасных гигантов животного мира того периода — мамонтов и носорогов.

Такие глубокие изменения в главном деле людей того времени — охоте — отразились в устройстве первобытного общества и, как следствие, в характере наших предков. Резко возросла численность племени — этих изменений потребовала открытая не так давно загонная охота, позволявшая людям добывать самых быстрых копытных животных степей. Новые навыки были доработаны и успешно использованы против мамонтов, шерстистых носорогов и зубров.

ЭТО ИНТЕРЕСНО


Борьба с суровой природой и противостояние гигантским животным формировали характер древнего человека, воспитывая в нем находчивость, активность, отвагу. Так складывалась мораль наших предков, требовавшая стойкости, упорства, мужества

Носорог-эласмотерий был опасным животным, но наши предки успешно охотились на этих гигантов



Кроманьонцы на охоте (модель)





Художник времен матриархата, очевидно, специально изобразил племя состоящим из женщин

и презрения к смерти. Во многих ситуациях человеку необходимо было исполнить свой долг перед племенем даже ценой собственной жизни. Как следовало поступить охотнику, на которого во время загонной охоты внезапно устремился многочисленный табун диких лошадей или разъяренный носорог? Дрогнуть и убежать — означало обречь племя на голодную смерть зимой. Вероятно, во многих случаях наши предки предпочитали смерть, давая при этом другим охотникам шанс атаковать бегущих животных с другой стороны, — без подобного мужества человечество не смогло бы выжить в тех суровых реалиях.

В тот период на территории Европы и на севере Азии помимо мамонтов, шерстистых носорогов и могучих пещерных медведей водились также гигантские носороги-эласмотерии. Некоторые ученые считают, что именно эласмотерии вошли в фольклор многих древних народов как единороги. Эласмотерий достигал 6 м в длину и 2,5 м в высоту и весил при этом до 5 т. Это животное, защищенное длинным (более 1,5 м) рогом, было страшным противником для человека, не освоившего даже металлического оружия. Однако архе-

ологи находят множество черепов эласмотериев (как на территории России, так и за ее пределами), которые были пробиты примитивным оружием древних охотников.

В те далекие времена человечество разделилось на современные расы: негроидно-австралоидную, европейско-азиатскую и азиатско-американскую (или монголоидную). Они различаются оттенками кожи, формой глаз, типом волос, пропорциями черепа и тела.

Разросшиеся племена были вынуждены постепенно отказаться от собирательства и охоты в пользу оседлого образа жизни. Человечеству около 10 тыс. лет назад удалось приручить некоторых животных и научиться выращивать первые одомашненные растения. Будущее цивилизации отныне принадлежало скотоводам и земледельцам. Эти великие открытия древности знаменуют переход от палеолита (древнего каменного века) к неолиту (новому каменному веку). Существует даже такой термин, как «неолитическая революция», означающий переход от присваивающего (из дикой природы) хозяйства к производящему.

Заглядывая вперед

Человечество движется вперед, и каждый новый шаг позволяет разглядеть не только заманчивые перспективы, но и новые угрозы, с кото-

рыми неминуемо столкнется земная цивилизация. Планете угрожают различные опасности. Некоторые из них исходят от самих людей, другие — от природных и космических сил.



Возможные катастрофы будущего: смогут ли люди сохранить свою планету

До того как человек явился в этот мир и стал его полновластным хозяином, земная биосфера обладала удивительной способностью к саморегуляции. Современное человечество обрело такую технологическую мощь, что окружающая нас природа не в силах противостоять все новым вторжениям, разнообразным по своему характеру и сокру-

шительным по силе. Эти воздействия человека на биосферу называют антропогенными.

Дойдя до промышленной стадии своего развития, человечество стало покорять природу самыми варварскими способами, при этом редко задумываясь над тем, какую планету мы передадим будущим поколениям.

Хищническая вырубка лесов, непродуманная мелиорация болот, сброс промышленных отходов в воду и воздух, варварские способы добычи полезных ископаемых, уничтожение естественных ареалов обитания растений и животных, массовое применение пестицидов — эти и другие действия человека создают угрозу настоящей катастрофы на Земле.

Издrevле человек привык чувствовать себя частью природы, одновременно находясь с ней в непрестанной борьбе. Еще в каменном веке охотники способствовали исчезновению некоторых видов животных. Когда люди перешли от охоты и собирательства к скотоводству и земледелию, они стали

**Вырубка лесов
разрушает экосистему планеты**



все чаще нарушать хрупкое природное равновесие и превращать свою землю в пустыню. Однако никогда еще человек не имел для этого такого могущества, как в наши дни.

Одна из серьезнейших угроз природе со стороны человека заключается в массовой вырубке лесов. С исчезновением лесов неминуемо меняется климат на огромных площадях, и они становятся малопригодными для жизни. Особой хрупкостью отличается природа тропических лесов, которых с каждым днем на нашей планете остается все меньше. Сейчас в распоряжении человечества находится лишь половина тех лесов, которые были на Земле к моменту его появления. Каждый год на территории 16 млн га леса гибнут от огня и пилы. При этом численность населения планеты неуклонно растет — в результате на каждого из нас приходится все меньше и меньше деревьев.

Некогда плодородные почвы планеты загрязняются и истощаются. После того как растительный баланс почвы нарушен, она легко смывается дождями или уносится ветром — этот процесс называется эрозией почвы. За прошлый век на планете потеряно около 20 млн км² сельскохозяйственных земель. Чтобы представить себе, насколько эта цифра огромна, вспомним что вся площадь Европы — чуть больше 10 млн км².



Истощение почвы

Промышленные предприятия сбрасывают ежегодно миллионы тонн ядовитых отходов в Мировой океан (включая реки). Каждая серьезная авария нефтяного танкера или буровой платформы в океане приводит к гибели всего живого на большой площади. До сих пор не прекращена полностью практика захоронения радиоактивных отходов в море.

Деятельность человека загрязняет даже крупнейшие реки Земли





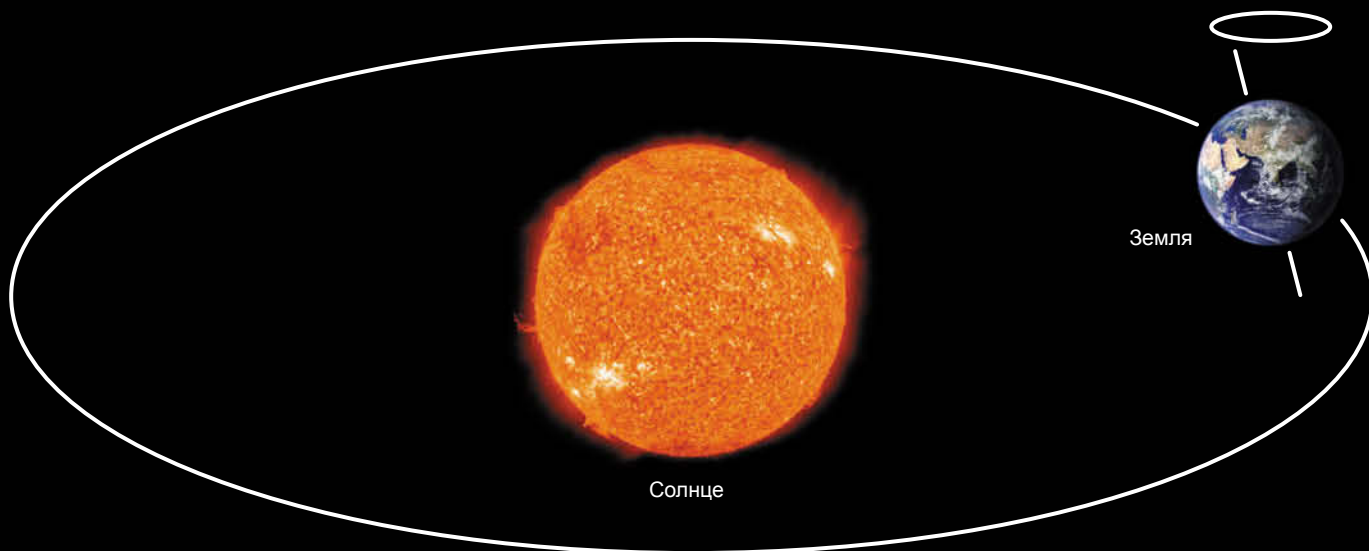
Сформировавшись на заре земной истории, атмосфера служит защитой от многообразных опасностей, угрожающих нашей планете из космоса (включая целый ряд губительных для жизни излучений). Как и все остальные природные системы, она способна самоочищаться за счет дождей или ветров, перемешивающих загрязненный воздух с огромными объемами чистого. Но современных антропогенных воздействий не в состоянии выдержать даже воздушный океан Земли! Причина в том, что человек выбрасывает в него уж слишком много загрязняющих веществ. Среди них в первую очередь следует назвать диоксид серы, оксиды азота (вызывающие кислотные дожди), диоксид углерода (приводящий к глобальному потеплению) и твердые частицы сажи. Атмосфера страдает также от загрязнений формальдегидом, соединениями тяжелых металлов, аммиаком, фенолом, бензолом и сероуглеродом. Выплавка каждой тонны

стали «обогащает» воздух 40 кг твердых частиц, 30 кг оксидов серы, 50 кг оксида углерода, а также марганцем, свинцом, фосфором, мышьяком и парами ртути.

Особенно опасны ядовитые отходы химических заводов и радиоактивные шлаки атомных электростанций. Урон атмосфере наносит также добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание мусора и разнообразные выбросы пыли и газов.

Все перечисленное неуклонно делает природу Земли более скудной, приводит к исчезновению многих видов растений и животных.

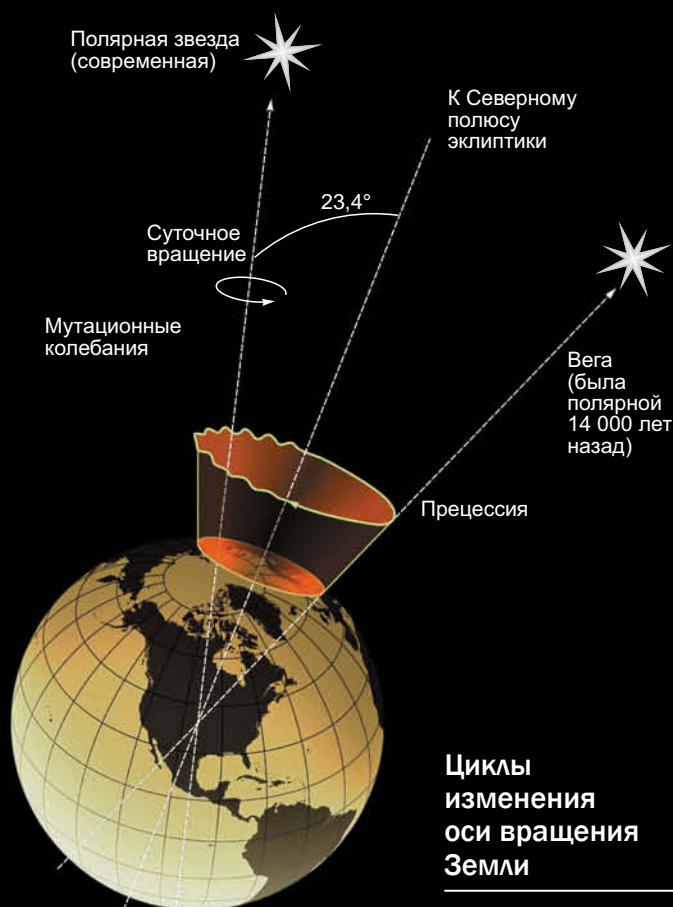
Варварское отношение к природе неизбежно приведет к еще большим потерям лесов, пашен, чистой воды и самого воздуха. Человечество может попросту захлебнуться собственными отходами. Для того чтобы отвести приближающуюся беду, людям придется усовершенствовать устройство современных обществ и переоценить разумность многих своих нынешних потребностей.



Ось вращения Земли изменяет свое расположение относительно плоскости эклиптики

Тайны магнитного поля Земли

Датские ученые из Центра планетарных исследований сделали недавно важное открытие:



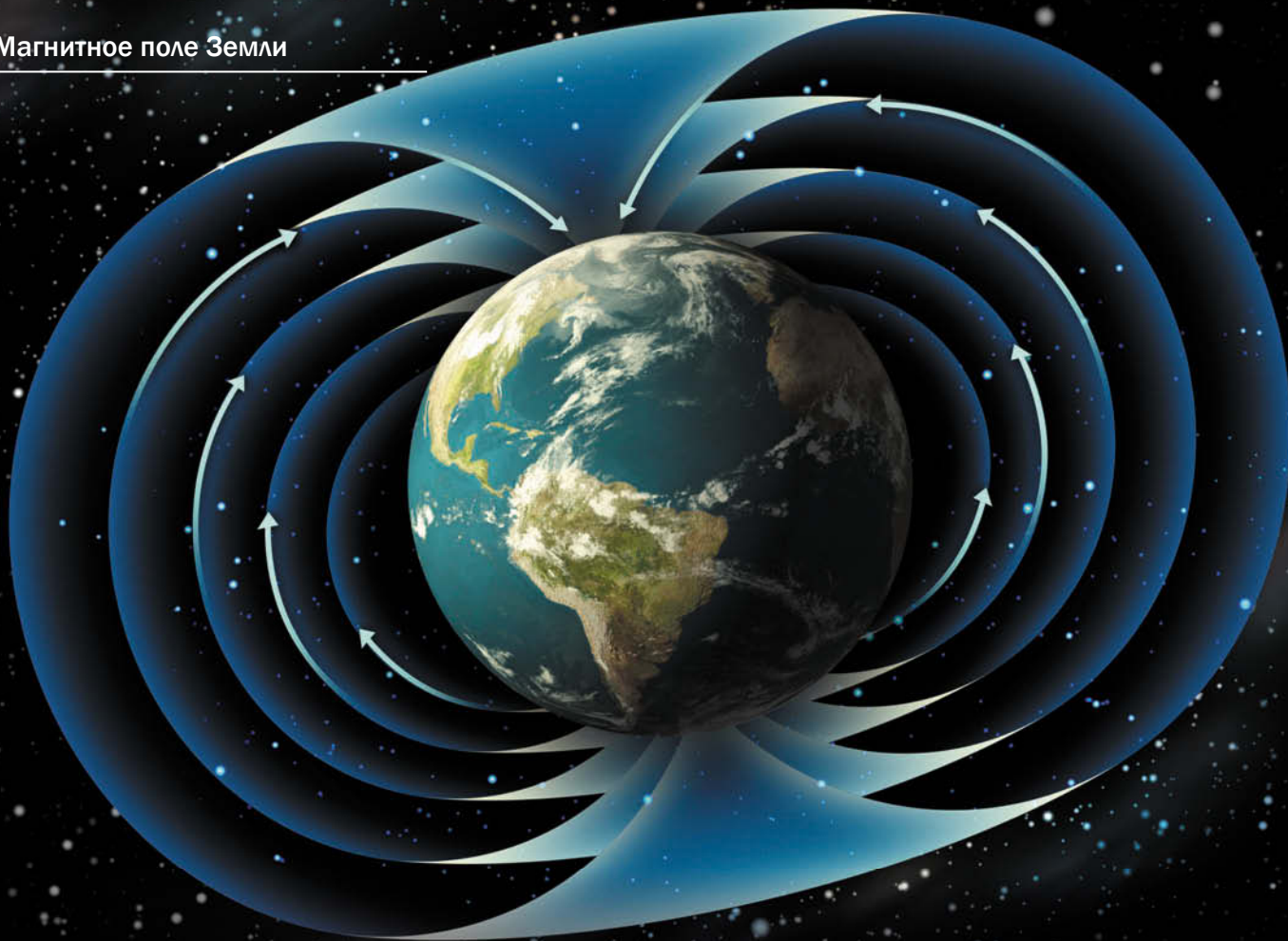
оказывается, магнитное поле Земли ... постепенно слабеет. Между тем именно оно является одним из главных щитов, прикрывающих всю биосферу от уничтожения лучами солнечной радиации.

Образующиеся пустоты в защитном поле Земли указывают на то, что ее магнитные полюса могут в скором будущем поменяться местами. Это породило гипотезу о возможных катастрофических последствиях таких изменений. При худшем сценарии наша планета может и вовсе лишиться магнитного поля, что приведет к неминуемой гибели всего живого.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Когда Генри Кавендиш, английский ученый XVIII в., вычислил массу нашей планеты, он доказал, что плотность Земли весьма высока. Она намного выше плотности камня, а это означает, что Земля не может быть целиком «сделана» из камня. Тогда же родилось предположение, что такую плотность обеспечивает тяжелое ядро планеты, состоящее из железа и никеля. Ведь именно эти космические элементы так часто обнаруживали в составе метеоритов!

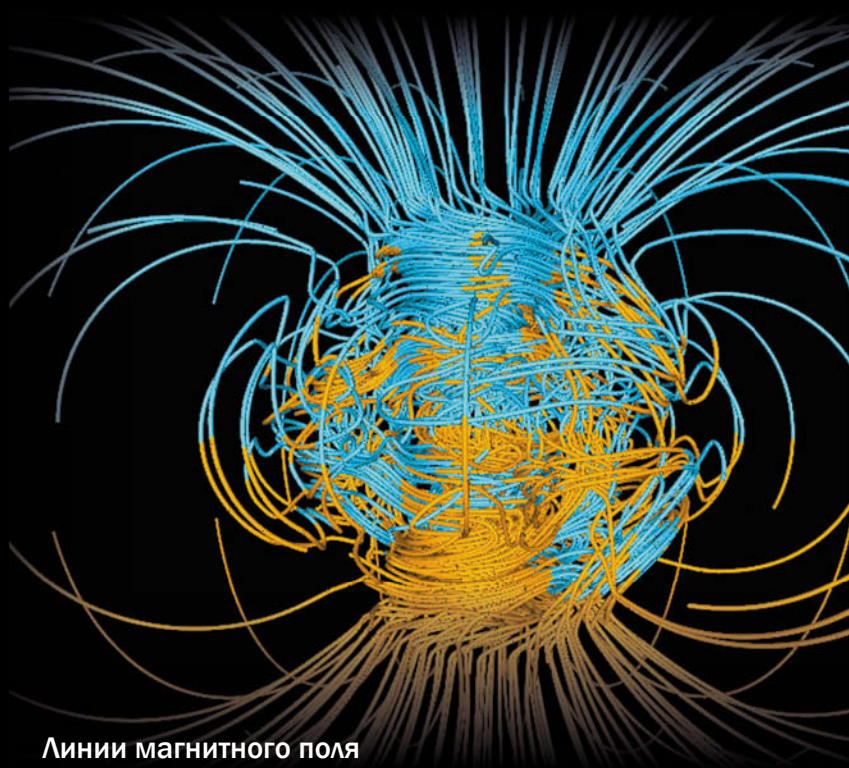
В XX в. изучение сейсмических волн подтвердило гипотезу наличия у Земли ядра. Было выдвинуто предположение, что оно состоит из расплавленного железа и никеля и образует шар диаметром 6900 км, составляя треть массы всей планеты. Ядро не является неподвижным — оно вращается с большой скоростью, создавая водовороты и завихрения. Расплавленный металл — отличный проводник электрического тока, а поскольку его потоки (включаю-



щие и свободные электроны, присутствующие во всяком металле) движутся по кругу, то в этом кругу возникает электрический ток. Электрический ток — это и есть движение заряженных частиц. Как мы знаем, по закону электромагнитной индукции всякий проводник с током порождает магнитное поле его окружающее. Однако магнитное поле Земли не является статичным: направление потоков расплавленного металла, вероятно, меняется, вслед за этим меняются и направления силовых линий магнитного поля, а также его сила.

Магнитные полюса кочуют со скоростью, достигающей иногда 1° в неделю. Они не движутся по прямой линии, которая совпадала бы с меридианом, — в таком случае инверсия полюсов происходила бы каждые 25 лет. Все же принято считать, что магнитные полюса Земли уже неоднократно менялись местами.

Есть множество фактов, свидетельствующих о том, что плотность магнитного поля за последние



Линии магнитного поля

века уменьшалась. В 1989 г. результаты этого явления испытали на себе жители города Квебек в Канаде. Ослабевшее магнитное поле не смогло сдержать потоки радиации из космоса (солнечные ветры) и в электрических сетях произошел ряд аварий, оставивших город на девять часов без света.

Данные геофизики говорят о том, что около трехсот лет назад Южный магнитный полюс переместился из Антарктиды и теперь находится в Индийском океане. А Северный магнитный полюс за последние четыре века совершил «путешествие» по островам Канадского архипелага, устремившись в наши дни в Сибирь. Причем скорость его «блужданий» выросла в четыре раза всего лишь за тридцать лет: если в 1970 г. она равнялась 10 км в год, то уже в 2001 г. арктический полюс дрейфовал со скоростью 40 км в год.

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Когда магнитное поле Земли взаимодействует с потоками заряженных частиц космоса («солнечным ветром»), возникает свечение, которое называют полярным сиянием. Мы уже знаем, что силовые линии магнитного поля плотнее около магнитных

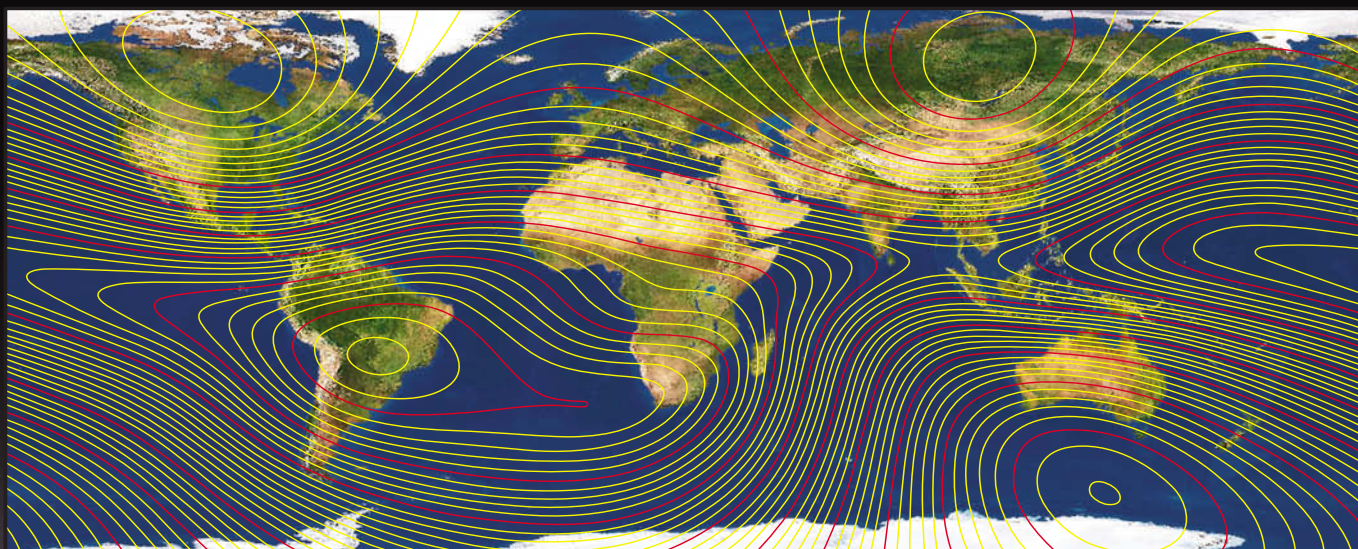
полюсов Земли, а магнитный полюс расположен недалеко от географического. В таком случае понятно, почему полярное сияние чаще наблюдается около географических полюсов.

Географические полюса и магнитные — это совсем не одно и то же. Первые совпадают с двумя точками, в которых земной шар пронизывает воображаемая линия оси вращения. Географический полюс — это точка, в которой сходятся другие воображаемые линии, линии меридианов (в чем может убедиться каждый, посмотрев на глобус или на карту). Удивительно то, что географические полюса ... тоже находятся в постоянном движении. Правда, его скорость ничтожно мала по сравнению со скоростью дрейфа полюсов магнитных. Ось земного вращения меняет свое положение примерно на 10 см за год.

Вероятная причина — уже известный нам дрейф материков и тектонические движения земной коры. Гигантские массы континентов нарушают баланс на поверхности планеты, и ось вращения из-за этого немного меняет свое положение. На фоне высоких скоростей дрейфа магнитных полюсов полюса географические, пол-



Полярное сияние



Крупнейшие магнитные аномалии на карте Земли

зущие со скоростью 10 см в год, можно считать домоседами.

В последнее время увеличились обе скорости смещений: как для магнитных, так и для географических полюсов. Из-за разницы в этих скоростях

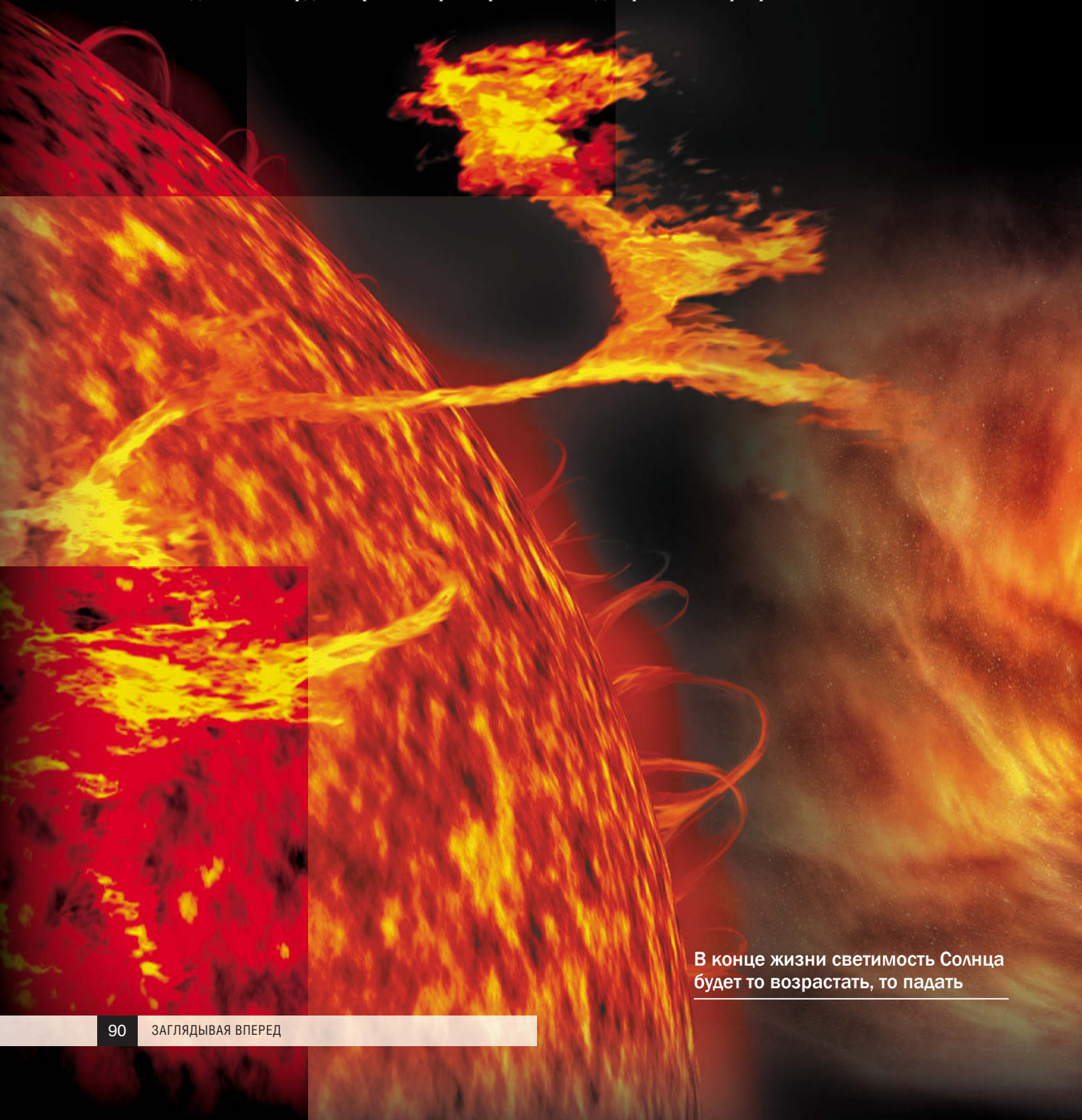
получилось так, что магнитный полюс постоянно «убегает» от географического. Вероятно, в недалеком будущем на морских картах придется делать важные поправки, позволяющие капитанам и штурманам правильно пользоваться компасом.



Гибель Солнца. Жизнь продолжается

Вся энергия, благодаря которой существует жизнь на Земле, имеет один источник — Солнце. Ни одна звезда во Вселенной (включая, разумеется, и Солнце) не может существовать вечно. Их жизненный цикл включает рождение, старение и гибель. Какова же при этом судьба нашей планеты? Каждый миллиард лет яркость и размеры

Солнца возрастают на 10 %. Пройдет 5,4 млрд лет, и оно увеличится настолько, что его края будут находиться как раз там, где сейчас лежит орбита Земли. Диаметр Солнца при этом возрастет в 80 раз. Это и будет максимальное увеличение размера и яркости звезды. Его излучение станет в три тысячи раз сильнее. Уже одно это наверняка уничтожит на нашей планете всякую жизнь. Нужно сказать, что океаны испарятся намного раньше — через 1,1 млрд лет. Затем наша звезда, пройдя все стадии развития, превратится в так называемого



В конце жизни светимость Солнца будет то возрастать, то падать

красного гиганта. После чего (еще через несколько сотен миллионов лет) резко уменьшит свои размеры и станет в белым карликом (тусклой звездой с колоссальной плотностью). Внутри белого карлика все ядерные реакции останавливаются, а светится он только потому, что температура его ядра медленно снижается. Затем он остынет, утратит свечение и станет черным карликом, который энергии не излучает.

Нынешнее Солнце — это шар, состоящий из плазмы (перегретых газов), где каждую секунду 600 млн т водорода вступает в ядерную реакцию, выделяя невероятную энергию. В центре звезды при невероятной температуре в 15 млн градусов происходит ядерное превращение водорода в гелий. Это и есть источник света и тепла, без которого невозможна земная жизнь. Как бы ни были

велики запасы водорода звезды, они тоже исчерпываются — когда «ядерное топливо» кончается, звезда умирает. Зная скорость сгорания водорода и общую массу Солнца, можно посчитать, сколько еще может прожить наша звезда.

Из подсчетов следует, что Солнце подходит к середине своей жизни. Наука астрофизика пытается предсказать, какой будет судьба Солнца, Земли и всей Солнечной системы через миллиарды лет. Для этого изучают другие звезды Вселенной. Все они находятся в разных возрастах, в разных точках своей жизни. Такие наблюдения дают возможность понять, какие стадии проходит в своем развитии звезда, как долго она живет и как умирает. В дни своей юности Солнце состояло из водорода на 70,6 %, а теперь водорода осталось только 36,3 %, то есть около половины. Это позволило сделать

**Меркурий будет
поглощен Солнцем**





Возможный сценарий будущего — столкновение с кометой

вывод о том, что наша звезда проходит середину цикла своего развития.

Ядерная реакция, превращающая водород в гелий, происходит в пространстве, причем объем, занимаемый реакцией, неуклонно растет. Так, как будто «реактор» расширяется. Поэтому повышается яркость Солнца и поэтому наступит момент, когда его объем достигнет Земли и сожжет ее.

Когда ядерное «горючее» закончится и водород выгорит, высокое давление на краях солнечного шара буквально сожмет опустевший центр звезды, где на месте израсходованного водорода возникнет вакуум. Резко сжимающаяся вследствие этого звезда увеличит концентрацию остатков водорода, снова запустится ядерная реакция — и Солнце

опять несколько расширится. Так пройдет несколько пульсаций умирающей звезды.

Когда водород закончится окончательно, звезда сожмется, а ее плотность невероятно возрастет. При таком огромном сжатии свойства газов меняются, они уже не подчиняются обычным законам физики, которые мы помним со школы. Скажем лишь, что такой суперсжатый газ называется вырожденным, а Солнце соответственно превратится в вырожденную звезду. Все это должно случиться через 4,5 млрд лет.

Главная цель всякой жизни и эволюции состоит в продолжении самой себя, в противостоянии смерти. Земная жизнь не вечна.

Пусть ее гибель произойдет через неопостижимый для человека миллиард лет, но мы



разумные существа и можем задумываться об этом уже сейчас. Единственный путь к спасению жизни — освоение космоса, колонизация других планет. Эволюция биосферы не создала птиц, летающих в космосе, или деревьев, выбрасывающих семена выше земной атмосферы. Однако она дала биосфере Земли гораздо лучшее приспособление — породила разумную жизнь. Именно на нас, на сегодняшних и будущих поколениях, лежит ответственность за спасение земной жизни. Будем надеяться, что срока в 1 млрд лет, которые сложно себе представить, человеку хватит для того чтобы достойно подготовиться к неминуемой катастрофе. Для решения такой задачи людям придется усовершенствовать себя и собственные знания

об окружающем мире. Для этого необходимо изменить и улучшить общество, чтобы наиболее одаренные и творческие люди не тратили свой талант и энергию впустую, перестали бесконечно совершенствовать дизайн утюга, разрабатывать брендинг-стратегию очередного сорта пива, стараться создать более интересные мобильные приложения. Хотелось бы верить, что люди не уничтожат свою планету в ядерной войне, не утонут в собственном мусоре и не потратят свой разумный потенциал зря. Водорода на Солнце пока много, но с каждой секундой его становится на 600 млн т меньше...

Начало освоению космоса уже положено землянами. Как оно будет продолжаться, зависит и от нас.

Алфавитный указатель

А-Z

Homo habilis 73 *см. также* Человек умелый
Homo sapiens 70, 76 *см. также* Человек разумный

А

Австралопитек 71
Аденозинтрифосфорная кислота 26
Аккреция 11
Анаэробы 26, 34 *см. также* Пастер Луи
Анкилозавр 55 *см. также* Динозавры
Аномалия магнитная Курская 31
Аномалокарис 44
Антарктида 18, 62–64
Антропоген 71
Архей 22–30
Археобактерии 33, 44
Археоптерикс 57 *см. также* Динозавры
Астеносфера 42
Астероид 18, 49, 60
Атмосфера 19–21, 25, 27, 33–34, 41, 85
азотно-кислородная 20
АТФ *см.* Аденозинтрифосфорная кислота

Б

Бариогенезис 7
Барион 7
Биосфера 23, 36, 83
Биохимическая эволюция 27
Бокситы 51
Большой взрыв 6–7
Бомбардировка метеоритная 12, 16–17, 19
Брахิโอлавр 54 *см. также* Динозавры

В

Ваальбара 24
Вегенер Альфред 42
Велоцираптор 54 *см. также* Динозавры
Ветер солнечный 88
Виноградский Сергей Николаевич 31
Водород 7, 14, 91–92
Водоросли сине-зеленые 26, 29, 34–35
Волны сейсмические 15
Вулкан 33, 41, 49
Вымирание:
мел-кайнозойское 58, 60–61, 67
пермское 49, 52, 58

Г

Газ:
благородный 20
углекислый 19, 21, 25, 29
Галактика 8
Гаметы *см.* Клетка половая
Гаттерии 54
Геосинклиналь 32
Гидросфера 21, 25, 33
Гнейс 15
Гондвана 43, 48, 51
Горообразование 43, 63, 65
Губки 37, 44

Д

Дарвин Чарльз 70
Движение земной коры 24, 30, 32, 42
Девон 32, 45, 47
Динозавры 54, 58, 60
Дождь:
кислотный 34, 61, 85
метеоритный 18

Дрейф 42–43
Дриопитек 71
Дэвис Дональд 17 *см. также* Теория гигантского столкновения

Е

Ефремов Иван Антонович 47

З

Звезда вырожденная 92

И

Излучение ультрафиолетовое 27–28, 34
Изотоп 22–23
Инверсия:
полюсов 87
температур 34
Индийский океан 46, 64
Инфляция космическая 7
Ихтиозавр 54 *см. также* Динозавры

К

Кавендиш Генри 86
Кайнозой 62, 64–67, 70
Каменноугольный период 47
Капли коацерватные 27–28
Карлик:
белый 91
черный 91
Катастрофа:
кислородная 33
ледяная 41
Кварцит 31
Кембрий 32
Кислород 21, 26, 29, 33–35
Клетка:
половая 37
эукариотическая 29, 35
Коацерват 27
Кора:
земная 12, 14–16, 24, 32
континентальная 24
океаническая 31
плавления 19
Кратер 16, 18, 60, 61
Кратон 30
Криогений 32 *см.* Ледниковый период
Кроманьонец 76

Л

Лава базальтовая 15, 24
Лавразия 43, 51
Ледник 40, 63–64, 69, 79
Ледниковый период 69, 76
Линии магнитного поля 87
Литосфера 27
Луна 16–17

М

Магма 15, 20, 21, 24
Магнетит 31
Мантия 12–16, 42
Материя 7
Мезозой 47, 50–51, 66–67
Метаморфизм 15
Метеорит 12–13, 16–20
железный 18
железо-каменный 18

каменный 18
 Тунгусский 18
 Миллер Стэнли 28
 Мировия, океан 5, 32, 41
 Мировой океан 63–64, 69, 84
 Митохондрия 29, 35
 Млекопитающие 56–59, 67–69
 Млечный путь 8
 Многоклеточность 36–37
 Моллюски 44, 49, 58, 66, 68
 Море внутреннее 65
 Мутация 57

Н

Неандерталец 76–7
 Нейтрон 7, 22
 Неоген 64
 Неолит 81
 Нефть 15, 43, 45, 51
 Никтифурет 47

О

Обезьяны 68, 70
 гоминиды 71, 73
 – рамапитек 71
 Облако первичное межзвездное 8
 Оледенение 25, 40–41
 Опарин Александр Иванович 27–28 *см. также*
 Капли коацерватные
 Орбита 17
 Организмы анаэробные *см.* Анаэробы
 Ордовик 46–47

П

Палеозой 42–45, 47, 49, 52
 Пангея 43, 51
 Парниковый эффект 25, 34, 41, 52
 Пастер Луи 26
 Период:
 догеологический 12
 пермский 47, 49
 Пестик 52 *см. также* Растения покрытосеменные (цветковые)
 Питекантроп 5
 Плазма 91
 Планетезималь 11, 16
 Породы горные 11, 15
 – вулканические 15
 – магматические 15
 – метаморфические осадочные 15, 31
 Подпись кислородная 16
 Поле:
 гравитационное 13
 земное магнитное 86, 88
 Полицентризм 77
 Полюс:
 географический 88
 магнитный 86
 Потепление 41, 49, 85
 Пояс:
 Восточно-Азиатский 65
 климатический 25, 63, 65
 Пресмыкающиеся *см.* Рептилии
 Пробионты 27
 Прокариоты 26, 35
 Протерозой 30, 32, 35–37
 Протоплатформа 24
 Протосолнце 9
 Прямохождение 71, 73

Р

Радиация 20, 25, 27, 33, 86
 Разлом 20, 24, 51, 65

Растения:
 голосеменные 52–54
 покрытосеменные (цветковые) 52–53
 сосудистые 48
 Рептилии 47, 54, 56
 Родиния 32, 40, 43 *см. также* Суперконтинент

С

Сингулярность космологическая 7
 Сияние полярное 88
 Складчатость 64
 Альпийская 63
 Байкальская 32
 Слой:
 базальтовый 15, 20
 гранитный 15
 озоновый 20, 33–34
 осадочный 15
 Строматолит 29
 Суперконтинент 43

Т

Тектоника 42
 Теория:
 большого взрыва 6–7
 возникновения человека 70
 гигантского столкновения 17
 континентального дрейфа 42–43
 эволюционная 70
 Тетис, океан 65
 Тиллит 25
 Трехбугорчатые 57 *см. также* Млекопитающие
 Триас 52, 55
 Трилобит 44, 49
 Триоплакс 36–37
 Туманность 8, 10

Ф

Фагоцителла 36–37
 Фораминиферы 44, 49
 Фотосинтез 29, 34, 41, 52

Х

Харния 37
 Хитин 44
 Хлоропласт 29, 35
 Хоботные 67

Ц

Центр планетарных исследований 86
 Цитоплазма 29

Ч

Человек:
 денисовский (алтайский) 77
 разумный 70
 умелый 70, 73

Ш

Шанидар, пещера 76 *см. также* Неандерталец
 Шатский Николай Сергеевич 32

Э

Эволюция 11, 36, 53–55, 67, 62
 биохимическая 27 *см. также* Опарин Александр Иванович
 Эоцен 65
 Эубактерии 29
 Эукариоты 29, 35

Ю

Юри Гарольд 28

Я

Ядро земное 12, 14, 17, 86

Занимательная ЭНЦИКЛОПЕДИЯ



Как образовалась планета Земля? Когда зародилась жизнь, появились первые животные и современный человек?

Благодаря совместным усилиям множества ученых теперь мы можем ответить на эти вопросы, изучить прошлое и спрогнозировать будущее нашей планеты. Ведь эволюция Земли удивительна и непрерывна: материки расходятся и соединяются вновь, одни живые существа уступают место другим, а изменение климата происходит у нас на глазах.

Здесь вы получите самую актуальную информацию о развитии нашей планеты.

Прекрасные иллюстрации позволяют вам окунуться в удивительную атмосферу тайны: наблюдать рождение и развитие Земли, появление первых живых организмов, становление человека как вида и многое другое. Вы узнаете все самое важное и интересное о нашей планете, о последних открытиях и дискуссионных вопросах, разрешить которые исследователям еще предстоит.