

100

ВЕЛИКИХ
ТАЙН
ЗЕМЛИ



100 великих (Вече)

Александр Волков

100 великих тайн Земли

«ВЕЧЕ»

2013

Волков А. В.

100 великих тайн Земли / А. В. Волков — «ВЕЧЕ», 2013 — (100 великих (Вече))

ISBN 978-5-4444-0495-9

Какой была наша планета в далеком прошлом? Как появились современные материки? Как возникли разнообразные ландшафты Земли? Что скрывается в недрах планеты? Научимся ли мы когда-нибудь предсказывать стихийные бедствия? Узнаем ли точные сроки землетрясений, извержений вулканов, прихода цунами или падения метеоритов? Что нас ждет в глубинах Мирового океана? Что принесет его промышленное освоение? Что произойдет на Земле в ближайшие десятилетия, глобальное потепление или похолодание? К чему нам готовиться: к тому, что растает Арктика, или к тому, что в средних широтах воцарятся арктические холода? И виноват ли в происходящих изменениях климата человек? Как сказывается наша промышленная деятельность на облике планеты? Губим ли мы ее уникальные ландшафты или спасаем их? Велики ли запасы ее полезных ископаемых? Или скоро мы останемся без всего, беспечно растратив богатства, казавшиеся вечными? Вот лишь некоторые вопросы, на которые автор вместе с читателями пытается найти ответ. Но многие из этих проблем пока еще не решены наукой. А ведь от этих загадок зависит наша жизнь на Земле!

ISBN 978-5-4444-0495-9

© Волков А. В., 2013

© ВЕЧЕ, 2013

Содержание

Прошлое и будущее	5
Глобальная тектоника плит	5
Так ли безупречна тектоника плит?	8
В поисках древних континентов	11
Превращалась ли земля в снежный ком?	14
Как рождалась Европа?	17
Почему разломилась Пангея? Куда исчезла Гондвана?	20
Рождение Южной Атлантики	23
Парк юрского периода	27
Парник мелового периода	30
Почему наступают ледниковые эпохи?	33
Конец ознакомительного фрагмента.	37

Александр Волков

100 великих тайн Земли

Прошлое и будущее

Глобальная тектоника плит

Шестого января 1912 года на главном собрании Германской геологической ассоциации тридцатидвухлетний Альфред Вегенер прочитал доклад о возникновении океанов и континентов, повергнув в шок ученую публику. Вегенер говорил о том, что континенты не всегда находились там, где мы видим их на карте. Нет, на протяжении всей истории нашей планеты они меняли свое положение.

Коллеги встретили его теорию в штыки. Само представление о том, что части земной коры, включая материки, могут перемещаться по поверхности планеты, казалось им абсурдным. Оно противоречило всему, что было известно тогдашней науке. Прошло почти полвека, прежде чем эта «абсурдная теория» была реабилитирована и легла в основу современной географии. Почему же научный мир так долго отказывал Вегенеру в признании?

Начиная с XVII века ученые пытались объяснить происхождение нашей планеты, а также ее характерного рельефа. Так, знаменитый английский физик Роберт Гук, ревностный соперник Ньютона, обратив внимание на то, что вдали от моря обнаруживают останки морских животных, сделал вывод, что на протяжении земной истории очертания морей и суши неоднократно менялись.

Но к началу XX века большинство географов считало, что соотношение морей и континентов оставалось неизменным с древнейших времен. Рельеф планеты менялся только за счет того, что ее недра постепенно остывали и она неравномерно сжималась. Другие полагали, что горы возникают оттого, что накапливаются отложения осадочных пород.

Среди этих дискуссий памятный доклад Вегенера прозвучал подобно взрыву разорвавшейся бомбы. Он говорил о дрейфовавших континентах, разрастающихся морях, о том, что расположенные в глубине Евразии Уральские горы и Гималаи образовались в результате столкновения континентов – одни (Гималаи) сравнительно недавно, другие очень давно.



Альфред Вегенер своей теорией о возникновении океанов и континентов поверг в шок ученую публику

Его не слушали. Его теория убедительно объясняла целый ряд событий в истории нашей планеты, но и впрямь была плохо аргументирована. Вегенер не мог объяснить, какие силы приводят в движение целые континенты.

Важнейший вклад в популяризацию его теории внес британский геолог Артур Холмс. Он предположил, что силой, движущей континенты, могут быть мощные конвективные потоки вещества в недрах Земли. Горячие массы медленно поднимаются из глубины планеты, в то время как более холодные породы постепенно опускаются вглубь.

Еще при жизни Вегенера, в 1925 году, посреди Атлантического океана была обнаружена протяженная горная цепь. Позднее было установлено, что срединно-океанические хребты тянутся по всему земному шару, а в 1953 году американские физики Морис Эвинг и Брюс Хизен открыли, что вдоль подводных хребтов простираются желоба – глубокие разломы в земной коре. Через несколько лет еще один американский ученый, Гарри Хесс, предположил, что система срединных хребтов – это область, где постоянно рождается новая океаническая кора. Сквозь разломы к поверхности устремляется горячая магма, раздвигая лежащие по обе стороны желоба участки морского дна. Так была найдена главная движущая сила глобальной тектоники плит. С середины 1960-х годов гипотеза Вегенера окончательно утвердилась в науке, став основой современной географии.

Как мы теперь знаем, земная кора состоит из семи крупных и целого ряда небольших литосферных плит, охватывающих всю ее поверхность. Они перемещаются, сталкиваются друг с другом, цепляются краями или «подныривают» одна под другую.

При столкновении двух океанических плит или океанической и континентальной образуется зона субдукции. Край одной из плит здесь погружается в глубь Земли и полностью расплавляется уже на глубине около 100 километров, где царят температуры от 1000 до 1500° С. Вдоль края другой плиты образуется цепь вулканических гор. Часто в зонах субдукции пролегают глубоководные желоба. Пример тому – Марианский желоб, возникший при столкновении Филиппинской и Тихоокеанской плит.

При столкновении двух континентальных плит образуются высокие горные системы, например Альпы или Гималаи. Последние возникли при столкновении Индо-Австралийской плиты с Евразийской (оно произошло около 40 миллионов лет назад). Индия и теперь подвигается на север со скоростью 5 сантиметров в год, а потому Гималаи продолжают расти.

Часто плиты не сталкиваются друг с другом в лоб, а скользят рядом, цепляясь краями. Возникающее при этом напряжение разряжается в виде сейсмических ударов, иногда очень мощных. Так, в районе Калифорнии, где Северо-Американская плита скользит вдоль Тихоокеанской, в результате такой сейсмической активности образовался разлом Сан-Андреас.

С появлением глобальной тектоники плит взгляд на эволюцию нашей планеты решительно изменился. Недаром эту теорию ставят в один ряд с учением об эволюции Дарвина и теорией относительности Эйнштейна. Но так ли она совершенна? В последние годы ставший уже классическим взгляд на движение литосферных плит постепенно меняется по мере того, как мы узнаем все новые факты.

Теперь тектоника плит, чем больше мы ее изучаем, представляется нам неким саморегулирующимся механизмом, в работе которого участвуют все системы, составляющие нашу планету.

Известно, например, что горы оказывают очень большое влияние на климат Земли. Но теперь становится ясно, что и климат влияет на тектонические процессы, протекающие в ее недрах. Пример тому – Анды, горная система, возникшая там, где океаническая плита Наска погружается под Южно-Американскую плиту. В южной части Анд климат влажный, что способствует развитию эрозионных процессов. Поэтому в Тихий океан попадает большое количество осадочных отложений. Они смягчают соударение плит. В северной и центральной частях

Анд климат сухой. Здесь почти не образуется осадочных отложений, а потому океаническая плита буквально соскребает край континента. Сила трения плит здесь так велика, что расположенная вдоль побережья горная система Анд вздымается все выше. Дождевые тучи все реже перебираются через эту стену, вознесшуюся у них на пути. Как следствие, на западных склонах Анд все реже идут дожди, что лишь ослабляет эрозионные процессы.

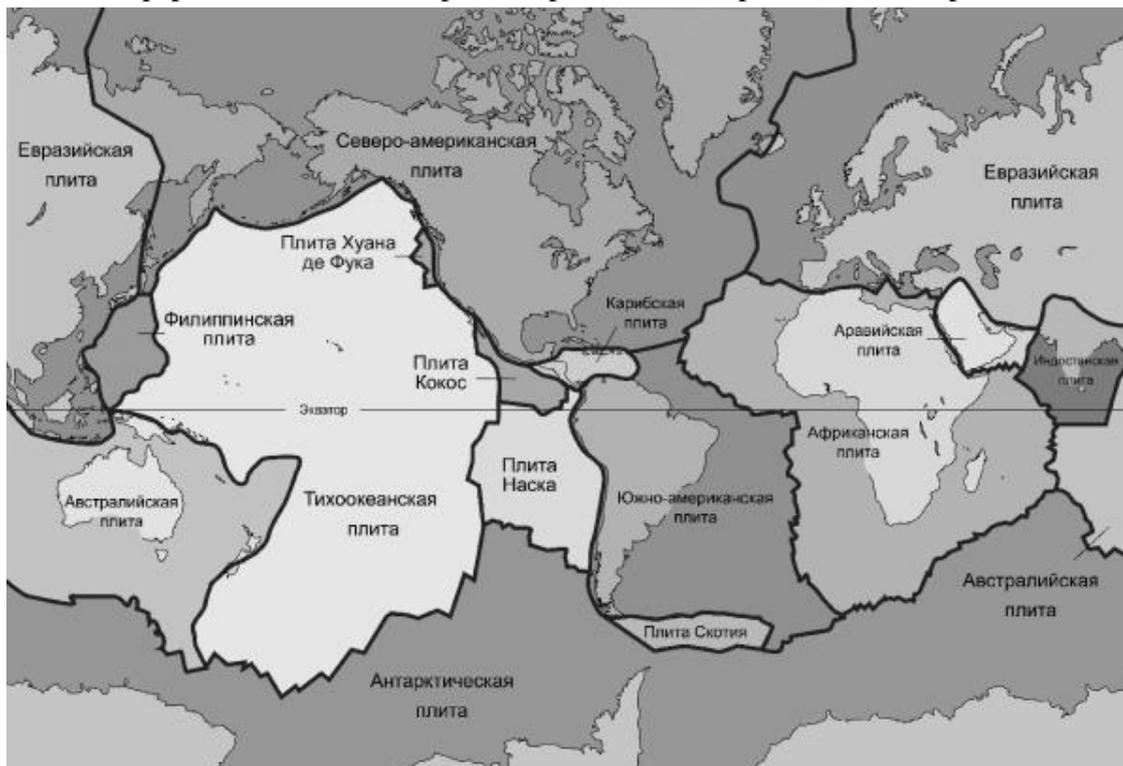
Ученые продолжают спорить и о том, по какой причине движутся литосферные плиты. Здесь много неясного, как и во времена Вегенера. Большинство придерживается мнения о том, что главной движущей силой являются медленные конвективные течения, которые возникают благодаря переносу тепла между расплавленным ядром Земли и ее мантией. Однако это плохо согласуется с наблюдаемой нами картиной тектонических движений.

Сторонники другой теории исходят из того, что в недрах планеты имеются два центра конвекции. Главный лежит под Африкой. Другой центр конвекции расположен на противоположной стороне земного шара – под Тихоокеанской плитой, которая постепенно уменьшается в размерах. Возможно, когда-нибудь все нынешние материки сойдутся на территории, занимаемой Тихим океаном, и, как это уже было в истории Земли, образуют суперконтинент, чтобы потом, со временем, когда он разломится на отдельные части, пуститься в обратном направлении. Начнется очередной цикл движения континентов.

Итак, идея Вегенера положила начало грандиозной революции в наших воззрениях на природу Земли. Эта революция не окончилась, она продолжается в тиши научных кабинетов, за экранами компьютеров и в экспедициях, проводимых в «горячих точках планеты» – там, где сталкиваются друг с другом не люди, а глыбы, материки.

Так ли безупречна тектоника плит?

Итак, за последние десятилетия гипотеза Вегенера превратилась во всеильную – и единственно верную – теорию, с помощью которой ученые готовы объяснить любой геологический феномен. В наше время трудно найти какой-либо раздел наук о Земле, в котором не используется тектоника плит. Так ли это необходимо? И все ли ясно с движением плит? Почему все-таки разламываются континенты? Почему литосферные плиты до сих пор не раздавили Африку? Куда исчезает старое океаническое дно? Почему землетрясения иногда происходят посреди литосферных плит? Рассмотрим подробнее некоторые из этих вопросов.



Границы тектонических плит Земли

Через весь Мировой океан тянутся срединно-океанические хребты. Это – швы, скрепляющие литосферу. По классической теории тектоники поток горячих базальтовых пород, изливающихся из недр Земли, поднявшись к ее поверхности, раздвигает океанические литосферные плиты. Затем он растекается по обе стороны шва и застывает. Так разрастается земная кора. Под напором магмы океаническая плита, словно перемещаемая громадным транспортером, надвигается на другую литосферную плиту, движущуюся ей навстречу, например более тяжелую континентальную плиту. В результате их столкновения край океанического дна «подныривает» под эту плиту и погружается в мантию Земли. Эту зону, где край одной литосферной плиты затягивается под другую, называют зоной субдукции. В самой мантии также движется поток вещества. В зоне срединно-океанического хребта он поднимается к поверхности и, изливаясь, раздвигает лежащие над ним плиты. Все повторяется. Потоки вещества непрерывно циркулируют, то исчезая в недрах Земли, то растекаясь по дну океана.

Если эта модель верна, то где-то по обе стороны от каждого подводного хребта должна лежать зона субдукции. Или, иными словами, если здесь земная кора разрастается, то там она должна исчезать. Однако один из континентов – Африка – удивляет ученых. Земная кора вокруг нее лишь разрастается, но никакой зоны субдукции, где лишнее вещество могло бы

исчезнуть в недрах Земли, здесь нет. Со всех сторон на Африку надвигаются потоки вещества, поднявшегося наверх. Они все прибывают... Кажется, под их напором громадный материк, в конце концов, сомнется, но этого не происходит. Наоборот, Африка расширяется! Почему?

Может быть, срединно-океанические хребты тоже движутся, постепенно удаляясь от Африки? В таком случае Африканская плита – точнее, подводная ее часть – будет неизменно увеличиваться в размерах. Но если эти хребты движутся, то привычная модель, описывающая поведение вещества в недрах Земли, перестает работать. В настоящее время считается, что под каждым из неподвижных срединно-океанических хребтов сходятся два конвективных кольца, по которым циркулирует разогретое мантийное вещество. Здесь образуется восходящий поток. Он изливается по обе стороны хребта. Такие зоны разрастания земной коры пролегают вдоль Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Неужели это не так?

В альтернативной модели имеются лишь два восходящих потока: один по-прежнему располагается под Тихим океаном, другой же торит дорогу наверх под Африканским континентом. С первым из них все ясно, схема его движения осталась той же, что и в классической модели. Поговорим подробнее о другом потоке, который изливается под Африкой. Конечно, пробиться сквозь континентальную толщу он не может. Земная кора ограждает его, как гранитная набережная – реку. Горячее мантийное вещество растекается под земной корой. Наконец, эта «подземная река» достигает океанических хребтов. Здесь она прорывает стеснявшую ее оболочку и просачивается наружу. Продолжив наше сравнение, скажем, что так же река прорывает плотину.

В подобной модели Африка будет лишь расширяться. Однако сейсмические исследования пока не подтверждают этот вывод. Процессы, происходящие в недрах Земли, выглядят гораздо сложнее, нежели в простых, схематичных теориях, четко указывающих, каким частям литосферы в какую сторону следует двигаться. Пока же лишь эмпирические наблюдения убеждают нас в том, что Африке не грозит превратиться в лепешку под напором грозно сомкнувшихся плит. Однако ученые еще не в силах убедительно объяснить, какой же подземной силе приписать ее чудесное спасение.

А вот другая загадка. Глобальная тектоника занимается, прежде всего, краями литосферных плит. Все самое интересное происходит именно там, где одна плита соприкасается с другой: там бушуют вулканы, там громоздятся горные цепи, там землю сотрясают удары стихии, затаившейся в недрах. С помощью тектоники плит легко объяснить все эти феномены. Лишь одно смущает ученых: покоя нет и посреди литосферных плит. Землетрясения, например, наблюдаются даже здесь. Похоже, пресловутые плиты – движущая сила современной геологии – вовсе не являются столь монолитными, как того требует теория. Тут что-то не так.

Остается признать, что структура плит, очевидно, очень сложна. В них имеются ослабленные участки, есть небольшие швы и изломы. Так стоит ли удивляться тому, что плиты сплошь и рядом не выдерживают приходящихся на них нагрузок и «трещат по всем швам».

Естественно, в наше время – время строительства атомных электростанций и грандиозных плотин – ученые и инженеры хотели бы доподлинно знать, насколько слабы те или иные плиты, на которых они собираются возводить свои сооружения. Проще говоря, можно ли считать такой-то район сейсмически опасным? Какова вероятность того, что в ближайшие 100 лет здесь может разразиться землетрясение с магнитудой, равной 7 баллам? Подобное событие будет иметь катастрофические последствия.

Во многих случаях ответить на заданные нами вопросы легко. Возьмем для примера один из самых густонаселенных районов США – Калифорнию. Через весь этот штат, вытянувшись на 1300 километров, пролегает разлом Сан-Андреас. В его окрестностях подземные толчки наблюдаются столь часто, что местные жители готовы к ударам стихии. Они строят здания с учетом сейсмической опасности и принимают другие меры, чтобы уменьшить возможное число жертв.

Итак, люди, живущие вдоль границ литосферных плит, вынуждены все время помнить о грозящем им бедствии. А вот посреди плит мощные землетрясения случаются очень редко – в среднем раз в тысячу лет. Поэтому место, где в следующий раз ударит стихия, неизвестно. Ни одну из подобных катастроф нельзя предсказать, ведь прежде ничего подобного в этом районе не наблюдалось.

Осенью 1993 года неожиданный удар потряс штат Махараштра на западе Индии. Здешние жители не были готовы к этой катастрофе, ведь местность считалась сейсмически безопасной. Однако земля содрогнулась именно здесь, и это событие унесло жизни почти 10 тысяч человек. В 1968 году сразу три сильных землетрясения произошли в Австралии, посреди Индо-Австралийской плиты. К счастью, все они произошли в пустынной местности, где почти не было людей. В начале XIX века неожиданные землетрясения наблюдались в равнинной долине Миссисипи. Множество бревенчатых хижин рассыпалось, не выдержав подземных толчков.

Авторитетные геофизики считают, что нужно составить всемирную карту деформаций литосферных плит. Однако движения, происходящие посреди плит, настолько малы, что их трудно зафиксировать. На эту работу уйдет много лет. Но цель все же оправдывает средства. Благодаря этой карте мы увидим зоны наиболее сильных деформаций. Именно они являются источниками сейсмической опасности.

В поисках древних континентов

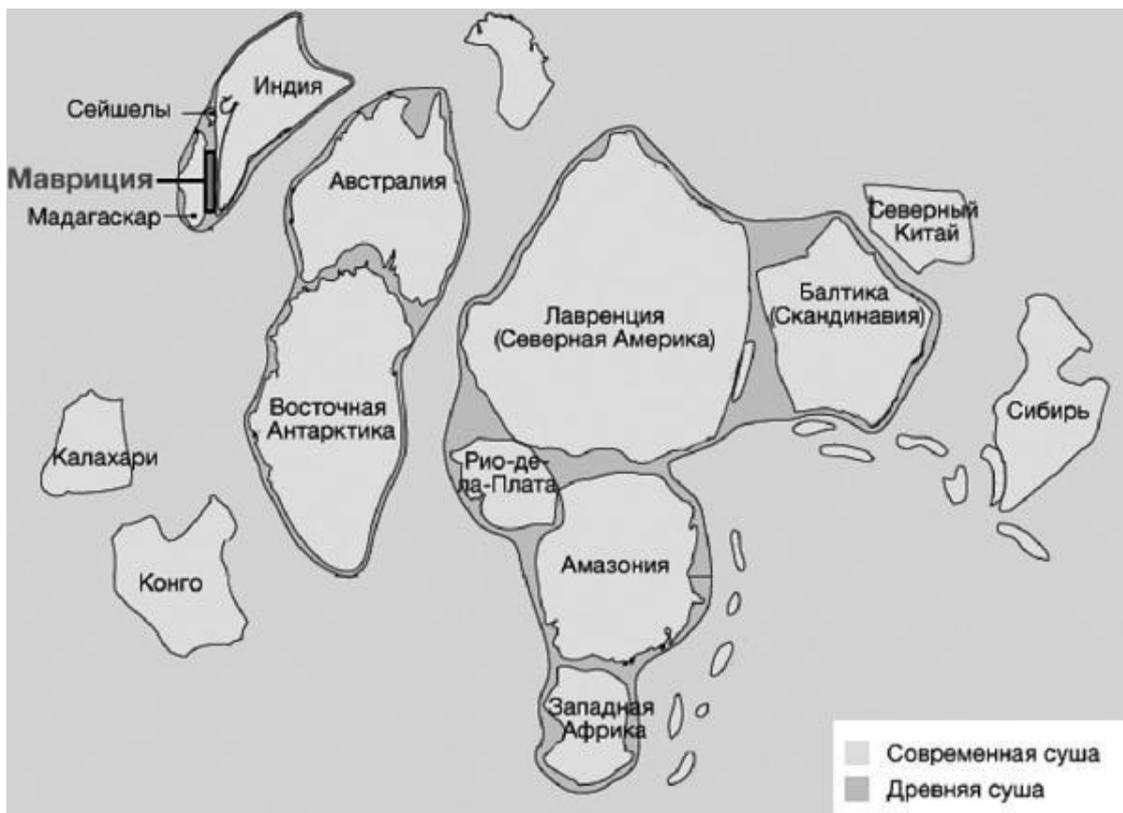
Совершим путешествие почти на 2 миллиарда лет в глубь истории нашей планеты. Тогда ее облик был непривычен. Посреди океана, населенного лишь сине-зелеными водорослями и бактериями, лежал один-единственный материк. Он простирался на 12 тысяч километров, достигая в поперечнике 5 тысяч километров. Так предполагает американский геолог Джон Роджерс. По его расчетам, этот суперконтинент появился 1,7 миллиарда лет назад.

Впервые о существовании этого материка заговорил немецкий геолог Ханс Штилле в 1944 году. Позднее стали появляться тому доказательства. Материк даже окрестили Мегагеей. Наконец, в 2002 году Роджерс описал забытый материк, дав ему новое имя, в своей статье «Конфигурация Колумбии, суперконтинента среднего протерозоя».

Облик Колумбии он прихотливо составил из современных континентов и островов. В ту пору западное побережье Индии граничило с западным побережьем Северной Америки; Южная Австралия примыкала к Канаде, а восточное побережье США – к Западной Бразилии. Гренландия оказалась соседкой Сибири, как та же Индия – Антарктиды.

Гипотезу Роджерса подкрепляет и статистика геологов. Около 1,8—1,7 миллиарда лет назад в разных частях света образуются мощные горные цепи. Возможно, они возникают при столкновении отдельных частей суши, сливавшихся в одно целое. Однако суперконтинент оказался неустойчив и начал распадаться на части примерно 1,5 миллиарда лет назад. Это время характеризуется очень интенсивным образованием магматических пород – верный признак того, что земная кора растягивалась и континенты отдалялись друг от друга.

Их последующее местоположение ученые воссоздают, используя метод палеомагнитного анализа. Он помогает понять, где родилась – допустим, возникла из застывающей лавы – та или иная порода. Как известно, минералы, обладающие магнитными свойствами, в момент своего рождения ориентируются вдоль магнитного поля Земли. Лава застынет, пройдут миллионы лет, но эти минералы все так же будут указывать направление магнитного поля в далеком прошлом. А зависит оно от географической широты, ведь на любой широте Земли своя инклинация (магнитное наклонение) – свой определенный угол между вектором напряженности геомагнитного поля и земной поверхностью. Зная возраст минерала, можно определить, на какой широте он находился в то время, когда возник.



Реконструкция Родинии (1,1 млрд лет назад)

Впрочем, «магнитный справочник» весьма неполон. В него не вписаны объекты, чей возраст превышает 1,1 миллиарда лет. Почти все более древние породы расплавились и утратили прежние магнитные метки. И все же этот «справочник», запечатленный в камне, – если заглянуть и пролистать его, – помогает понять, как выглядела Земля около миллиарда лет назад. Тогда все части света вновь соединились. Они напоминали россыпь виноградин, повисшую на веточке. Новый суперконтинент назвали Родинией. В этом имени угадывается до боли знакомое русское слово. В самом деле, этот древний континент назван так в честь Родины – может быть, родины жизни.

К моменту возникновения Родинии почти всю нашу планету – от 90 до 95 % ее поверхности – покрывал гигантский океан (сегодня на долю Мирового океана приходится лишь 70 % поверхности Земли). С появлением Родинии разительно изменились и морские течения, и климат. Именно тогда, по предположению американского геолога Эйдриджа Муреса, на Земле впервые установилась смена времен года.

Ввиду изменения климата стало меняться и содержание кислорода в атмосфере. Через 500 миллионов лет это привело к взрывному распространению жизни на нашей планете.

Появление Родинии было отмечено катастрофами. Это виноградинки вырастают бесшумно, а острова или материки, согнанные вместе работой земного «конвейера», что есть силы сшибались. После каждой сшибки на месте недавнего зазора поднимались горы. Остатки той горной цепи протянулись почти по всему востоку США. Здесь древний хребет обрывается, чтобы продолжиться... на востоке Антарктиды и, возможно, в Австралии.

В истории Родинии по-прежнему много неясного. Вопросы вызывает и ее хронология, и расположение в ее составе нынешних континентов. Предложено несколько моделей, реконструирующих ее облик. Наиболее популярные модели носят названия SWEAT (*Southwest US – East Antarctica*), AUSWUS (*Australien – western US*) и AUSMEX (*Australien – Mexico*). Во всех

этих моделях основу Родинии составляет древнейший континент Лаврентия. Он охватывал отдельные области современной Гренландии, Северной Америки и Восточной Сибири.

В модели SWEAT к юго-западной оконечности Лаврентии (та находилась примерно там же, где сейчас – Северная Америка) примыкала Антарктида, которая, в свою очередь, соединялась с Австралией. В модели AUSWUS Австралия примыкала к западному побережью Лаврентии, Антарктида опять же соединялась с Австралией, но лежала заметно южнее, а потому не соприкасалась с Лаврентией. Наконец, в модели AUSMEX Австралия лежала далеко к югу от Лаврентии, но все-таки два континента – Австралия и Лаврентия – соприкасались друг с другом на широте современной Мексики.

В 2009 году С. Богданова, С. Писаревский и Чжу Ли раскритиковали все три модели на страницах журнала *Stratigraphy and Geological Correlation*. По их мнению, с запада к Лаврентии примыкал Южный Китай. Части Южной Америки граничили с восточным побережьем Лаврентии, севернее находилась Балтика. К югу от Лаврентии располагались отдельные области будущей Гондваны, а к северу – Гренландия и Сибирь.

В свою очередь, другие ученые возражают против этой картины. Очевидно, пройдет еще немало времени, прежде чем будет найдена такая конфигурация Родинии, которая удовлетворит всех геологов.

По предположению американского сейсмолога Пола Силвера, с возникновением Родинии тектонические движения плит прекратились. Перестали выбрасывать огненную лаву вулканы. Земная кора стала заметно толще. Это затишье продолжалось около 100 миллионов лет. Потом недра Земли перегрелись настолько, что начались грандиозные вулканические извержения. Это привело к распаду Родинии, и тогда движения литосферных плит возобновились.

Примерно через 150 миллионов лет после своего возникновения Родиния распалась на две части – Северную и Южную Родинию. Вероятно, она была сокрушена мощным потоком магмы, пробившимся из недр Земли.

Вся история континентов на нашей планете – словно покачивание маятника. Взмах влево – материки разбросаны по океанам. Взмах вправо – «камешки» складываются в мозаику, образуя огромный континент. На нашем календаре: 600 миллионов лет до дня сегодняшнего, и маятник повернул в очередной раз. Сформировался еще один суперконтинент – Паннотия. Однако законы глобальной тектоники сокрушили и его.

Следующие названия – Гондвана, Лавразия – уже на слуху и даже на страницах школьных учебников. В конце каменноугольного периода (359—299 миллионов лет назад) два этих материка сблизилась вплотную. Возник новый суперконтинент – Пангея. Он протянулся почти на 14 тысяч километров. Почти 100 миллионов лет длилось затишье. Потом Пангея, как подтаявшая льдина, начала трескаться, раскалываться.

Дальнейший дрейф континентов хорошо известен. Возможно, со временем будут подробно изучены и «злоклучения» Колумбии. А пока геологи задаются вопросом: «А что было до Колумбии?» Предполагается, что около 3,8 миллиарда лет назад существовала Археогия – «древнейшая Земля»; около 3 миллиардов лет назад – Протогея, «первичная Земля».

Превращалась ли земля в снежный ком?

В позднем протерозое – примерно 750—580 миллионов лет назад – оледенение охватило большую часть планеты, причем, как полагают ученые, в эту эпоху было по меньшей мере два периода продолжительностью от 5 до 10 миллионов лет, когда вся Земля превращалась в «снежный ком» – покрывалась льдами. Даже океаны были скованы километровой толщей льда. Лишь тепло, притекавшее из недр Земли, спасало их от полного промерзания.

Эту гипотезу предложил в 1992 году американский геолог Джозеф Киршвинк. Вскоре она получила популярность, хотя еще и теперь оспаривается учеными. Впрочем, и до Киршвинка высказывались догадки о том, что в истории Земли были эпохи глобального оледенения.

Так, в 1964 году Брайан Харланд из Кембриджского университета опубликовал в нескольких специализированных геологических изданиях результаты своих геомагнитных исследований. Из них явствовало, что в позднем протерозое ледники находились близ экватора. Тогда же советский ученый Михаил Будыко заговорил о «положительной обратной связи»: когда ледники достигнут 30° северной или южной широты, они начнут разрастаться до тех пор, пока вся Земля не будет скована льдами. Дело в том, что в низких широтах солнечные лучи падают на поверхность Земли под таким углом, что большая часть их отражается ото льда и рассеивается. Это приводит к очень быстрому охлаждению планеты. Полное оледенение суши, как показывают расчеты, займет всего несколько десятилетий.



После распада Родинии, в позднем протерозое – примерно 750—580 млн лет назад, – оледенение охватило большую часть планеты

Но окончательное становление этой гипотезы связано с именем геолога из Калифорнийского технологического института Киршвинка. Что же убедило его в том, что ледники в тот период простирались вплоть до экватора? Изучив образцы пород, взятые в Австралии, в рай-

оне хребта Флиндерс, он увидел, что там есть породы, которые могли возникнуть только в условиях оледенения и что они формировались близ экватора (это показали палеомагнитные исследования). Последующие работы подтвердили его правоту.

В 1998 году Пол Хофман из Гарвардского университета опубликовал на страницах *Science* результаты изучения карбонатных пород в Намибии, относившихся к эпохе позднего протерозоя. Как выяснилось, в них содержалось крайне мало изотопа углерода-13. Это можно было также объяснить оледенением планеты и тем, что всякая биологическая активность в этот период почти прекратилась. Ведь при заметном увеличении биомассы возрастает и количество изотопа углерода-13 в карбонатах.

Наконец, в марте 2010 года журнал *Science* сообщил, что ученые из Принстонского университета установили, что 716,5 миллиона лет назад ледники достигли экватора. Так еще раз подтвердилась правота этой странной гипотезы.

Что же вызвало такое мощное оледенение? Предположительно главной причиной было то, что громадный континент – Родиния – разломился на отдельные части. Теперь осадки выпадали во всех уголках суши. Прежде же центральная область Родинии представляла собой обширную пустыню, где почти никогда не шли дожди и не выпадал снег. Дождевая вода содержит углекислый газ. Проникая в почву, этот парниковый газ вступает в реакцию с содержащимися здесь веществами и таким образом связывается, извлекается из атмосферы. По этой причине в эпоху позднего протерозоя содержание углекислого газа в атмосфере уменьшалось, а потому понижалась и средняя температура на Земле. В конце концов, вся ее поверхность постепенно покрылась льдами. Такова в общих чертах эта гипотеза.

Канадский геофизик Грант Янг считает, что причина оледенения в тропиках была другой. Земная ось в ту пору была наклонена не на 23°, а на 54°. В таком случае в районе экватора будет холоднее, чем на полюсах. И может быть, оледенение ограничивалось именно тропической областью, в то время как в полярных областях установился жаркий климат? В самом деле, изучая ледниковые отложения, геологи обнаруживают характерные структуры, которые свидетельствуют об очень резких сезонных колебаниях климата в ту эпоху – похоже, земная ось и впрямь была наклонена тогда сильнее, чем сегодня.

Отступление ледников чаще всего связывают опять же с процессами глобальной тектоники плит. Вдоль границ плит начались многочисленные извержения вулканов. Это привело к тому, что содержание углекислого газа в атмосфере в 350 раз превысило нынешнюю его концентрацию. На Земле начался «галопирующий парниковый эффект» (не в пример нынешнему!). В то время на планету обрушивались такие страшные ливни и ураганы, что мы с трудом можем себе это представить. Земля была почти не пригодна для жизни.

Пол Хофман полагает, что ледники растаяли буквально «мигом» – менее чем за 100 тысяч лет, хотя геологических свидетельств этому не обнаружено. Предполагается, что после таяния льдов на Земле установился чрезвычайно жаркий климат. Температура доходила до 50 °С.

Еще одна гипотеза гласит, что именно в то время, когда вся планета покрывалась льдами, стали формироваться «колонии клеток» – многоклеточные организмы. Когда же в эдиакарском периоде (635—541 миллион лет назад) наступило потепление, началось и бурное распространение этих организмов. Возникла уникальная экосистема – «сады Эдиакары».

Противники теории «Земля – снежный ком» обращают внимание на то, что она основана на очень небольшом числе фактов. Результаты палеомагнитных исследований пород, относящихся к эпохе протерозоя, крайне ненадежны. Точно так же нельзя уверенно реконструировать, где располагались континенты в интересующую нас эпоху. Многие указывают на то, что в конце протерозоя наблюдались периоды оледенения, но на основании этого нельзя делать вывод о том, что вся Земля на миллионы лет покрывалась льдами.

Кроме того, полное оледенение планеты, продолжавшееся миллионы лет, привело бы к вымиранию всех организмов, вырабатывающих кислород путем фотосинтеза. На Земле сохранились бы только организмы, в основе жизнедеятельности которых лежат совсем другие формы обмена веществ. Конечно, подобные организмы существовали на Земле и в те времена, есть они и теперь, например археобактерии и серобактерии. Однако, по мнению ученых, невозможно представить себе, что могло побудить их после таяния ледников отказаться от привычного способа питания и перейти к фотосинтезу.

Так, может быть, океан тогда не полностью был скован льдами? Так, в 2010 году журнал *Geology* сообщил, что в Австралии, в районе того же хребта Флиндерс, были обнаружены образцы пород, которые свидетельствуют, что, по крайней мере, некоторые участки океана были свободны ото льда. Речь идет о породах, которые возникают, когда в открытом море поднимаются штормовые волны. Те выхватывают с морского дна камни и песок, увлекая их за собой, а потом, перенеся свою добычу куда-либо в другое место, оставляют ее, и она оседает на дне, где-нибудь у побережья. Там, среди обычных осадочных отложений, неожиданно обнаруживаются посторонние породы, попавшие сюда издалека. Очевидно, и в период «полного оледенения» сохранялись гигантские «полюнья», по которым перекачивались волны. Именно благодаря подобным оазисам, где имелась жидкая вода и куда проникал солнечный свет, на планете все-таки уцелели древнейшие организмы, населявшие ее.

Вскоре по окончании криогения (850—635 миллионов лет назад) – так называется этот период глобального оледенения – произошел «кембрийский взрыв»: на Земле появились самые разные виды многоклеточных животных.

Как рождалась Европа?

На фотографиях, сделанных из космоса, Европа представляет собой монолитный массив суши – часть громадного континента под названием Евразия. Разумеется, так было не всегда. Если бы нам удалось очистить Европу от видимой поверхности, как апельсин от кожуры, то мы заметили бы многочисленные «шрамы» – границы древних литосферных плит, столкнувшихся когда-то друг с другом, а затем слившихся воедино. Эти шрамы могут многое рассказать об очень драматичной истории той части света, где живет большинство из нас, россиян. Хроника становления «Соединенных Плит Европы» очень запутанна и темна – тем больший интерес она вызывает у исследователей.

Где же притаились эти «шрамы» – швы, стянувшие разрозненные части разных литосферных плит в единое европейское целое? Из каких же фрагментов сложен, подобно пазлу, остов Европы? Когда и как они заняли свое привычное для нас место? Как удалось восстановить историю этих «слияний и поглощений»?

Это границы современных литосферных плит выдают себя, например, постоянной сейсмической активностью или необычным рельефом – там стеной выросли Анды, там разверзся разлом Сан-Андреас. Здесь швы Земли буквально выпирают – назойливо кричат о себе. Однако посреди литосферных плит – а Европа представляет собой теперь лишь часть Евразийской плиты – всё обстоит иначе. Земная кора надежнее всякой ретуши скрывает бывшие швы, а эрозионные процессы сгладили то немногое, что выдавалось.

Как же найти границы древних литосферных плит? Их выдает присутствие определенных горных пород. Например, такие породы, как эклогит, образуются в результате процессов субдукции, протекающих вдоль границ литосферных плит, а потому они очень важны для геологов, поскольку могут многое поведать о прошлом тех или иных участков суши. Когда ученые обнаруживают эти породы где-нибудь посреди континента, это – верный признак того, что когда-то здесь могла пролегать граница литосферной плиты. Впрочем, иногда столкновения плит бывали столь катастрофическими, что образцы этих пород находят на расстоянии до 300 километров от края одной из плит.



Вид Европы из космоса

Еще один признак того, что некогда здесь находился край литосферной плиты, – характерные включения расплавленных образцов пород, которые иногда встречаются в земной коре. Они возникают, когда магма из верхнего слоя мантии или нижнего слоя коры проникает в расположенные выше слои, расплавляя породы, лежащие у нее на пути. Впрочем, зачастую магма не изливается на поверхность Земли, а образует крупный магматический массив – плутон – в толще коры планеты. Даже через миллионы лет подобный массив разительно отличается и по своей структуре, и по химическому составу от обычного материала коры; нередко он четко ограничен от соседних участков.

Все эти породы, что формировались в зонах субдукции, и маркируют древние швы, протянувшиеся вдоль линии столкновения плит или их обломков. Ведь во время таких коллизий они выдавливались вверх и теперь образуют горные цепи, которые постепенно и приоткроют нам далекое прошлое Европы.

Например, Арденны, Гарц и Рейнские Сланцевые горы возникли в позднем палеозое в результате процессов герцинской складчатости. Тогда узкая литосферная плита под названием Авалония, объединявшая Ньюфаундленд, Англию, Уэльс, а также часть Ирландии, столкнулась с группой Армориканских островов. Разделявшее их море было вытеснено на юго-восток. Так называемая Среднегерманская кристаллическая зона, охватывающая Шпессарт, Тюрингский лес и Кифхойзер, пролегает там, где когда-то находилась зона субдукции. По большей части эти древние горы сложены из плутонических пород.

И все-таки точную эволюцию подобных «геологических шрамов» трудно бывает проследить – тем более что во время такой коллизии сама область соударения двух континентов или крупных островов изгибается. Один из таких изгибов протянулся от юго-запада современной Англии до Южной Португалии. Другая дуга соединила каменноугольные бассейны Рура

и Верхней Силезии. Похожие образования выявлены и в более молодых складчатых горах – Альпах и Карпатах.

В принципе, геологи разработали различные методы, позволяющие реконструировать, какими маршрутами дрейфовали древние острова и континенты. Важным подспорьем в их работе стал земной магнетизм. Ведь в зависимости от широты, на которой располагается та или иная область нашей планеты, меняется направление линий магнитного поля Земли. Чем ближе мы находимся к полюсам, тем выше величина магнитного наклона.

Когда расплавленные породы, выброшенные из недр планеты, изливаются на ее поверхность и застывают, они намагничиваются, сохраняя своего рода запись о свойствах магнитного поля в той точке Земли, где эти породы и образовались. Если они не будут уничтожены процессами эрозии, то их магнитная маркировка способна сохраняться сотни миллионов лет. Геологам нужно лишь изучить этот каменный архив.

Так, участки суши, составлявшие в ордовикском периоде (около 485—443 миллионов лет назад) Гондвану и острова Армориканского архипелага, располагались близ полюса, поскольку величина магнитного наклона их пород лежала в пределах от 65 до 82°, а это очень высокий показатель. Наоборот, такие литосферные плиты, как Авалония и примыкавшие к ней с севера Лаврентия, а также Балтика (это – нынешняя европейская часть России и Скандинавия), в то время находились гораздо ближе к экватору.

Все эти факты и позволили хотя бы приблизительно восстановить, как шло формирование Европы, из каких литосферных плит она составлялась. Вот так ее геологическая история выглядит в представлении современных ученых.

Более **500 миллионов лет назад** Авалония и острова Армориканского архипелага еще располагались у северной оконечности Гондваны.

Затем, около **490 миллионов лет назад**, вначале Авалония, а позднее и Армориканские острова стали отодвигаться от Гондваны и, в конце концов, переместились далеко на север.

Около **440 миллионов лет назад** Авалония примкнула к Балтике, а вскоре после этого они сблизилась с Лаврентией, что привело к постепенному исчезновению океана Япетус.

Около **380 миллионов лет назад** Лаврентия все-таки столкнулась с Авалонией и Балтикой. Началась эпоха каледонской складчатости. Она ознаменовалась рождением гор на территории современной Шотландии и Норвегии. К этому огромному континенту постепенно пристыковались и Армориканские острова. Именно тогда образовалась большая часть эклогитов, которые обнаруживают в Центральной Европе.

Наконец, около **340 миллионов лет назад** Гондвана также начала перемещаться на север и впоследствии соединилась с другими материками. Так возник суперконтинент – Пангея.

Но на этом исследование геологической истории Европы отнюдь не окончилось, как не завершена еще и сама эта история. Путешествие материков продолжается своим неспешным чередом. Так, через несколько миллионов лет – сущий пустяк по меркам геологов! – близ восточного побережья Атлантического океана, возможно, образуется зона субдукции. Она протянется под Западной Африкой, Испанией и Британскими островами. В свою очередь, от Северного моря к Средиземному, вдоль Рейна и Роны, вероятно, протянется новый морской пролив. Тогда западная оконечность Европы устремится на запад, а Авалония останется на месте. Какие перемены еще ждут этот осколок «старой доброй Европы»? Дрейф континентов и того, что от них останется, будет длиться, наверное, почти пару миллиардов лет...

Почему разломилась Пангея? Куда исчезла Гондвана?

В далеком прошлом все современные материки составляли единое целое – суперконтинент Пангею (от *греч.* «вся Земля»). Этот громадный континент начал формироваться около 300 миллионов лет назад. Мировой океан – Панталасса – омывал Пангею, а его громадный залив Тетис вдавался глубоко в сушу.



Карта Пангеи

Но около 150 миллионов лет назад Пангея полностью распалась. Что же сокрушило великую земную твердь? Стал ли континент «жертвой» своих исполинских размеров, невольно надломивших его? Около 120 миллионов лет назад распался и огромный континент, располагавшийся в Южном полушарии, – Гондвана. Как это произошло?

Многие специалисты полагают, что появление Пангеи нарушило равновесие масс на планете. Этот дисбаланс сказался даже на вращении Земли. Представьте себе, как неравномерно станет вращаться колесо, если к его ободу прикрепить массивный груз. Нечто подобное про-

изошло и с планетой. В конце концов, литосферный сгусток разорвался на части – Гондвану и Лавразию, которые, в свою очередь, тоже начали распадаться. Так уже было не раз в истории Земли. Подобная судьба постигла и другие суперконтиненты, возникавшие задолго до Пангеи, как то: Мегагею (Родинию), Протогею и Археогею.

Линии разлома Пангеи предположительно пролегли по участкам литосферных плит, ослабленным во время столкновений с другими плитами, например, там, где к континенту когда-то присоединился огромный остров или другой континент.

Вот так – ясно и убедительно – выглядит общепринятая теория. Впрочем, все больше ученых готовы заявить, что все было не так. Факты показывают, что вполне реалистичен и другой сценарий. Возможно, главную роль в распаде континентов играли вовсе не тектонические процессы, вызывающие растяжение и растрескивание земной коры.

Геологи давно обратили внимание на островную гряду, лежащую в центральной части Тихого океана – Гавайские острова. Здесь почти на 3500 километров протянулась цепочка вулканов. Самые молодые из них – Мауна-Лоа и Килауэа – выбрасывают лаву до сих пор; самый дальний (и древний) из этих вулканов проявлял активность более 40 миллионов лет назад. Все эти вулканы породила так называемая «горячая точка», где из глубинных слоев мантии поднимается раскаленная струя вещества. Она прорезает в литосфере дыру. Здесь появляется вулкан. «Горячая точка», принято считать, неподвижно располагается в мантии, в то время как литосфера медленно движется над ней. Постепенно вулкан удаляется от магматического очага и гаснет. Зато в стороне от него возникает новый вулкан, подобно тому как на листе бумаги, которым медленно водят над горящей свечой, появляется цепочка пятен-подпалин. Так вдоль подводного Гавайского хребта образовалась цепочка вулканов разного возраста.

Жидкая лава изливается из гавайских вулканов спокойно, без разрушительных взрывов. Особой опасности она не представляет. Она растекается вокруг кратера и тихо застывает, то рассыпаясь на множество угловатых глыб, то нависая гладкой черной корой. Однако подобные вулканы не всегда бывали столь кроткими. В истории Земли случались более жаркие времена. Ученые обнаружили слои застывшей лавы километровой толщины. Их площадь превышает площадь Скандинавского полуострова. Очевидно, вулканы здесь не стихали на протяжении нескольких миллионов лет. Причиной столь мощных извержений, как полагают, были мантийные струи невиданной силы, легко прожигавшие литосферу.

Что же могло породить эти гигантские струи? По-видимому, зоны аномального разогрева. На дне океанов земная кора очень тонка – всего десяток километров. Прямо под ней залегают раскаленные породы, хорошо прогревающие эту скудную оболочку. Зато под континентами толщина коры достигает 30—80 километров. Подобный щит надежно охраняет от жара, царящего в недрах Земли.

Однако, если континент достигает определенных – критических – размеров, под ним скапливается аномально большое количество тепла. Горячая струя вещества поднимается из мантии, но не может пробить себе дорогу вверх. Литосфера плохо проводит тепло, а потому фактически является теплоизолятором. Тогда расплавленное вещество растекается по сторонам. Образуется горизонтальный конвективный поток. Тем временем из недр Земли все прибывают раскаленные породы. Наконец, этот мощный поток все-таки прожигает верхний слой литосферы и изливается наружу. Он долго не находил себе выхода, но, подточив толщу континента, теперь разрывает его. Начинаются длительные вулканические извержения.

Если эта гипотеза верна, то вдоль линии, по которой разламывается континент, возникает множество вулканов. Следы древних извержений, несомненно, должны были сохраниться вдоль части атлантического побережья Африки, Южной Америки и Европы – там, где пролегла трещина, разделившая Пангею. В самом деле, вдоль указанных берегов Атлантического океана тянутся обширные базальтовые слои, возникшие именно в ту эпоху, когда «вся земля»

постепенно ломалась надвое. Впрочем, собранных пока фактов слишком мало, чтобы отдать предпочтение одной из двух гипотез.

Это же можно сказать и о распаде Гондваны. Это – крупнейший континент, когда-либо располагавшийся в Южном полушарии Земли (его название происходит от названия области в Центральной Индии). В его состав входили современные Африка, Австралия, Южная Америка, Антарктида, Индия и Мадагаскар.

Важнейшей областью Гондваны, ее подлинным сердцем, была Антарктида, которая граничила со всеми остальными современными материками, составлявшими этот древний континент. Поистине под ледяным щитом Антарктиды донныне хранятся скрижали, на которых, не потревоженная до наших дней, запечатлена история Гондваны. Ее еще предстоит когда-нибудь прочитать будущим поколениям ученых.

Около 160 миллионов лет назад Гондвана и Лавразия начали распадаться на привычные для нас континенты, пространство между которыми заполнили новые океаны – Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Карта Земли постепенно приобрела знакомый нам вид.

Внимание геологов давно привлекает архипелаг Тристан-да-Кунья, лежащий в южной части Атлантического океана. Здесь проживает всего три сотни человек. Главный остров архипелага представляет собой вулканический конус, достигающий в поперечнике 12 километров. Возможно, именно этот ни чем не примечательный клочок земли и сыграл ключевую роль в исчезновении Гондваны. Однако детали процесса, который привел к этому, во многом неясны.

Предполагается, что под главным островом архипелага, как и под островом Гавайи, скрывается «горячая точка». Возможно, подобные вулканы когда-то буквально прожгли Гондвану, и ослабленная твердь распалась на отдельные крупные обломки. На образовавшейся океанической коре, несомненно, остались следы тех грандиозных извержений – лавовый материал, выброшенный вулканами. В самом деле, в окрестности архипелага тянется подводный хребет – Китовый хребет, Проблема лишь в том, что на сегодняшний день так окончательно и не установлено, является ли остров Тристан-да-Кунья «горячей точкой». И может быть, здешняя вулканическая активность была лишь последствием распада Гондваны?

Проверить эту модель можно, лишь обследовав подводные окрестности архипелага. Подобная работа только начинается. В любом случае распад Гондваны разительно изменил картину течений в Мировом океане и оказал огромное влияние на климат нашей планеты.

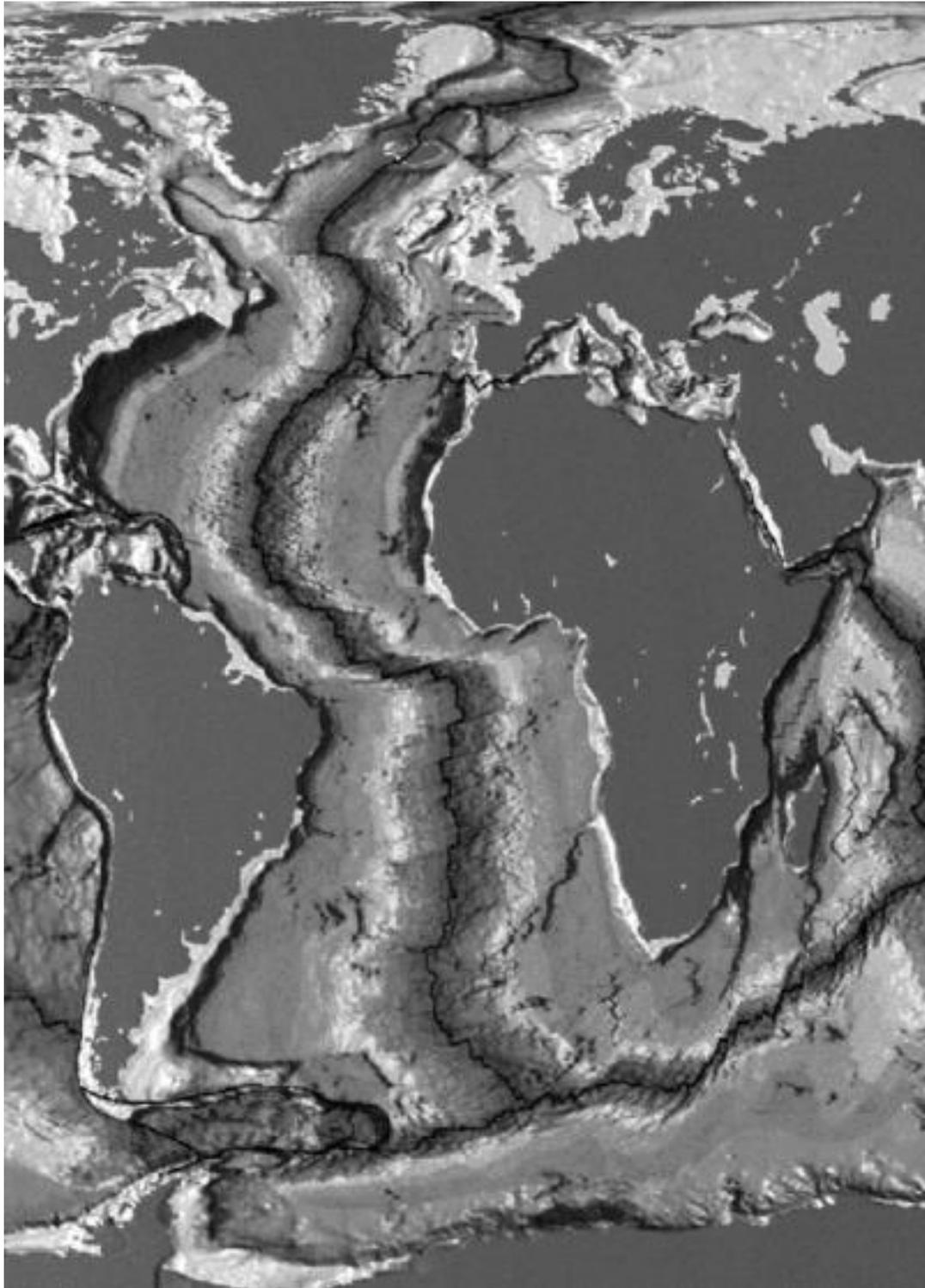
Рождение Южной Атлантики

Далекое прошлое нашей планеты хранит еще немало тайн. На протяжении десятилетий ученые пытаются восстановить картину движения материков, то сливавшихся в один супер-континент, то дробившихся, будто весенние льдины.

Так, недавно они взялись реконструировать картину событий, происходивших еще в те времена, когда Южная Америка соединялась с западной частью Африки. Многие детали их «семейного разрыва» были до сих пор неясны. И прежде всего: как разделились два этих континента? И почему, скажем, юго-западное побережье Африки лежит сегодня почти на тысячу метров выше над уровнем моря, нежели его «бывшая половина» – обращенное к нему побережье Южной Америки?

Но обо всем по порядку! Итак, события, которые привели к этому географическому «перевороту», начались около 160 миллионов лет назад. Эта давняя история и стала темой исследований участников международного проекта *Sample*, стартовавшего в конце 2008 года. Они изучали прошлое южной части Атлантического океана.

Как уже говорилось, поверхность нашей планеты состоит из нескольких крупных и целого ряда небольших литосферных плит, которые в своем медленном, но беспорядочном движении задевают друг друга, сталкиваются, содрогаются. Классический пример взаимодействия плит – процессы, наблюдающиеся у западного побережья Америки.



Южная Атлантика– удивительный геологический архив, здесь лежат совершенно не потревоженными слои пород, накопившиеся за последние 160млн лет

Здесь под него погружается небольшая плита Наска и его задевает громадная Тихоокеанская плита. Столкновение плиты Наска и Южно-Американской плиты уже породило самую длинную горную цепь на планете – Анды. Вдоль линии соприкосновения плит регулярно происходят землетрясения, извержения вулканов. Все это – результат того, что литосферные плиты меньше всего напоминают отшлифованные детали машины, работающей плавно, без перебоев.

Восточная оконечность плиты, на которой располагается Южная Америка, наоборот, не испытывает заметных потрясений. Дело в том, что различаются по крайней мере три типа границ между литосферными плитами. Выше приведены примеры конвергентной границы – того рубежа, где плиты сталкиваются, и трансформной границы, где плиты движутся параллельным курсом, задевая друг друга. А вот Африка и Южная Америка удаляются друг от друга – спокойно движутся в двух расходящихся направлениях. Подобную границу называют дивергентной. Она тянется вдоль подводных океанических хребтов.

Именно это делает Южную Атлантику особенно привлекательной для ученых, задавшихся целью исследовать ее прошлое. Как отмечает координатор проекта, немецкий геофизик Ханс-Петер Бунге, «здесь возник удивительный геологический архив, здесь перед нами лежат совершенно непо потревоженными слои пород, накопившиеся за последние 160 миллионов лет, – они хранят память обо всех событиях, которые протекали в этом регионе планеты с тех пор, как началось зарождение южной части Атлантического океана». Это обстоятельство и помогает ученым подробно реконструировать историю этого океана (хотя бы одной его области). Помогает искать ответы на нерешенные пока вопросы.

Некоторые из вопросов касаются глобальной тектоники плит. Да, мы знаем кинематику этого процесса, то есть нам известно, что континенты дрейфуют и что отдельные плиты движутся со скоростью несколько сантиметров в год. Но мы не знаем конкретно, почему перепад высот между побережьем Африки и обращенным к нему побережьем Южной Америки так велик. А ведь когда-то, 200 миллионов лет назад, оба этих континента составляли единое целое, и, значит, те области, о которых мы говорим, граничили друг с другом и лежали на одной высоте.

Тогда, 200 миллионов лет назад, все современные материки были слиты воедино, образуя суперконтинент Пангею. Впоследствии он распался, и вот через 40 миллионов лет Южная Америка стала отделяться от Африки, а в образовавшееся между ними пространство устремились морские воды.

Как известно, по мере того, как плиты расходятся в стороны, зона разлома между ними заполняется веществом, излившимся из земных недр. Под его давлением плиты продолжают удаляться. В конце концов, Южная Америка и Африка оказались там, где они располагаются сегодня. Об их далеком прошлом напоминают теперь абсолютно одинаковые образцы пород и остатки древних животных, найденные на противолежащих берегах этих материков. Относятся они к той эпохе, когда оба континента входили в состав Пангеи. Всё одинаково, всё совпадает, как части единого пазла, – кроме одного. Тот самый перепад высот между двумя побережьями, достигающий 1000 метров. Его причину следует искать, очевидно, в особенностях конвективных течений в мантии Земли – там, в глубине, во многих десятках километров от ее поверхности.

Собранные уже сейчас факты свидетельствуют о том, что глубоко под Южной Африкой вверх устремляется горячая мантийная струя, приподнимая эту часть континента над ближайшими к ней областями. Под Южной Америкой горные породы движутся в обратном направлении. Здесь сравнительно холодное вещество погружается в глубь Земли, словно затягиваемое водоворотом. Сравнение это не случайно. По мнению Бунге, этот «глубинный разворот» обусловлен тем, что по другую сторону Америки движется громадная Тихоокеанская плита. Она непомерно тяжела на фоне многих других литосферных плит, в том числе Южно-Американской и Африканской. Ее северный и западный края все дальше погружаются к центру Земли, невольно затягивая вместе с собой соседние массы вещества – и, возможно, вдавливая в глубь планеты всю Южную Америку.

Сейчас началась вторая стадия проекта *Sample*. Ученые обследуют дно Атлантического океана, а также участки суши на его побережьях, пытаясь отыскать зоны, где в далеком про-

шлом происходили процессы растяжения. Они типичны для случая, когда две соседние плиты удаляются друг от друга.

Так, на территории Бразилии, в бассейне реки Парана, а также на побережье Намибии найдены базальтовые породы, излившиеся из недр Земли на ее поверхность в виде раскаленной лавы около 160 миллионов лет назад, когда эту бывшую окраину Пангеи рассек рифт, разделивший два будущих материка. Под дном океана, в районе островов Тристан-да-Кунья – расположенных именно там, где протянулся Южно-Атлантический хребет, от которого, как от стартовой полосы, разбегаются Африка и Южная Америка, – похоже, обнаружен восходящий поток горячего мантийного вещества. Как полагают многие ученые, когда-то подобные потоки прорезали каменную твердь и разбросали в стороны две половинки – две литосферные плиты.

Ученых интересует и многое другое – самые разные особенности движения континентов и как они сказываются на состоянии всей нашей планеты. Как, например, изменился характер морских течений в Мировом океане после того, как Южная Америка отделилась от Африки? Как это событие сказалось на климате нашей планеты? Как шло накопление громадных бассейнов осадочных пород, приносимых в Южную Атлантику крупнейшими реками обоих материков? Как это повлияло на месторождения нефти, которые обнаруживаются именно в таких седиментационных бассейнах? Как, наконец, менялись русла рек Южной Африки? Это особенно любопытно потому, что здесь, например на реке Оранжевой, обнаруживают очень крупные алмазы. Не связано ли это с тем, что под напором мантийного потока эта часть Африки неуклонно приподнимается?

Возможно, собранные сведения позволят ответить на многие заданные здесь вопросы. Южная Атлантика вновь рождается на наших глазах – по всем правилам науки.

Парк юрского периода

В самом начале юрского периода (201—135 миллионов лет назад) все континенты еще составляли единое целое – огромный суперконтинент, который назывался Пангея. Тогдашний же климат напоминал парник.

Если сравнивать геологические эпохи с возрастом человека, то юрский период можно назвать временем юности – той важнейшей порой, когда определяется вся дальнейшая судьба. Вот и у нашей планеты была своя бурная «юность». Именно тогда, в юрском периоде, на карте мира проступили очертания современных нам океанов и континентов. Положение одних впоследствии еще не раз переменится, другие сильно раздадутся в размерах. Но в том или ином виде они сохранятся до наших дней. Тогда же, в пору безграничного, казалось бы, господства динозавров, начнет формироваться и наш нынешний животный мир – появятся млекопитающие и птицы. Удивительная эпоха! Без знания ее невозможно понять, как возник мир, который нас окружает.

Итак, в юрском периоде начала распадаться Пангея, объединившая за 100 миллионов лет до этого всю тогдашнюю сушу. Теперь суша разламывалась вдоль громадных рифтов, целая система которых образовалась к началу этого периода. Эта система, разделившая Северную Америку и Северо-Западную Африку, стала быстро заполняться морскими водами. Так возникла центральная часть современного Атлантического океана.

Климат в то время был настолько теплым, что льдов не осталось даже на полюсах Земли; в средних же широтах было так же тепло, как в наши дни в тропиках и субтропиках. К слову, в юрском периоде в окрестностях географических полюсов не было вообще никакой суши.

При одном лишь упоминании этой эпохи в нашей памяти всплывает фильм Стивена Спилберга «Парк юрского периода». Каким же был наяву этот парк? Ведь многое в фильме возмущает палеонтологов. Достаточно сказать, что режиссер – ради вящей эффектности – перенес в юрский период знаменитых динозавров мелового периода: тираннозавра и велоцираптора.

Разумеется, динозавры являлись бесспорными хозяевами суши в юрском периоде. Наиболее крупные из них достигали в длину 25 метров и весили более 100 тонн. Это были самые громадные животные, когда-либо населявшие сушу. Но так ли хорошо мы знаем их?

Еще несколько десятилетий назад их считали вялыми, малоподвижными исполинами. Но между тем наши представления об обитателях «парка юрского периода» разительно изменились. Так, исследования их ископаемых останков выявили, что костная ткань динозавров была пронизана многочисленными кровеносными сосудами. Это позволило предположить, что показатели обмена веществ у динозавров были примерно такими же, как у птиц, которые ведут свое происхождение именно от них. Может быть, многие динозавры являлись теплокровными животными?

Самым опасным хищником в ту эпоху был аллозавр. В верхнем юрском периоде он населял Северную Америку и Южную Европу. По своим размерам он не уступал хорошо известному нам хищнику мелового периода – тираннозавру. Он достигал 12 метров в длину и весил несколько тонн. Вооружен был этот хищный ящер зубами длиной 15 сантиметров и острыми, словно ножи, когтями на передних лапах. Он мог справиться даже с громадным брахиозавром, чья длина тела превышала 20 метров.



В юрском периоде, в пору безграничного господства динозавров, начнет формироваться и наш нынешний животный мир – появятся млекопитающие и птицы

Впрочем, ученые продолжают спорить об образе жизни аллозавра. Одни считают его пожирателем падали, другие – ловким охотником: объединившись в стаю, эти ящеры могли бы нападать на значительно более крупных животных. Строение черепа аллозавра подтверждает вторую версию: он гораздо прочнее, чем требуется падальщику. Такие нагрузки, которые он способен выдержать, возникали только тогда, когда приходилось разрывать еще живого, трепещущего ящера. Впрочем, пока нет надежных доказательств того, что аллозавры загоняли добычу стаей. Кем же он все-таки был, этот «царь животных» той эпохи?

Самым же известным представителем фауны юрского периода был, пожалуй, археоптерикс. Наличие оперения и крыльев выдает в нем птицу. Это – наиболее древняя птица, известная ученым. Ее возраст – 140 миллионов лет. Судя по строению зубов, таза и хвоста (наличие костей), она состояла в очевидном родстве с динозаврами. Так, у археоптерикса еще отсутствовал роговой чехол клюва – тот представлял собой вытянутую челюсть, усеянную мелкими, острыми зубами.

Но вот вопрос: умела ли летать первоптица? Одни ученые полагают, что благодаря своим мощным когтям археоптерикс взбирался на дерево и, бросившись с ветки, парил в воздухе, постепенно опускаясь на землю. Однако палеоэкологические исследования показали, что в том районе Германии, где впервые были обнаружены останки археоптерикса, именно в то время, когда там обитала первоптица, установился жаркий, сухой климат и, вероятно, не было никаких лесов – там нельзя было встретить даже дерева. Может быть, археоптерикс бросался с утесов, высившихся на берегу моря, и подолгу кружил в воздухе, слетая вниз? В 1999 году на страницах *Nature* появилась статья, авторы которой предположили, что археоптерикс мог взлетать даже с ровного места – с земли.

Трудно найти сколько-нибудь образованного человека, который не слышал бы имя археоптерикса, хотя на сегодняшний день обнаружено всего 11 более или менее хорошо сохранив-

шихся его скелетов. Последняя находка сделана в 2011 году. Имя ее автора, как и место, где на этот раз отыскивали скелет первоптицы, пока хранятся в тайне.

Теперь мы знаем, что гораздо ближе к современным птицам был конфуциусорнис, живший на 10 миллионов лет позже, уже в меловом периоде. Ископаемые остатки этой птицы величиной 30 сантиметров были обнаружены в 1993 году близ китайского города Бэйпяо (провинция Ляонин). Два года спустя описание находки появилось на страницах *Chinese Science Bulletin*. Эта птица получила название *Confuciusornis sanctus*, «священная птица Конфуция». Как оказалось, местность, где было сделано открытие, изобиловала остатками ископаемых птиц. Уже к 2000 году было найдено свыше тысячи экземпляров, относящихся к роду *Confuciusornis*. Еще какое-то количество их было похищено нелегальными «копателями».

Различные исследователи по-разному оценивают способность конфуциусорниса к полету. Ведь на его передних конечностях сохранились мощные, изогнутые когти. Это наводит на мысль о том, что эта птица еще не способна была взлетать с земли. Она карабкалась по деревьям, а затем прыгала с ветки и перелетала куда-нибудь. С другой стороны, судя по строению задних конечностей, ей было трудно цепляться ими за ветки. Кроме того, длинные маховые перья мешали ей лазить по дереву. Возможно, конфуциусорнис все-таки мог, разбежавшись, взлетать прямо с земли?

Кстати, еще одно открытие, сделанное в 2011 году, грозит окончательно поставить крест на «карьере» археоптерикса, ставшего первой в истории птицей. В Китае, в той же провинции Ляонин, были найдены остатки ящера, напоминавшего первоптицу. Анализ показал, что археоптерикс, как и его «двойник», *Xiaotingia zhengi*, в некоторых отношениях ближе таким ящерам, как дейнонихозавры, чем позднейшим птицам, сообщает *Nature*. Неужели придется вычеркнуть археоптерикса из числа птиц? А может быть, надо причислить к птицам еще и дейнонихозавров?

...Завершался же юрский период тем же, чем и начинался, – распадом громадного континента, на этот раз Гондваны. Уже к концу этого периода Африка, Антарктида и Индия оказались разделены океаном.

Парник мелового периода

В меловом периоде (135—65 миллионов лет назад) на Земле царил чрезвычайно жаркий климат. Во второй его половине (100—65 миллионов лет назад) вся планета превратилась в один громадный парник. Атмосфера Земли насытилась углекислым газом. Его содержание в 3—6 раз превышало современные показатели. Причиной были, прежде всего, многочисленные извержения вулканов, происходившие в зонах разлома континентов. Как же жилось обитателям нашей планеты – а тогда на ней господствовали динозавры – в эпоху глобального потепления?

В то время даже северные районы Аляски были покрыты пышной растительностью. Здесь произрастали папоротники, гинкго, хвойные деревья, цветковые растения. К северу от полярного круга, как показывают находки, водились крокодилы.



Меловой период по праву считается одной из самых теплых эпох, которые когда-либо знала Земля

Из-за отсутствия льдов в полярных областях характер морских течений был совершенно иным. Мировой океан в буквальном смысле слова был тихим, инертным. Вода плохо перемешивалась, а потому в глубинах океана ощущалась явная нехватка кислорода. Органический материал, опускавшийся на дно, – прежде всего, одноклеточные водоросли – практически не разлагался. Из-за избытка органики стремительно размножались водоросли и бактерии. Их было так много, что кислород перестал поступать в глубь морей. Это привело к массовому вымиранию морских животных.

Меловой период, как и предшествовавший ему юрский период, был царством рептилий. Они заселили практически все ниши, имевшиеся на планете. Им принадлежали суша, вода и воздух. Пожалуй, самыми известными из них были динозавры. Всего на сегодняшний день

известно свыше 860 видов динозавров. Вместе с летающими ящерами (птерозаврами) и крокодилами они составляют подкласс архозавров – наиболее обширную и разнообразную группу пресмыкающихся, которая господствовала в меловом периоде. Эти ящеры являются предками современных птиц.

К числу самых крупных хищников, которые когда-либо населяли нашу планету, относятся самые известные животные той эпохи – тираннозавры. Они достигали 13 метров в длину и 5 метров в высоту. Но даже они во многом все еще остаются загадкой для ученых.

Так, специалисты продолжают спорить об образе питания тираннозавра. Большинство палеонтологов считают, что он охотился на других животных. Известны, например, кости со следами укусов тираннозавра. Можно предположить, что эти находки свидетельствуют о жестоких схватках, в которых ящер расправлялся со своими жертвами.

Но некоторые ученые, в том числе Джек Хорнер, консультант фильма «Парк юрского периода», считают, что тираннозавр питался падалью. Какие же аргументы они приводят в поддержку своей гипотезы?

Передние конечности тираннозавра были очень короткими. Если бы, преследуя добычу, он упал, то ему чрезвычайно трудно было бы подняться. Зубы тираннозавра не напоминали кинжалы, как у других хищных динозавров; они были закруглены. Такие зубы, скорее, нужны для размалывания костей и хрящей. В головном мозге тираннозавра был чрезвычайно развит обонятельный центр. По мнению Хорнера, *Tyrannosaurus rex* мог почувствовать запах падали с расстояния 40 километров. Его ноги не годились для того, чтобы преследовать добычу или стремительно нападать на нее, а ведь во время охоты ему постоянно приходилось бы совершать рывки. Зато на таких ногах легко было преодолевать большие расстояния в поисках падали.

Впрочем, чистые падальщики в природе редки. Как правило, животные, которые питаются падалью, готовы при случае расправиться с мелкой добычей. Кстати, расположение глаз у тираннозавра типично для тех животных, которые занимаются охотой. Глаза посажены близко друг к другу, а потому тираннозавр видел жертву обоими глазами одновременно и мог легко оценить расстояние до нее.

...В самом конце мелового периода произошла одна из наиболее страшных катастроф в истории нашей планеты. Тогда погибло множество видов животных. С лица Земли исчезли динозавры, птерозавры, плезиозавры и мозазавры (гигантские морские ящерицы), в то время как крокодилы, черепахи, ящерицы и змеи выжили.

Ученые выдвигают самые разные гипотезы, пытаясь объяснить этот феномен. Многие полагают, что причиной всему стало падение громадного метеорита на мексиканский полуостров Юкатан. Возможно также, что значительный урон флоре и фауне нанесли мощные вулканические извержения, происходившие тогда же, около 66 миллионов лет назад, на базальтовом плато Декан в Индии. Впрочем, палеонтологи давно спорят о том, не оказались ли динозавры на грани вымирания еще до этих событий.

Мы искренне полагаем, что все динозавры – на одно лицо. На самом деле эти животные чрезвычайно различались – по своему внешнему виду, размерам, питанию и образу жизни. И вымерли они отнюдь не одновременно, и причины вымирания разных их видов могли быть свои. В этом нас убеждают результаты недавних исследований.

Примечательно, что в канун катастрофы, увенчавшей меловой период, многие виды динозавров, как выясняют палеонтологи, процветали. Разнообразие их форм по-прежнему было велико. Это касается и хищников, в том числе тираннозавров и коэлурозавров, и небольших травоядных динозавров, и динозавров, обитавших в Азии. Как полемично говорят некоторые палеонтологи, если бы не та экологическая катастрофа, то динозавры наверняка бы еще населяли нашу планету. В таком случае на Земле не нашлось бы места ни обезьянам, ни людям. Эти высшие формы млекопитающих просто не могли бы беспрепятственно развиваться.

Вероятно, процветавшие виды динозавров и впрямь стали жертвами глобальной катастрофы, другие же к этому времени почти вымерли. Так, численность некоторых крупных травоядных ящеров к концу мелового периода заметно сократилась. Например, за последние 12 миллионов лет мелового периода уменьшилось количество гадрозавров и цератопсов (рогатых динозавров). Впрочем, сделанные выводы касаются лишь животных, населявших Северную Америку. В Азии же, например, ничто не говорило о скором исчезновении гадрозавров. Очевидно, процессы, которые привели к вымиранию динозавров, были куда более сложными и разнообразными, нежели мы привыкли считать.

Палеонтолог из Цюрихского университета Маркус Клаус, автор исследования о динозаврах, опубликованного на страницах журнала *Royal Society Biology Letters*, так объясняет тогдашние события: «После глобальной катастрофы, длившейся чрезвычайно долго – такой, как падение метеорита, – все экологические ниши, в которых могли бы обитать очень крупные животные, на целые тысячелетия оказались уничтожены». Ведь многие растения так и не оправались от этой катастрофы, исчезли. Теперь для крупных травоядных животных попросту не хватало пищи. С их неизбежным вымиранием лишились добычи и крупные хищники. Мелкие же млекопитающие, которым пищи требовалось совсем не так много, могли выжить и в таких суровых условиях, питаясь либо травой, либо насекомыми и другими беспозвоночными. Конечно, конкуренцию в борьбе за оставшиеся экологические ниши им могли бы составить мелкие динозавры, но к концу мелового периода многие их виды уже вымерли – в борьбе за добычу их давно вытеснили... детеныши крупных хищных динозавров.

Как бы то ни было, ученые не могут до сих пор найти убедительного ответа на вопрос: почему множество мелких млекопитающих благополучно пережили падение метеорита на Юкатан, а из сотен видов динозавров не уцелел ни один? Почему?

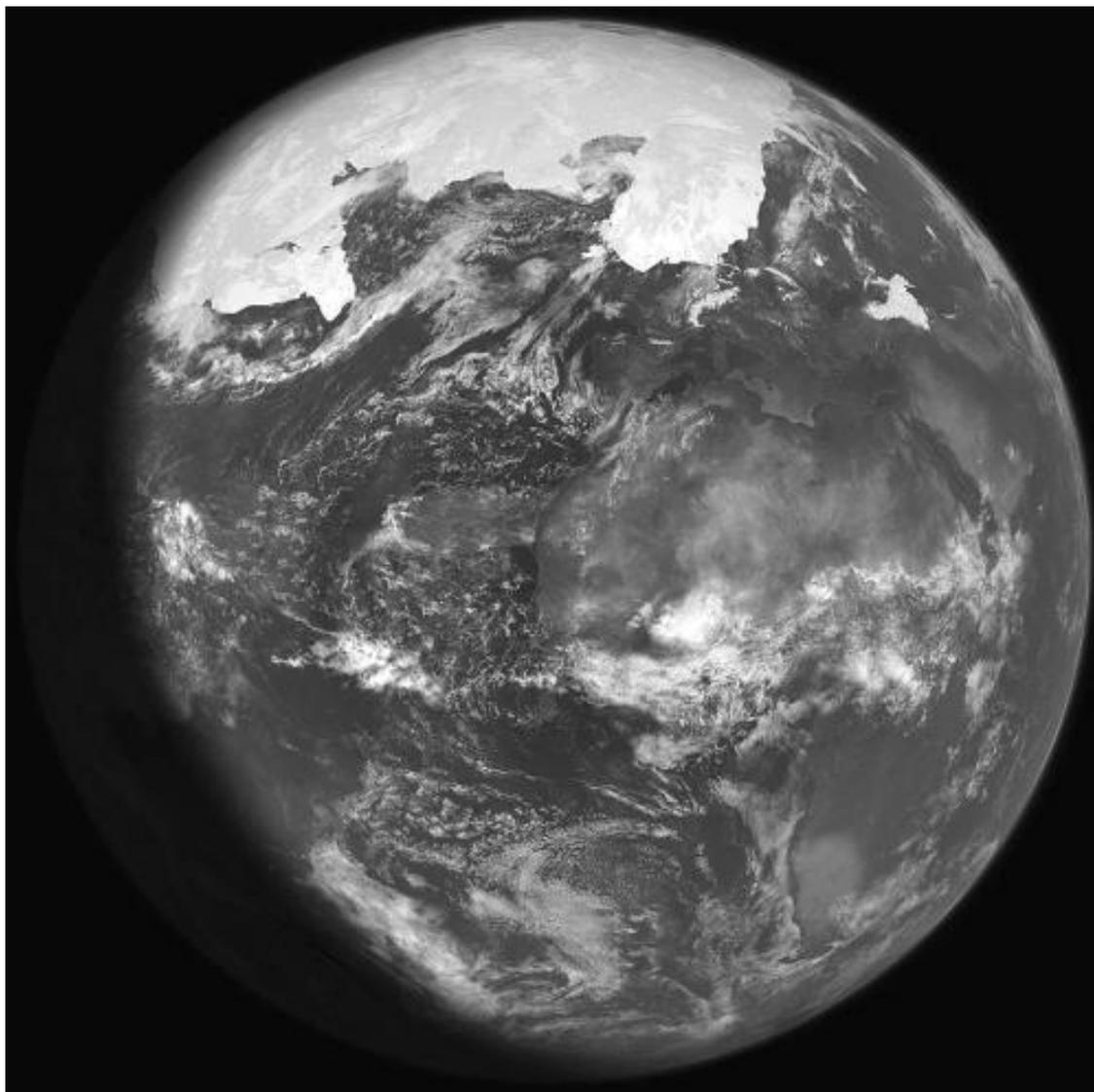
Почему наступают ледниковые эпохи?

В далеком прошлом Земля не раз переживала длительные периоды оледенений, иногда покрываясь ледниками вплоть до экватора. О подлинных причинах тех событий ученые продолжают спорить и теперь. Почему льды вдруг начинали продвигаться из полярных областей в умеренные широты? Сколько раз такое случалось в истории нашей планеты? Почему вслед за ледниковыми эпохами наступали периоды потепления? И когда на Земле вновь изменится климат и ледники опять устремятся в умеренные широты?

Насколько нам известно, древнейший ледниковый период наступил на Земле около 2,4 миллиарда лет назад. Следы так называемого гуронского оледенения обнаружены в Канаде, Финляндии, США, Южной Африке и Индии.

А что было до этого? Геофизик из Стэнфордского университета Норман Слип предположил, что Земля впервые покрылась льдами еще около 4 миллиардов лет назад, то есть вскоре после своего возникновения. В последующие 2 миллиарда лет подобные события не раз повторялись. По гипотезе Слипа, это могло быть вызвано тем, что содержание парниковых газов в атмосфере Земли катастрофически понижалось после падения очень крупных метеоритов или же в результате процессов глобальной тектоники. В те времена на большей части планеты царила адская жара, а потому именно среди льдов, вероятнее всего, зародилась жизнь.

В позднем протерозое Земля пережила несколько периодов очень сильного оледенения, когда она буквально превращалась в «снежный ком». После того как планета, наконец, освободилась ото льдов, очередная ледниковая эпоха наступила лишь в ордовикском периоде. В то время громадный южный континент Гондвана, впоследствии вошедший в состав Пангеи, приблизился к Южному полюсу. Именно на территории современной Сахары и Северо-Западной Африки, оказавшихся в ту пору в окрестностях полюса, обнаружены следы тогдашнего оледенения. Возможно, оно и способствовало массовому вымиранию всего живого, которое произошло около 440 миллионов лет назад.



Земля не раз переживала длительные периоды оледенений, иногда покрываясь ледниками вплоть до экватора

В следующий раз Гондвана приблизилась к Южному полюсу около 300 миллионов лет назад. Тогда льды на долгое время сковали другие ее области – Аравийский полуостров и Индию. Через 20 миллионов лет размеры территории, покрытой ледниками, как полагают, значительно превысили площадь современной Антарктиды.

В юрском и меловом периодах на Земле установился жаркий климат. Но в последние 2,5 миллиона лет на планете регулярно повторялись периоды оледенений, сменявшиеся длительными потеплениями. Во время первых средняя температура была на 10—15° ниже, чем сегодня, а в пору потеплений – такой же, как и теперь. По оценке ученых, за это время климат более 20 раз менялся с холодного на теплый и наоборот.

Двадцать тысяч лет назад, в период вислинского оледенения, площадь, занимаемая ледниками во всем мире, была в три раза больше, чем теперь. Обширные области Северной Европы и Северной Америки были покрыты слоем льда, иногда достигавшим в высоту почти 3 километров.

Но вот уже 10 тысяч лет Земля вновь переживает эпоху потепления. К тому же в последние два столетия, с начала промышленной революции, средняя температура на планете вновь

стала расти. Ледники отступают, тают даже льды Гренландии и Антарктиды. Но что будет «послезавтра»?

Загадка ледниковых эпох еще и теперь окончательно не решена. Ученые не могут объяснить, почему периоды оледенения регулярно повторяются – уж слишком сложны процессы, влияющие на климат нашей планеты, и слишком плохо мы знаем, каким был климат в далеком прошлом, для того чтобы мы могли описать эти процессы.

Возможно, причину наступления ледниковых эпох надо искать не на Земле, а в окружающем ее космическом пространстве? Может быть, периодически колеблется количество тепла, получаемого нашей планетой от Солнца? Или меняются параметры орбиты и Земля то немного приближается к Солнцу, то удаляется от него? Или же покачивается земная ось?

Сегодня наклон земной оси по отношению к орбите составляет $23,5^\circ$. Однако эта величина периодически меняется от $22,3$ до $24,5^\circ$. Период колебаний составляет примерно 41 тысячу лет. Эти, казалось бы, незначительные изменения заметно влияют на времена года.

Кроме того, существуют циклы Миланковича. Еще в 1920—1930-х годах югославский геофизик Милутин Миланкович, проделав кропотливые расчеты, убедился, что в прошлом периоды потеплений и похолоданий на нашей планете во многом совпадали с тем, как менялось количество тепла, получаемого ею от Солнца.

Как предположил Миланкович, ледниковые эпохи наступают, когда количество тепла, которое получают в летний период области, лежащие в северных широтах, сводится к минимуму. А для разрастания ледников важнее, чтобы летние месяцы были холодными и выпавший за зиму снег не успевал растаять, нежели чтобы зимы были снежными.

Теперь ученые склонны рассматривать теорию Миланковича, скорее, как необходимое условие наступления ледниковых эпох, нежели их истинную причину. В самом деле, похолодание может начаться лишь, когда Земля находится в самой неблагоприятной части своей орбиты и получает солнечной энергии меньше, чем обычно. Но точный срок начала похолодания зависит от других факторов. Например, от процессов глобальной тектоники, а именно от движения континентов.

Когда в высоких широтах оказываются огромные континенты с вздымающимися на них горными системами, это меняет характер и воздушных, и морских течений, что может вызвать резкое изменение климата. Так, по мнению ряда ученых, одной из главных причин повторяющихся в последние миллионы лет оледенений стало то, что Антарктида переместилась в район Южного полюса. Если обратиться к далекому прошлому, то практически всякий раз, когда Земля покрывалась льдами, в окрестности одного из полюсов находился какой-либо континент.

Важнейшую роль в изменении климата играют и морские течения. Так, Северная Европа обязана своим мягким климатом Гольфстриму, омывающему ее. Если ледники, сковавшие сейчас Гренландию, растают и в северную часть Атлантического океана попадет большое количество пресной воды, то Гольфстрим, как показывают расчеты, может остановиться. Тогда всего за несколько лет температура в Северной и Центральной Европе заметно снизится. Наступит новый ледниковый период.

Причиной оледенений могут стать и катастрофические события. Не раз в истории нашей планеты на нее обрушивались крупные метеориты. После таких коллизий в атмосферу попадало громадное количество пыли и пепла. Эта завеса надолго закрывала небо, а потому Земля быстро остывала. Согласно расчетам, достаточно падения метеорита диаметром всего 10—15 километров, чтобы средняя температура понизилась на 20° и более.

Итак, нам по-прежнему неясно, почему наступают ледниковые эпохи. Уверенно можно сказать лишь следующее. Если раньше ледниковые эпохи считались внезапными катастрофами, которые были вызваны какой-то одной причиной, то теперь ученые исходят из того, что

роковое стечение самых разных обстоятельств приводит к тому, что Земля время от времени покрывается льдами.

Как показывают расчеты, очередной ледниковый период мог бы начаться через полторы тысячи лет, если бы не большое количество парниковых газов, попавших в атмосферу в результате нашей промышленной деятельности. Но стоит ли этому радоваться? Человек вмешался в череду природных циклов, которым подчинялась Земля. Это делает наше будущее непредсказуемым.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

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

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