

**ДОИСТОРИЧЕСКАЯ
ЖИЗНЬ**

БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ



**ВСЕ, ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ
ВСЕ, О ЧЕМ ИНТЕРЕСНО ЧИТАТЬ!**

ДОИСТОРИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ

БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ



ОЛМА Медиа Групп
2013

УДК 087.5:56(031)
ББК 28.1
3-35

3-35 **Зарождение жизни.** — М.: ОЛМА Медиа Групп, 2013. — 62 [2] с.: ил. — (Библиотека школьника).

ISBN 978-5-373-05820-9

Книга «Зарождение жизни» в увлекательных и информативных очерках расскажет о событиях, происходивших миллионы и миллионы лет назад: об истории возникновения жизни на Земле и о самых первых живых существах.

УДК 087.5:56(031)
ББК 28.1

ISBN 978-5-373-05820-9

© ЗАО «ОЛМА Медиа Групп»,
оригинал-макет, издание, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

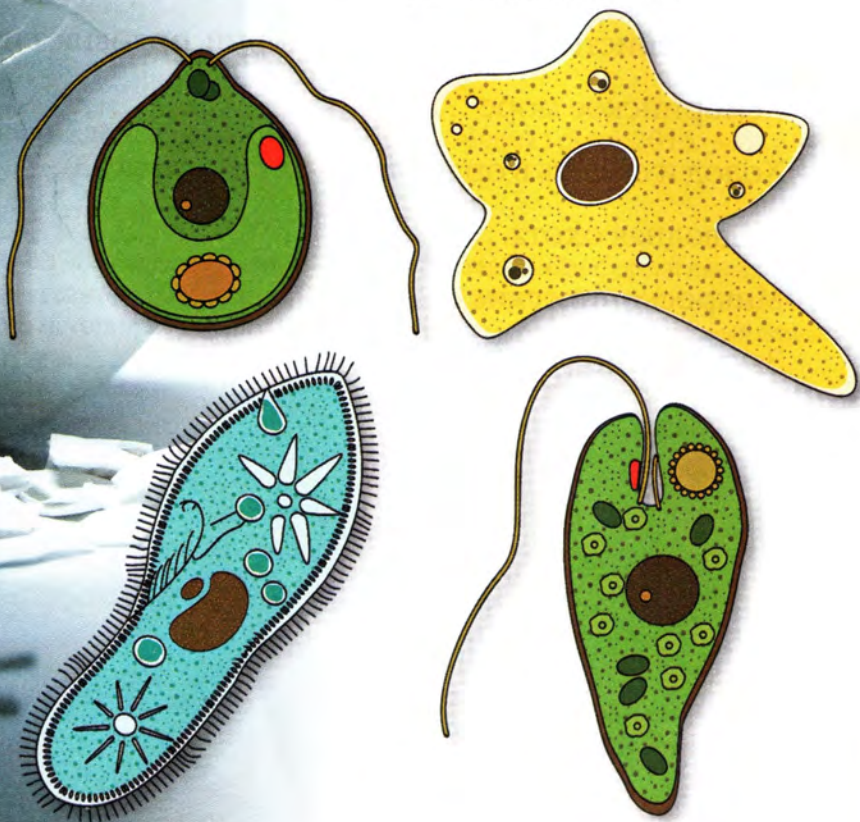
| | |
|--|----|
| Как зародилась жизнь? | 4 |
| Счастливая случайность... .. | 6 |
| ...Или закономерность?..... | 10 |
| Характеристика докембрийского времени | 18 |
| Земля и другие планеты Солнечной системы..... | 22 |
| Кислородная интоксикация..... | 27 |
| Всплеск жизни | 29 |
| Маленькие против больших..... | 32 |
| Заключение..... | 37 |
| Характеристика периодов. Кембрий, ордовик, силур. | 40 |
| Кембрийское море | 46 |
| Холод и смерть в ордовике | 49 |
| Подводная охота..... | 54 |
| Микроскопические сражения..... | 60 |
| Заключение..... | 63 |

Как зародилась жизнь?

Может ли случиться так, что человек, ничего не понимающий в технике, совершенно случайно, долго и разнообразно комбинируя детали, соберёт из них... работающий телевизор? Трудно представить, но чудеса случаются. А теперь попробуем так: может ли один телевизор собрать другой телевизор? «Чушь! Невозможно!» — скажете вы.

От большого и сложного телевизора переведём свой взгляд (предварительно вооружившись микроскопом с многократным усилением) на самое простое одноклеточное существо — бактерию. Эта невидимая человеческому глазу крошка не так-то примитивна, как можно подумать. Она образована длинной

Разнообразие одноклеточных.



цепочкой органических молекул и при этом способна сама воспроизводить себя, т. е. размножаться. Получается, что маленькая бактерия в несопоставимое число раз сложнее телевизора. В пользу её сложности говорит и такой факт: если телевизор, как и любой механизм, может работать без каких-то деталей (пусть даже при этом возникнут проблемы с цветом или звуком), то бактерия — нет. Только «собранная» на все 100%, она будет полноценным жизнеспособным организмом.

Если одна из самых примитивных форм жизни на самом деле так сложно устроена, что уж говорить о более совершенных и развитых организмах. Более-менее понятно и представимо, как в процессе эволюционного развития из простых существ со временем появились более сложные, но как же возникли

самые первые? Точного ответа на этот вопрос не существует.

У астрономов и геологов почти нет расхождений во взглядах на образование нашей Вселенной. Можно лишь спорить о времени, длительности и конкретных механизмах этого процесса. Жизнь, по всей видимости, возникла уже после образования нашей Вселенной. И наверняка процесс её зарождения во многом был похож на механизмы образования Вселенной, но только в несравнимо меньшем масштабе. Но это всё слова ни о чём и не могут нам помочь в выяснении величайшей тайны. Людям ещё предстоит найти ответы на многие вопросы — например, как и «кто» собрал первую живую клетку или она всё-таки «собралась» сама? При каких обстоятельствах во Вселенной зародилась жизнь? Случайный это процесс или закономерный?

Бактерия.



Счастливая случайность...

Допустим, что образование жизни — случайность. Во Вселенной 10^{23} звёзд. Пока мы достоверно знаем, что только на одной планете (Земле) и только в одной системе (Солнечной) есть жизнь. Если учёным совершенно точно станет известно, что больше нигде во Вселенной жизни нет, то можно будет поверить в счастливое стечение обстоятельств. Тогда стоит признать, что всем нам очень сильно повезло, ведь шансы случайного возникновения даже микроскопической, но в действительности очень

сложно устроенной жизнеспособной бактерии ничтожно малы.

Учёные предполагают, что около 10% планет во Вселенной отчасти похожи на нашу, а это значит, что жизнь на них может или могла существовать либо — кто знает? — появится в будущем. И если хотя бы на одной планете удастся найти следы жизни, нам придётся полностью пересмотреть свои взгляды на возникновение и существование жизни в нашей Вселенной. Ведь жизнь перестанет считаться уникальным, исключительно

Планеты Солнечной системы: Марс, Земля, Венера.



«земным» явлением. Тогда предстоит найти объяснение феномену широкого распространения жизни и начать рассуждать на различные темы, например: «Появилась ли жизнь везде одновременно?» или «Может ли жизнь кочевать с планеты на планету?»

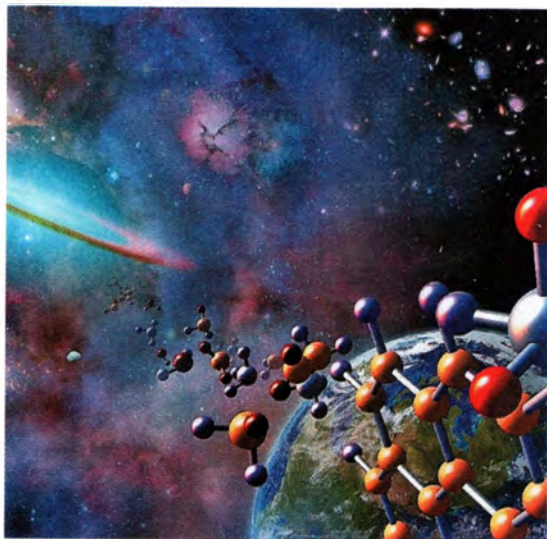
Но сначала нужно ответить на другой вопрос: почему жизнь есть на Земле, но её нет на планетах, находящихся в непосредственной (по космическим меркам) близости к ней, — Марсе и Венере? Некоторые исследователи заявляют: возможно, она там была, но потом исчезла. И если будут найдены следы прошлой жизни на Марсе или Венере — не говоря уж о доказательствах жизни, существующей сейчас, — тогда зарождение жизни на Земле перестанет выглядеть случайным событием, и придётся признать, что есть некая закономерность, которой мы не понимаем.

На основе анализа эволюции нашей Вселенной, галактики Млечный Путь и Солнечной системы учёные высказывают мнение, что жизнь во Вселенной может существовать по крайней мере последние 13 млрд лет. Другое дело, в какой форме она существует. Живое на Земле и живое на других планетах могут сильно различаться — всё зависит от условий окружающей среды. Например, если сила тяжести на некоторой обитаемой планете окажется больше, чем на Земле, то все населяющие её существа будут вынуждены «распластаться» по поверхности. Вероятно, они обзаведутся приземистым широким телом с короткими бочонкообразными конечностями. Или выберут другую стратегию — «сделают» себе червеподобное тело или станут похожи на многоножку. Наоборот, на планете со слабой гравитацией наверняка будут жить существа очень высокого роста с тонкими конечностями (как в фильме «Аватар»). Вселенная может содержать в себе составные части для зарождения жизни или живых организмов. Известно, что в ней существует по меньшей мере 94 элемента, а всё живое состоит из соединений только четырёх элементов — кислорода, водорода, углерода и азота.



Сванте Аррениус.

То есть теоретически во Вселенной есть всё для возникновения жизни, а значит, она могла быть принесена на Землю из космоса. Ещё в конце XIX в. шведский физик и химик Сванте Аррениус предположил, что на Землю с метеоритами или кометами были занесены споры микроорганизмов, рассеянных по всей Вселенной. Это учение позднее получило название «гипотеза панспермии» (от *греч.* *πάν* — «всё» и *σπέρμα* — «семя»). Последние исследования не обнаружили в космосе бактерий или вирусов, однако аминокислоты, спирты, углеводороды и другие соединения, способные образовать первичные организмы, присутствуют в метеоритах и кометах, а также в космической пыли, в обилии выпадающей на Землю. А в некоторых метеоритах найдено нечто, похожее на окаменелости — так называемые проблематичные окаменелости, — в которых ряд учёных «опознают» споры растений или грибов, водоросли или даже остатки членистоногих.



«Звёздный десант»: фантастика или реальность?

Если допустить правоту теории панспермии, то метеорит со «звёздным десантом» должен был упасть в воду или снег — т. е. на планете уже должна была быть вода, «колыбель жизни». Почему? Да потому, что живые организмы, упавшие метеорит на раскалённую, дымящуюся планету, вряд ли смогли бы уцелеть. Космический пришелец попросту утонул бы в лаве и расплавился. А вот при падении метеорита в воду или снег шансы зарождения жизни резко возрастают. Вода или снег могли частично амортизировать удар и погасить скорость небесного гостя. Кроме того, разогретая от трения в атмосфере поверхность метеорита при контакте с водой или снегом мгновенно бы треснула из-за перепада температур и раскрылась, как скорлупа ореха, высвободив ту часть, в которой после длительного перелёта могла бы сохраниться жизнь. А главное, эти условные живые клетки попали бы в водную среду, где сумели бы не только выжить, но и размножиться.

Сторонники гипотезы панспермии предполагают, что жизнь, однажды возникнув где-то в глубине космоса, «кочевала» из одной звёздной системы в другую. Возможно, на той планете, где она первоначально появилась, сейчас её уже нет, да и Земля — лишь

промежуточная остановка в долгом космическом путешествии жизни. Это не исключает возможности её существования и в других мирах, где в силу благоприятных обстоятельств она могла сохраниться до нынешнего момента. Очевидно, что те, кто убеждён в верности этой гипотезы, не считают жизнь уникальным явлением. Иными словами, они полагают, что жизнь рано или поздно может появиться на любой планете — если туда попадёт «звёздный десант» и если там имеются подходящие для жизни условия. Подтверждением этой гипотезы могло бы стать обнаружение в разных звёздных системах жизни или её следов — и при этом все организмы должны иметь один генетический код. Именно это означало бы, что все живые организмы во Вселенной — родственники.

А если обнаружатся организмы, имеющие разный генетический код? В таком случае возможны два объяснения. Первое — что существовало несколько точек возникновения жизни, а потом и несколько маршрутов её расселения. На какую-то планету могли попасть бактерии из разных мест, но выжили только одни. Однако, с учётом безграничности Вселенной, стоит признать, что шансы одновременного занесения жизни из разных мест на одну и ту же планету практически ничтожны. Более вероятно, что эти события происходили не одновременно и «опоздавшие» колонисты не нашли себе места на уже обжитой планете (и, как следствие, погибли); также возможно, что они оказались на уже безжизненном небесном теле, на руинах экосистемы, погибшей в результате какой-то биологической катастрофы.

Другое объяснение разности генетических кодов может быть таким. Вдруг процесс зарождения жизни не случайный, вероятностный, а имеет некоторый механизм, пока нам непонятный? Или жизнь появляется при определённых условиях, складывающихся на планете, и, таким образом, является их закономерным результатом? Следовательно, необходимо выяснить, что это за условия и при каких обстоятельствах они возникают.

Звёздный десант

Если первые живые организмы прилетели на Землю из космоса — какими они были? Традиционно считается, что это могли быть самые простые существа — например, бактерии. И со временем в ходе эволюции от них произошли более прогрессивные и сложно устроенные организмы: растения, грибы и животные. Это самый простой сценарий.

Некоторые учёные на роль организмов, принесённых из космоса на Землю, предлагают необычных животных — тихоходок. Это крошечные (до 1 мм длиной), примитивно устроенные беспозвоночные с одной парой глаз и четырьмя парами ног. Они невероятно живучи и способны жить в интервале температур от -273 до $+150$ °C. Тихоходки активны в воде, а при высыхании впадают в спячку, которая может длиться несколько веков! Самым древним найденным остаткам 65 млн лет, но, без сомнения, эти существа гораздо более древние.

Другими животными-«десантниками» могут быть ледяные черви, обитающие в горных ледниках Аляски и арктической Канады. Они способны обходиться без пищи в течение двух лет, а при замораживании не погибают и могут годами ждать потепления хотя бы до 0 °C, выдерживая неограниченное количество циклов замораживания и размораживания.

Однако беспозвоночные и черви — это уже очень высокий уровень развития. Если бы из космоса прилетели столь сложно устроенные существа, то как возникли более примитивные фор-



Тихоходка.

мы жизни? Именно это обстоятельство и является весомым аргументом против такого сценария. Однако сторонники теории «звёздного десанта» допускают, что внутри или на поверхности тела червей или тихоходок могли быть бактерии, разнообразные паразитарные организмы, споры растений или грибов.

Существует и гипотеза искусственной панспермии. Её сторонники спрашивают: что мешало каким-нибудь высокоразвитым существам «от скуки» или с целью эксперимента отправить «звёздный десант» в глубины Вселенной? До каждой ли планеты долетел контейнер с «поселенцами» или это была выборочная межгалактическая «посевная» — остаётся только гадать, впрочем, как и о составе «звёздного десанта» или способе его транспортировки.

Ледяные черви Аляски.



...Или закономерность?

Итак, предположим, что жизнь на нашей планете возникла автономно, независимо от той, которая, вероятно, существует во Вселенной, при благоприятном стечении обстоятельств. Это явление может быть как уникальным (если нигде, кроме Земли, жизни нет), так и повторяющимся (если на других планетах будут найдены следы жизни с другим генетическим кодом), но в любом случае это принципиально другой сценарий, отличный от всех возможных вариантов панспермии.

Попробуем выстроить цепочку событий, которые могли привести к появлению жизни на нашей планете. Во-первых, на Земле должны были возникнуть

Возможно, «новорождённая» Земля выглядела именно так.

исходные компоненты для «приготовления» жизни — различные органические соединения, а во-вторых — сложиться условия, при которых из этих компонентов образовались бы первые живые организмы.

Автономное зарождение жизни на Земле могло произойти только после образования на её поверхности воды, так как известные нам самые примитивные формы жизни, например одноклеточные растения — водоросли и простейшие животные, — живут в воде, или, точнее, в жидкости. Вода — это не обязательно океан, озеро или река. Одной капли в почве или под камнем будет достаточно. Известно, что вода появилась на нашей планете около 4—3,5 млрд лет назад, а приблизительно 3,8—3,5 млрд лет назад возникли первые бактерии.



В 1923 г. русский академик А. И. Опарин опубликовал свою гипотезу о происхождении живых существ из мёртвых, безжизненных веществ. Ход его рассуждений был следующим. В результате взаимодействия извергнутых из недр огненно-жидких карбидов (соединений углерода и железа) с паром протоатмосферы образовались углеводороды, которые сначала существовали в протоатмосфере в газообразном состоянии. Во время «великого дождя», когда на Землю выпала вода и другие охладившиеся вещества, вместе с водой в новом океане оказались и углеводороды. Углеводороды вступали друг с другом в химические реакции, пока случайно не образовались белки — более сложные органические вещества, из которых построены живые организмы.

Белковые вещества при смешивании их растворов могут образовывать мелкие капли, или коацерваты. Они обладают очень простым и неустойчивым внутренним строением, но способны улавливать из окружающего их раствора другие вещества, за счет чего увеличиваются в размере и весе. Скорость роста и дальнейшая судьба таких капель была не одинакова: одни распадались на составные части, давая материал для строительства новых, другие оказались более устойчивы. Капли активно поглощали окружающий их органический материал и были вынуждены вести конкурентную борьбу друг с другом. Так в результате естественного отбора возникли самые примитивные организмы — простейшие живые существа.

Современные исследования показали малую вероятность такой последовательности событий, поэтому гипотеза А. И. Опарина в настоящее время всерьёз не рассматривается. Главным её недостатком является то, что коацерваты нельзя считать живыми, потому что они не могут «по своей воле» размножаться.

В 1953 г. аспирант Чикагского университета Стэнли Миллер и его учитель известный химик Гарольд Юри с помощью экспериментальной установки смоделировали условия зарождения жизни. Они хотели доказать возможность само-



А. И. Опарин и его коллега за работой в лаборатории.

образования аминокислот на древней Земле. В аппарате Миллера — Юри была воссоздана протоатмосфера из метана, аммиака, водорода и паров воды, а также протогидросфера из дистиллированной воды. Через эту смесь пропускали разряды электрического тока, имитировавшие разряды молний. Через несколько дней в «протоокеане» обнаружились аминокислоты.

Однако многие учёные сочли результаты, полученные Миллером и Юри, недостоверными, и дальнейший анализ эксперимента подтвердил это. Образовавшиеся аминокислоты Миллер и Юри сразу же изолировали с помощью механизма «холодного капкана» (холодильника), который вряд ли существовал в природе. Состав первичной атмосферы в опыте был некорректен. Дальнейшие исследования показали, что атмосфера должна была состоять из азота, двуокиси углерода и водяного пара, которые не столь благоприятны для образования органических молекул. Позднее американские учёные повторили опыт Миллера по приведённому автором описанию с новым составом протоатмосферы, но не добились успеха. Ещё позже выяснилось, что в состав древ-

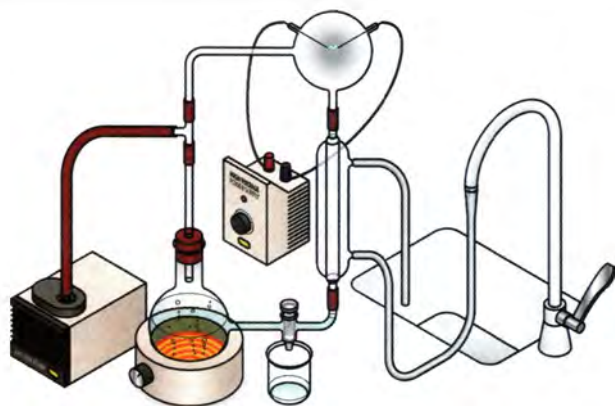


Схема экспериментальной установки Миллера — Юри.

ней атмосферы входил и кислород в количествах хотя и незначительных, но вполне достаточных для разрушения (окисления) рождающихся аминокислот. Если бы в опыте был использован кислород, то метан превратился бы в двуокись углерода и воду, а аммиак — в азот и воду и никаких аминокислот не получилось бы вовсе.

Несмотря на все замечания, гипотеза Опарина и эксперимент Миллера — Юри сыграли важную роль в изучении тайны зарождения жизни. Во всяком случае, стало совершенно очевидно, что жизнь может возникнуть только на геологически активной планете, недра которой горячи. Горячие недра вызывают движение крупных участков земной коры и вулканическую деятельность, рельеф постоянно изменяется, а атмо-

сфера и гидросфера насыщаются различными химическими соединениями. Растворы и газы из глубин планеты поступают на её поверхность, и происходят разнообразные реакции между ними и горными породами, что в итоге может создать условия для образования живого организма из множества исходных органических соединений.

Но обсудим состав живого вещества. Несмотря на всё разнообразие форм жизни, живые клетки (элементарные системы жизни) разных организмов по химическому составу почти одинаковы. В среднем в килограмме живой ткани можно найти 650 г кислорода, 180 г углерода, 100 г водорода и 30 г азота, при этом по количеству атомов лидирует водород (48%), затем идёт кислород (25%), потом — углерод (24%) и, наконец, — азот (2%). 1% количества атомов и 40 г массы — это микроэлементы, такие как фосфор (P), сера (S), кальций (Ca), калий (K), магний (Mg), натрий (Na), железо (Fe) и др. Атомы образуют химические соединения, которые называют молекулами. Для жизни наиболее важным элементом является углерод, который может образовывать самые различные химические соединения, в том числе и длинные цепочки молекул.

Если рассматривать состав клетки или живой ткани уже с позиции веществ (т. е. соединений молекул), то от 75 до 95% приходится на воду (H_2O), около 1% — на минеральные соли, а всё остальное — на органику, которая представле-

Углерод — удивительный элемент. Это и невероятно твёрдый алмаз, и мягкий графит, имеющие один и тот же химический состав, одну и ту же формулу. Разные физические свойства этих двух веществ определяются разным способом группировки атомов, что напоминает строительство принципиально разных сооружений из одного и того же материала. Например, из одинакового количества брёвен можно построить приземистый крепкий сруб или высокую ажурную башню.

Такой разный углерод: уголь и алмаз.



на четырьмя главными классами соединений. Первый из них — это углеводы (например, обыкновенный сахар), которые могут быть образованы простыми молекулами или их длинными цепочками. Расщепление углеводов даёт живому организму энергию, которую при этом можно запастись (например, растения за-

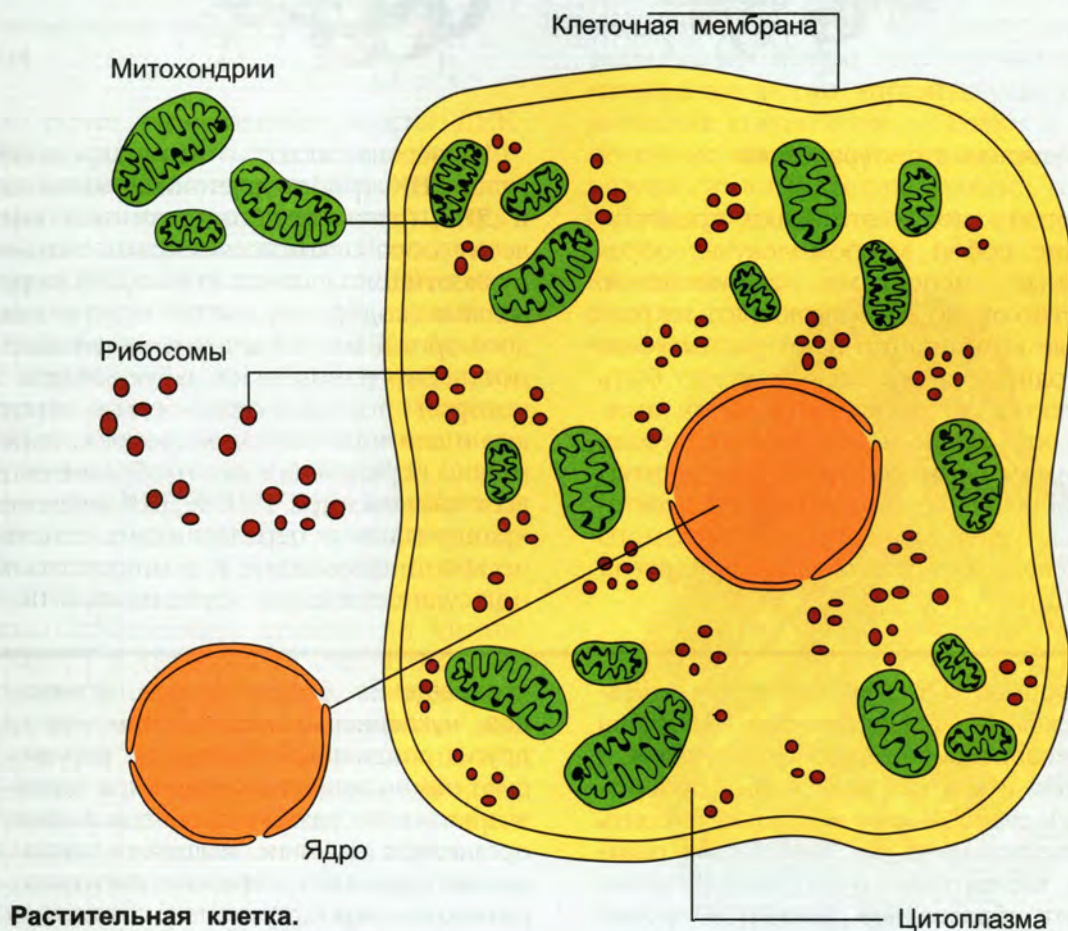
пасуют её в виде крахмала). Ещё углеводы — строительный материал: это целлюлоза у растений и хитин у насекомых.

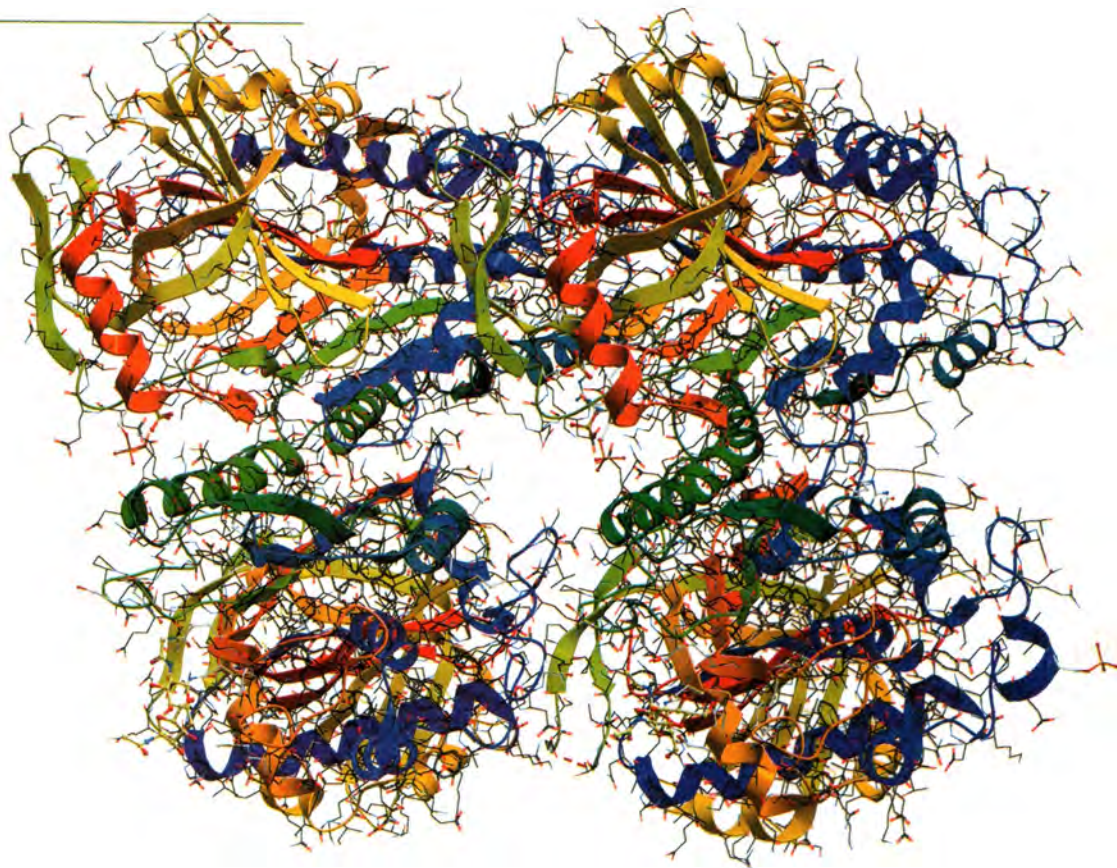
Второй класс — это липиды, или жиры, состоящие в основном из углерода и водорода. Липиды нужны для образования клеточной мембраны и запасания энергии (жир).

Клеточная мембрана

Мембрана отграничила организм от внешнего мира, и так возникла клетка. Именно мембрана выполняет барьерную функцию, т. е. отграничивает внутреннее содержимое клетки. Кроме того, она придаёт определённую форму клетке и упорядочивает её внутреннее содержимое. Также важной функцией мембраны является защита: она, как ворота замка, избирательно что-то пропускает внутрь или выпускает наружу. Мембрана регулирует

импорт и экспорт веществ. Посредством мембраны клетка может воспринимать информацию о температуре, давлении, составе окружающей среды и др. При выпячивании мембраны происходит захват другой клетки или крупного фрагмента какого-либо питательного вещества. По данным палеонтологов, мембрана появилась около 3,8 млрд лет назад (через 200 млн лет после образования на Земле воды).





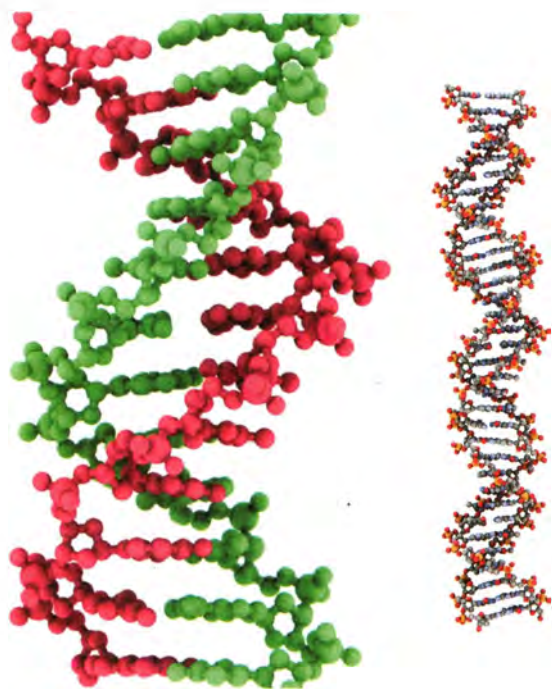
Молекулярная структура белка.

Третий класс — это белки, представляющие собой макромолекулы, образованные цепочками аминокислот. Известно около 20 аминокислот, их различные комбинации дают разные белки. В одной макромолекуле может быть от десятка до нескольких тысяч аминокислот. Белки могут способствовать биохимическим реакциям (ферменты) или бороться с инфекциями (антитела), выступать в качестве строительного материала и выполнять много других функций.

Четвёртый класс — это макромолекулы РНК (рибонуклеиновая кислота) и ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), образованные четырьмя типами нуклеотидов. Цепочки РНК и ДНК определяют (кодируют) состав белков каждого организма, а значит, и его уникальность. Это напоминает азбуку Морзе, в которой последовательностью коротких и длинных сигналов (точек и тире) можно передать всё многообразие слов всех языков мира. РНК и ДНК являются хранителями и передатчиками генетической информации, т. е. индивидуальной сущности живого организма. РНК —

Ферменты (от *лат.* fermentum — «закваска») — специфические вещества белковой природы, присутствующие в тканях и клетках всех живых организмов и способные во много раз ускорять протекающие в них химические реакции. В результате этих реакций происходят образование, распад и прочие

превращения белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, гормонов и других соединений. Ферменты регулируют обмен веществ и энергии, а также все жизненно важные процессы живых организмов (дыхание, мышечное сокращение, передача нервного импульса, размножение и т. д.).



Компьютерная модель структуры ДНК.

это более примитивная версия ДНК. РНК, во-первых, несёт генетическую информацию, а во-вторых, является катализатором многих жизненных процессов, например окисления. Постепенно первая функция останется за ДНК, а вторая отойдёт к белкам, т. е. РНК в какой-то степени выполняет работу ДНК и белков.

Ключевую роль в возникновении жизни должно было играть появление РНК, из которой в дальнейшем возникают живые клетки, имеющие ДНК. Опубликованная в 1986 г. в журнале «Nature» гипотеза американского молекулярного биолога, физика и биохимика, профессора Гарвардского университета, лауреата Нобелевской премии по химии (1980 г.) У. Гилберта гласит, что самые древние живые организмы состояли из простых самовоспроизводящихся молекул РНК. Позднее эти организмы научились синтезировать белки, ускорявшие скорость воспроизведения, и жиры (липиды), образовавшие мембрану, а значит, и первую клетку. Затем функция носителя генетической информации от РНК перешла к ДНК. Отдельные стадии

этой гипотезы были экспериментально проверены в лабораторных условиях.

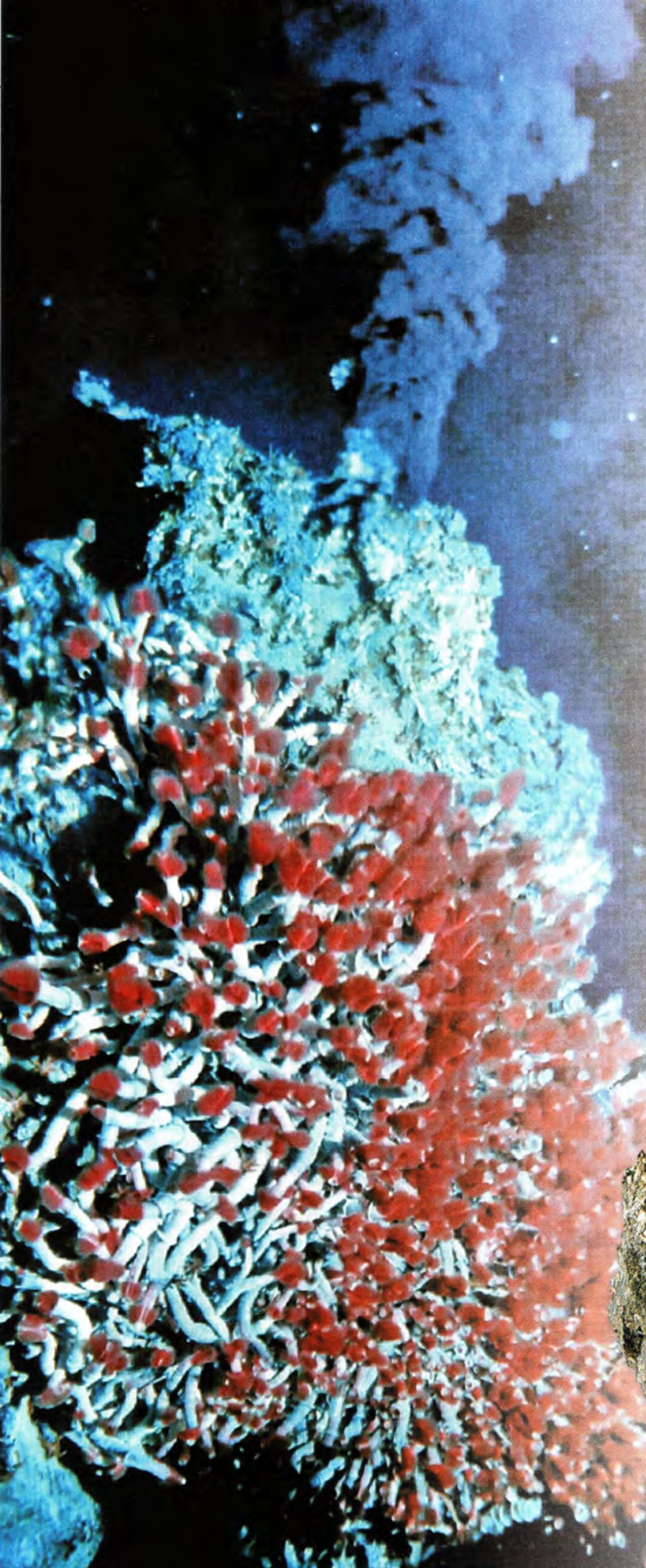
Итак, большинство учёных сходятся во мнении, что жизнь началась с РНК. Однако как и где это произошло?

Водная среда неблагоприятна для РНК, поскольку в воде она быстро разлагается. Однако установлено, что если это соединение образуется на поверхности глинистых минералов, то оно становится более устойчивым к воздействию воды. В связи с этим родилась гипотеза, отводящая глинам главную роль в происхождении жизни.

Известно, что глина обладает прекрасными чистящими свойствами (поэтому, например, её используют в косметологии). Минеральные глины имеют пористую структуру, в которой много пустот, и в этих пустотах застревают различные вещества. Глина, таким образом, играет роль своеобразного фильтра. Гипотеза, сформулированная в 1986 г. шотландским химиком А. Кернс-Смитом, заключается в том, что к глинистым минералам могли «прилипнуть» органические соединения — белки и нуклеиновые кислоты, которые позднее, в результате химических реакций между собой, стали самостоятельно воспроиз-

Кристаллическая решётка кремния.



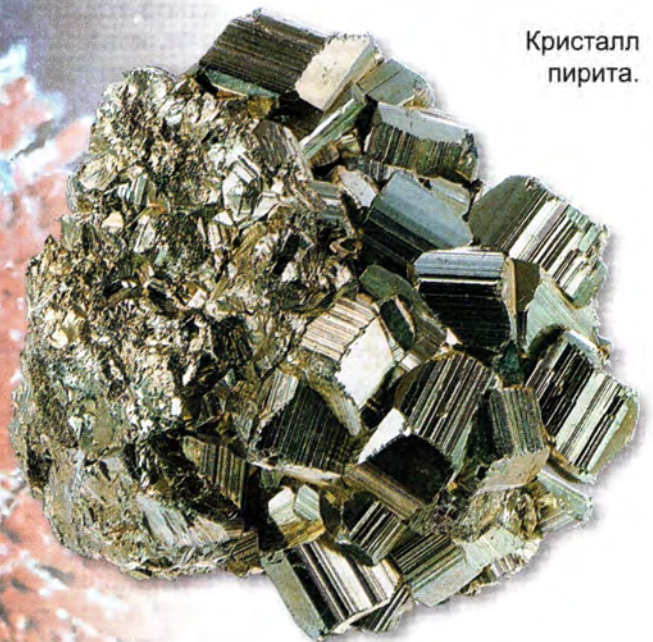


водиться и эволюционировать. Глины собрали вместе и «заперли» исходные компоненты жизни, которым ничего не оставалось, как взаимодействовать друг с другом до тех пор, пока случайно не возник первый живой организм. В 1988 г. немецкий химик Г. Вехтершойзер на роль таких «катализаторов» жизни предложил кристаллы пирита (FeS_2).

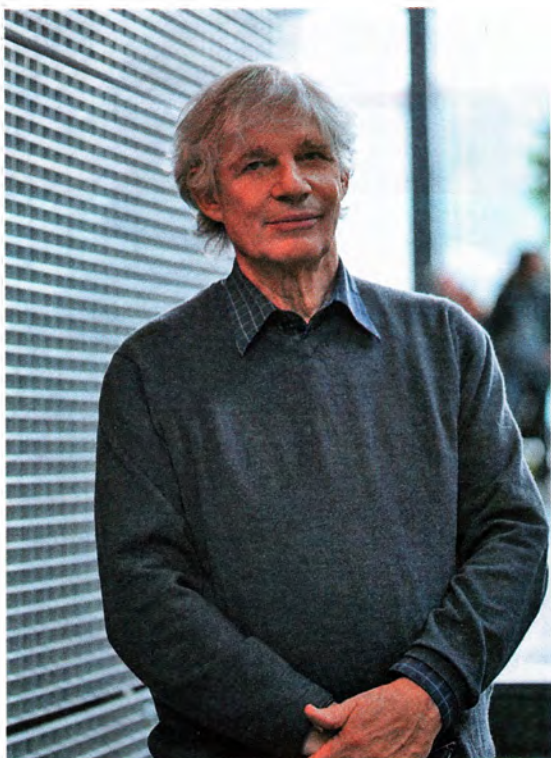
Эта гипотеза долго оставалась только умозаключением, до тех пор, пока в конце 70-х гг. XX в. на дне океанов не были открыты глубоководные оазисы жизни. Они образовались вокруг подводных гидротермальных источников, расположенных в глинистых породах и группирующихся в центральных частях срединно-океанических хребтов всех океанов.

Здесь кипят вода и жизнь. Вода кипит в прямом смысле слова, так как её температура здесь может достигать 300—400 °C. Из жерла выбрасываются различные газы (например, углекислый) и растворы, состав этих соединений напоминает древнюю атмосферу Земли. Пря-

Подводный гидротермальный источник — «чёрный курильщик».



Кристалл
пирита.



Стюарт Кауфман.

мо у жерла в полной темноте на глубине несколько километров ползают черви и слепые крабы, плавают слепые рыбы и живут удивительные животные — погонофоры. Именно таким люди из иллюминатора глубоководного аппарата увидели подводный оазис жизни посреди холодного и почти необитаемого дна Атлантического океана. Позднее, после проведённых исследований, выяснилось, что всё вокруг подводных вулканов населено примитивными археобактериями (или «древними бактериями»), которые выдерживают температуру до 120 °C, а некоторые их виды предпочитают жить в кислотных, насыщенных сернистыми соединениями средах, где нет кислорода.

Известно, что в жерлах подводных вулканов при благоприятных условиях может формироваться органическое соединение — метанол, или метиловый спирт (CH_3OH). Однако температура воды в гидротермальных источниках иногда достигает 400 °C, а метанол закипает при 65 °C, после чего начинает раз-

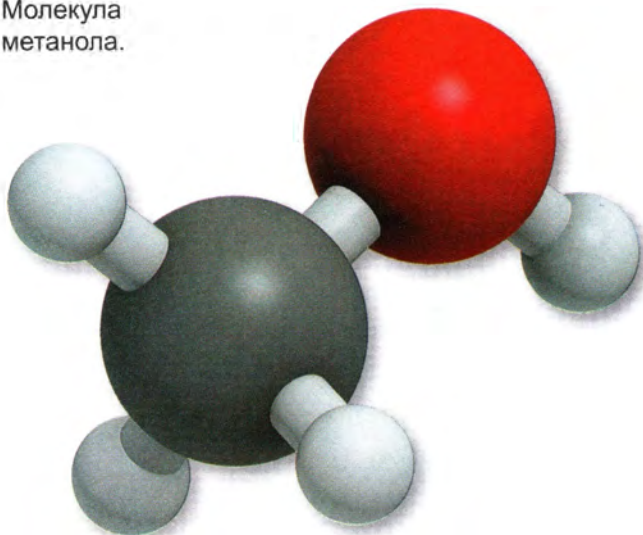
лагаться на углекислый газ и водород. Но теоретически стабильное существование метанола возможно, если на дне океана есть вещества, способные защитить его от перегрева. Такими веществами являются глины.

Геохимик Л. Уильямс из Университета Аризоны (США) в своей лаборатории в 2005 г. провела эксперимент, в ходе которого были воссозданы условия среды в районе подводного вулкана. В течение длительного времени метанол накапливался в пористой глине и, находясь под её защитой, не подвергся термическому разрушению. В конце концов произошла реакция, в результате которой из метанола возникли более сложные органические соединения.

Сегодня гипотеза о зарождении жизни у подводных гидротермальных источников считается одной из наиболее вероятных. А в числе новых гипотез — теория американского биохимика С. Кауфмана, сформулированная в 1993 г. Кауфман доказал, что сложная группа полимеров способна к самовоспроизведению как целое, даже если отдельные её части к этому не способны. Но для этого хотя бы некоторым полимерам из группы надо «уметь» делить полимер надвое или соединять два полимера в один.

Появление на Земле первой живой клетки можно считать второй революцией в истории её развития после образования гидросферы.

Молекула метанола.



Характеристика докембрийского времени

Докембрий (или интервал геологической истории Земли до кембрийского периода) также называют криптозоом или эрой скрытой жизни. Жизнь в докембрии, безусловно, существовала, но она не была такой заметной, как в фанерозое, или эре явной жизни, которая начинается с кембрийского периода.

Граница докембрия и кембрия очень важна для палеонтологов. Ведь именно в кембрийском периоде появилась рако-

вина, ракушка — наружный скелет, который может сохраниться в ископаемом состоянии, — иными словами, возникло то, что составляет главный интерес учёных-палеонтологов.

В последнее время появляются данные, которые свидетельствуют о более раннем времени появлении наружного скелета, однако всё-таки массовые его находки в ископаемом состоянии известны в отложениях начиная с кембрийских.

Ракушка —
«символ» кембрия.

Отложения докембрийского периода в Северной Америке — так называемый Канадский щит.





Знаменитые Красные скалы в Аризоне (США) — известняковые отложения докембрийского периода.

Докембрий охватывает 85% всей геологической истории нашей планеты. Науке это стало ясно в XX столетии, и это открытие было поистине потрясающей новостью. Дело в том, что палеонтологи и геологи давно уже понимали, какой слой древнее, а какой моложе, но длительность образования этих слоёв, как и в целом истории Земли, оставалась загадкой. Вместе с открытием атома и последовавшим за этим открытием радиоактивности на помощь учёным пришёл метод абсолютной геохронологии. Он основан на том, что распад изотопов протекает всегда с одинаковой скоростью и не зависит от изменений окружающей среды. И по соотношению количества начальных (материнских) и конечных (дочерних) продуктов реакции распада можно установить геологический возраст изучаемой породы. И таким образом выяснилось, что геологическая история Земли насчитывает миллиарды лет!

Докембрийские отложения очень широко распространены, они есть на всех континентах, и в них сосредоточено подавляющее большинство полезных ископаемых. На отложения докембрия очень сильно повлияли процессы движения тектонических плит, вулканическая деятельность, поднимавшиеся «капли» магмы — плюмы. Слои многократно сминались в складки и рассекались геологическими разломами, по ним поднимались перегретые вулканические газы или подземные воды, каждый раз изменяя их облик, или, как говорят геологи, метаморфизуя. Так что помимо осадочных и магматических горных пород в отложениях докембрия широко распространены метаморфические, т. е. изменённые, породы. Нередко они изменены настолько, что уже не представляется возможным установить, какими они были до преобразования. Поэтому воссоздать самую раннюю историю Земли невероятно сложно. Многие геологи считают, что докембрий практически непознаваем.



Осадочные горные породы — породы, которые образуются на поверхности Земли в результате действия различных поверхностных процессов (например, выветривания) и залегают в самой верхней части земной коры. Именно здесь добывается более 90% всех полезных ископаемых (в том числе 100% газа, нефти и каменного угля).

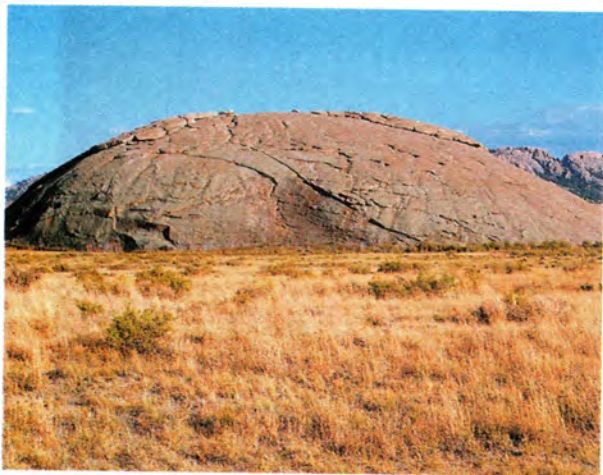
Месторождение нефти.

Магматические горные породы — породы, которые образуются из магмы в процессе её перемещения из глубоких недр Земли в верхние горизонты и последующего остывания, затвердевания и кристаллизации.

Докембрий принято делить на две крупные части — архейский и протерозойский эоны. Нижняя граница архея точно не определена (около 4,0—3,8 млрд лет назад), а граница между археем и протерозоем соответствует отметке 2,5 млрд лет назад. Архей, как и протерозой, делится на две части — нижнюю, или раннюю, и верхнюю, или позднюю. В позднем протерозое выделены рифей и венд.

Определить климат докембрия очень сложно. Во-первых, сохранилось не так много каменных свидетельств, по которым можно было бы реконструировать условия окружающей среды. Во-вторых — и в-главных, — состав атмосферы и гидросферы тогда был совершенно иным, не похожим на современный, а значит, нынешние представления о

климатических процессах к докембрию практически неприменимы. Учёные даже шутят: трудно в условиях сегодняшнего дня говорить о погоде в те времена, когда в ещё горячих лавовых берегах текли реки кислоты, а в небе висели тучи из ядовитых газов. Тем не менее по сохранившимся фрагментам геологической летописи учёным удалось установить, что в конце докембрия (в позднем протерозое) средняя общепланетарная температура составляла 12—15 °С, что несколько холоднее, чем сейчас («уверенные» 15 °С). Возможно, это было следствием массового «производства» кислорода. Состав атмосферы и гидросферы уже сделался близок к нынешнему, а значит, по современным минералам и горным породам — индикаторам палеогеографических условий можно



Скала Независимости в штате Вайоминг (США) — пример формирования времен архея.

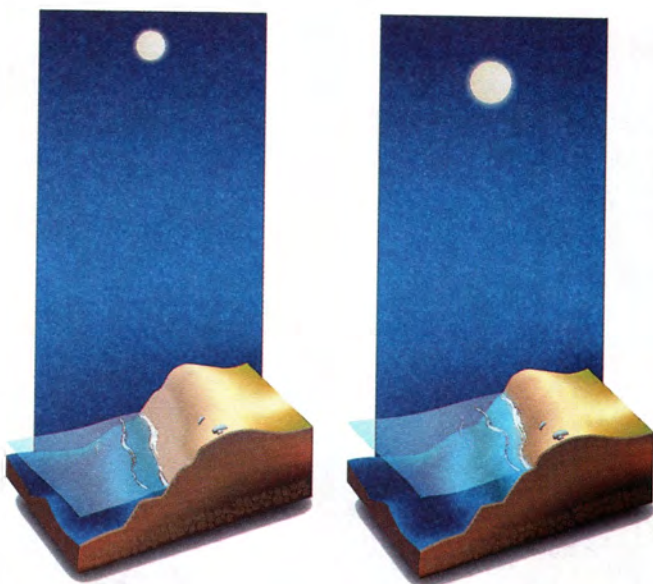
воссоздать тогдашние ландшафтно-климатические условия. Кроме того, поздний протерозой — время существования многоклеточных форм жизни, многие из которых хорошо сохраняются в ископаемом состоянии и видны невооружённым глазом. Они тоже могут быть использованы для определения климатических условий среды.

Начало архея — начало геологической истории Земли и время образования гидросферы. Тогда в океанах появились участки суши — вулканические острова. Солнечные лучи почти не пробивались к поверхности планеты сквозь плотную пелену вулканических газов, а Луна была ближе, чем сейчас (учёные установили, что Луна постоянно удаляется, так как её центробежная сила немного превосходит силу притяжения Земли). Близость Луны вызывала чудовищные приливы и отливы, когда дважды в сутки уровень океана или моря колебался на десятки, а то и сотни метров, а также сильные землетрясения. В это же время значительно ослабла метеоритная бомбардировка планет земной группы и, по мере остывания расплавленной планеты, возникла древняя (первичная) земная кора. Она двигалась, ломалась, как лёд во время ледохода. Во второй половине архея сформировалось от 60 до 85% массы современной земной коры.


В начале протерозоя образовался суперконтинент Пангея, или «всеобщая Земля», объединявший все современные материки. Он был окружён суперокеаном Панталасса, или «всеобщая вода». В течение протерозоя Пангея распалась, а потом, в конце протерозоя (на границе рифея и венда), в Южном полушарии возник суперконтинент Гондвана, который будет существовать всю палеозойскую эру. Гондвана объединяла большую часть площади современных материков Южного полушария — Южной Америки, Африки, Антарктиды, Австралии, а также полуострова Индостан.

Последний, венд, иногда на шкалах времени помещают в составе палеозойской эры перед кембрийским периодом. Дело в том, что в венде уже появились различные многоклеточные организмы, которые благодаря удачному стечению обстоятельств массово сохранились, несмотря на то что большинство из них не имели раковины. Это лишь один из примеров постоянных передвижек и изменений в шкале времени докембрия, и это нормально: наука развивается, и новые данные помогают учёным находить новые объяснения тем или иным фактам. А иногда для изучения истории Земли следует посмотреть в телескоп на небо, и вот почему...

Океанский прилив и отлив.



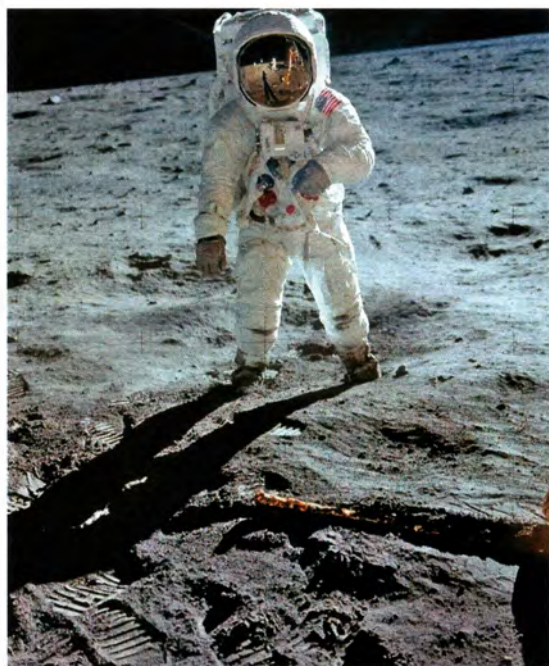
Земля и другие планеты Солнечной системы



Глядя на современную Землю, трудно представить, что когда-то наша планета выглядела совсем по-другому — например, как усеянные кратерами Луна, Меркурий или Марс. Следов того времени на Земле почти не осталось. Они были почти полностью уничтожены эволюцией верхних слоёв земной коры и их преобразованием под воздействием живого мира. На протяжении миллиардов лет ветер, вода, сила движения и жар земных недр (т. е. геологические процессы: выветривание, вулканизм и движение тектонических плит), а позднее ещё и корни растений и животные (т. е. собственно жизнь) разрушали и изменяли каменную твердь, лишая учёных каменных свидетельств далекого прошлого. Вот и получается, что узнать раннюю историю Земли можно, лишь изучив лик ближайших к Земле планет.

Давным-давно — 4,2—3,9 млрд лет назад — Земля подвергалась интенсивным метеоритным бомбардировкам. Но следов от падений метеоритов на поверхности нашей планеты практически не осталось, зато их можно наблюдать на Луне, вся поверхность которой испещрена кратерами — следами падения метеоритов. Причём кратеры перекрывают друг друга, что говорит о силе бомбардировки, — на Луне буквально не осталось живого места. Эта планета полностью покрыта слоем раздробленных горных пород, называемым реголитом. Именно в нём 20 июля 1969 г. оставил свой след первый чело-

Луна до и после метеоритной бомбардировки.



Нил Армстронг на Луне. 20 июля 1969 г.

век на Луне — американский астронавт Нил Олден Армстронг. Такой, какой увидел Луну Армстронг, была и Земля около 4 млрд лет назад.

Следы колоссальной метеоритной атаки можно найти и на Венере, поверхность которой также существенно повреждена, несмотря на плотную атмосферу, частично сдержавшую мощь «космических пришельцев». На Венере очень жарко и нет кислорода, а значит, нет и жизни — сильнее рельефообразующего фактора, который мог бы изменить облик планеты и скрыть следы той бомбардировки. Марс слишком холодный, и в его атмосфере содержится очень мало кислорода, поэтому он тоже необитаем, и за последние несколько миллиардов лет его поверхность слабо изменилась.

Вначале Земля и Луна развивались одинаково, однако позднее их пути разошлись. На Земле возникли атмосфера и гидросфера, верхние пласты земной коры до сих пор живы и приводят в движение обширные участки её поверхности — плиты, которые, сталкиваясь и расходясь, формируют континенты и океаны. Скорость движения плит се-



Полумесяц Луны вблизи.

годня составляет 1—2 см в год, и, скорее всего, в геологическом прошлом плиты перемещались с близкими к этим значениям скоростями. Несмотря на, казалось бы, ничтожную скорость, облик планеты постоянно меняется — ведь плиты движутся так последние 4 млрд лет! Недра Земли до сих пор горячи и напоминают о себе извержениями вулканов и землетрясениями. Луна же остыла и окаменела и по причине слабого притяжения так и не смогла сформировать атмосферу и гидросферу — ведь именно силой тяжести на поверхности планеты удерживаются жидкость и газ, т. е. те самые гидросфера и атмосфера. В противном случае они улетучиваются в космос.

Активное исследование планет земной группы позволит точно воссоздать историю развития нашей планеты, в том числе историю зарождения и развития жизни. Ведь даже если сейчас на ближайших к Земле планетах жизни нет, это ещё не значит, что её там не было или что со временем она не появится. Кроме того, можно попытаться провести эксперименты, чтобы оценить степень выживаемости некоторых форм земной жизни на других планетах.



Циркон.

«Свидетелей» столь ранней юности Земли на планете почти не осталось. Учёным известен найденный в Австралии древнейший кристалл циркон (ZrSiO_4), возраст которого методами ядерной геохронологии определён в 3,96 млрд лет. Это единственное достоверное каменное доказательство факта существования Земли как планеты в те времена — и условная отправная точка долгого пути её развития. Не исключено, что однажды в распоряжение учёных поступит какая-либо горная порода, которая окажется древнее этого кристалла, но пока время «до циркона» принято считать догеологическим, и его исследуют не геологи, а астрономы. Однако и тем и другим остаётся только догадываться о событиях, происходивших в невообразимо далёкие времена.



Современная атмосфера Земли состоит из воздуха — смеси азота (78,08%) и кислорода (20,95%), а также водяного пара, углекислого и ряда других газов. Однако около 4 млрд лет назад атмосфера Земли, Венеры и Марса была совсем иной: большую её часть составляли ядовитые газы, а кислорода не было совсем. В архейском воздухе витали аргон (Ar) и водород (H), углекислый газ (CO₂) и оксид углерода (CO), метан (CH₄), сероводород (H₂S), диоксид серы (SO₂) и другие газы, а также пары воды (H₂O). Помимо этого, в атмосфере присутствовали пары кислот — соляной (HCl), плавиковой (HF) и других. Точное соотношение всех этих соединений теперь установить сложно. Сейчас похожую атмосферу имеет Венера и — в значительно меньшей степени — Марс. Изучив состав современной атмосферы этих планет, учёные смогли предположить, каким был воздух на Земле в докембрии. Представляется, что ни одно животное не могло дышать, а значит, и жить в то далёкое время.

Самые известные месторождения Курской магнитной аномалии — в карьерах Стойленского и Лебединского горно-обогатительных комбинатов у города Старый Оскол в Белгородской области.

Поскольку на Земле не было кислорода, то и накопление горных пород и образование месторождений полезных ископаемых происходило иначе, чем сейчас. В отсутствие кислорода в условиях восстановительной среды возникли огромные залежи самородного железа (до 90% мировых запасов), которые сегодня ни за что не смогли бы образоваться, поскольку довольно быстро (по геологическим меркам) окислились бы. Так сформировались месторождения Курской магнитной аномалии (КМА). Кроме железа в то время образовалось 70% мировых запасов урана, золота и никеля и 25% ресурсов меди и марганца.

Месторождения Курской магнитной аномалии.



Никель.



Как считают учёные, крупные залежи серы, никеля, кобальта, меди и железа могут иметь бактериальное происхождение, т. е. возникли в результате жизнедеятельности бактерий (хемосинтеза). Значительные месторождения графита, вероятно, тоже обязаны каким-то жи-

Хемосинтез — тип питания, свойственный некоторым бактериям, способным усваивать CO_2 как единственный источник углерода за счёт энергии окисления неорганических соединений (аммиака, водорода, серы, закисного железа и др.). В результате этого процесса происходит образование органических веществ из неорганических.

вым организмам, скорее всего, наиболее примитивным формам — простейшим или водорослям.

Однако пришло время перемен. В атмосферу при извержении магмы из недр Земли поступал водяной пар. Жидкая вода на Земле пока существовать не могла, так как поверхность планеты была раскалена и по ней текли реки лавы. Атмосферное давление было чудовищным, оно в десятки раз превышало современное. Постепенно вулканическая активность ослабла, планета стала остывать. И у воды появилась возможность «спуститься» с небес на землю. Как считают учёные, все мировые запасы воды выпали дождём из атмосферы 4—3,5 млрд лет назад, когда температура поверхности снизилась до 100°C . На планете появились океаны и возникла гидросфера — «колыбель жизни». Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что жизнь появилась в воде.

В древней гидросфере протекали реакции между солями, щелочами и кислотами (сейчас в обычной морской воде есть только соли). В такой суровой среде, тем не менее, смогла возникнуть жизнь. Для этого было достаточно выполнения двух условий: образования земной коры и гидросферы.

Морские воды — современная гидросфера Земли.



Кислородная интоксикация

Самыми первыми на Земле появились анаэробные бактерии, которые жили в бескислородной атмосфере. Фотосинтезирующие анаэробные бактерии, вырабатывая кислород, начали менять среду, угрожая тем самым всем другим анаэробным организмам, в том числе и себе. Бактериям пришлось как-то решать эту проблему, приспособившись к перемене состава атмосферы, в которой с каждым днём росло содержание кислорода. Некоторые из них стали аэробными (способными жить в кислородной среде) и научились дышать — получать энергию за счёт кислородного окисления (сжигания) пищи. Другие — анаэробные (не способные жить в кислородной среде) — спрятались у гидротермальных подводных источников и в других местах с экстремальными условиями, где стали получать энергию за счёт химических реакций.

Рождение аэробных бактерий или иных организмов, потребляющих кислород и переводящих его в углекислый

газ, было предопределено. Иначе фотосинтезирующие бактерии рано или поздно перевели бы весь углекислый газ Земли в кислород, а потом задохнулись бы. Однако, скорее всего, ещё задолго до этого планета погрузилась бы в пучину холода, так как с исчезновением парникового углекислого газа, который «утепляет» климат, наступил бы ледниковый период, заморозив всё живое.

Сначала насыщение кислородом атмосферы тормозилось другим процессом — окислением железа, растворённого в воде и содержащегося в горных породах на поверхности Земли. Большая часть кислорода уходила именно на это. И только когда вся суша на планете покрылась коркой окисленных горных пород, началось настоящее преобразование атмосферы. Около 1,35—1 млрд лет назад, когда концентрация кислорода

Реконструкция ландшафта времён ледникового периода.

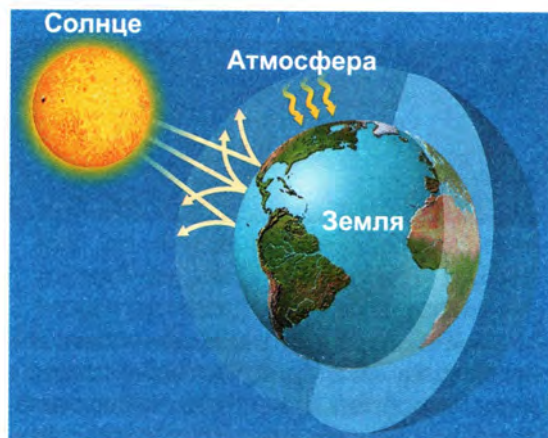


в атмосфере составила 1% от современной, произошёл переход от восстановительных условий окружающей среды к окислительным. Этот рубеж — 1% — называется точкой Пастера. Говоря иначе, точка Пастера — это такая концентрация свободного кислорода, при которой кислородное дыхание становится более эффективным (приблизительно в 50 раз) способом использования внешней энергии Солнца, чем анаэробное брожение.

Луи Пастер (1822—1895) — французский учёный, родоначальник микробиологии и иммунологии. Открыл природу брожения и опроверг теорию самозарождения микроорганизмов.



Потом наступил второй переломный момент, когда концентрация кислорода в атмосфере достигла 10% от современной; его ещё называют дополнительным числом (или точкой) Пастера. В это время образовался озоновый экран, защищающий всё живое на Земле от губительного ультрафиолетового излучения. Теперь стало возможно покорять сушу, не боясь солнечных лучей. Как же возник озоновый слой? Избытки кислорода не пропадали даром. В верхних слоях атмосферы молекулярный кислород (O_2) под воздействием космического излучения распадается на атомы, которые вновь соединяются с молекулами кислорода и образуют озон (O_3).



Защитный озоновый слой Земли.

Точка Пастера — это первый биотический кризис, возможно, приведший к вымиранию до 80% форм прокариотной жизни. Экологическую нишу, освободившуюся после массового вымирания анаэробных прокариот, заняли аэробные прокариоты и принципиально другие, более совершенные организмы, имеющие ядро, — первые эукариоты.

Насыщение атмосферы кислородом вызвало бурный всплеск жизни. Теперь организмы, вырабатывающие кислород, и организмы, его потребляющие, оказались тесно связанными. Постепенно «производители» и «потребители» кислорода пришли к обоюдовыгодному жизненному равновесию, при котором фотосинтез уравнивался дыханием и горением.

Сегодня доля кислорода в атмосфере составляет 21% — это уровень устойчивого равновесия. Если человек в результате своей деятельности нарушит этот баланс, то неминуемо последует либо глобальное похолодание (при сокращении доли углекислого газа), либо глобальное потепление (при уменьшении концентрации кислорода).

В разных источниках датировка точек Пастера варьирует от 2,8 (поздний архей) до 1 млрд лет назад (поздний протерозой). Большинство учёных сходятся на промежутке 1,3—1,2 млрд лет назад (середина протерозоя).

Всплеск жизни

Из-за неоднозначной датировки момента преодоления точки Пастера нет единого мнения и о том, когда возникли эукариоты. Первые ископаемые свидетельства их существования относятся ко времени приблизительно 1,8—2 млрд лет назад. Но обсуждаются и другие датировки этого события: от 1,4—1,6 млрд до более чем 2 млрд лет назад.

Мы же обсудим само событие: появление эукариотных клеток, или клеток с ядром. Это были поистине гиганты своего времени — размером более 40—60 мкм, что в тысячи раз больше, чем у прокариот. Прокариотная клетка стала эукариотной тогда, когда её органеллы (клеточные «органы», выполняющие определённые функции) отделили свой генетический материал клетке хозяина.

Половое размножение возможно, когда есть органеллы. Ядро — это внутренняя мембрана, ограничивающая генетический материал от цитоплазмы. Все клетки органелл, за исключением хлоропластов и митохондрий, отдали частички своего генетического кода (ДНК) в общее ядро.

Почему и при каких обстоятельствах появились многоклеточные организмы, до сих пор неясно. Может быть, в какой-то момент жизни, со всеми её разнообразными функциями, стало тесно внутри одной эукариотной клетки, и возникли колонии одноклеточных эукариот, которые пытались разделить разные функции между собой. Когда же это случилось?

Инфузория-туфелька.

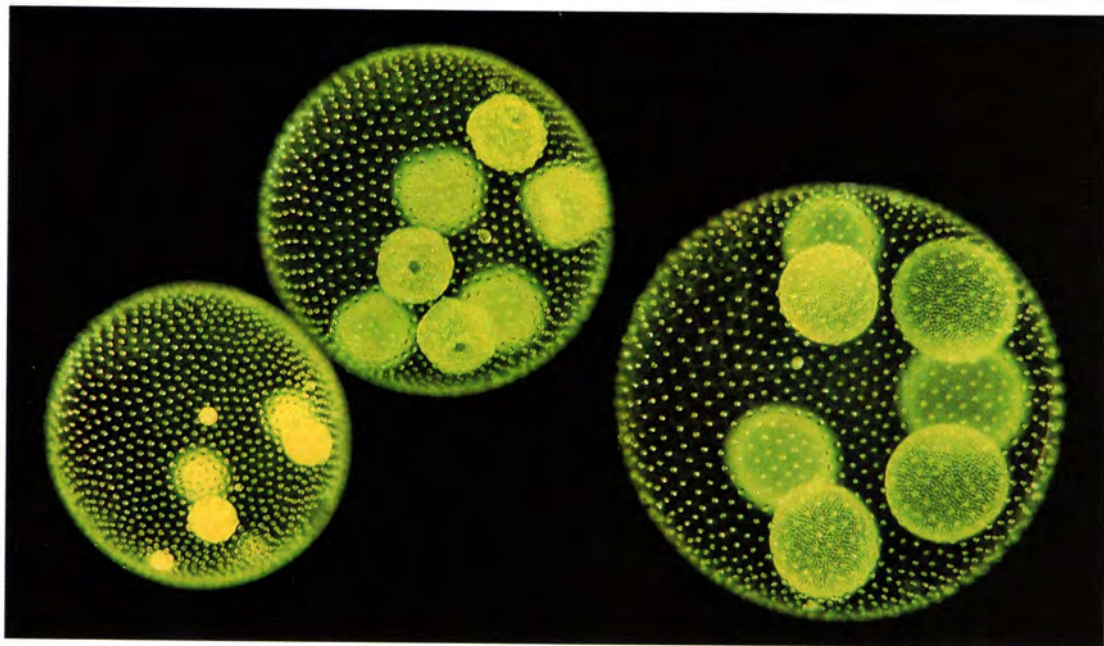


Достоверные находки многоклеточных организмов сделаны в породах возрастом 800 млн лет, проблематичные — в слоях, которым 1,4 млрд лет, однако само событие могло случиться и раньше — около 1,5–2 млрд лет назад. Эукариоты сначала стали многоклеточными, а уже позднее — колониальными многоклеточными. Сколько времени у природы ушло на трансформацию одноклеточной эукариоты в многоклеточную, точно неизвестно, тем более что колониальных форм современных эукариот нет. Часто приводимый в качестве примера вольвокс не может по-настоящему считаться колониальным организмом, так как обладает слабой дифференциацией клеток на переднем и заднем конце колонии.

Сразу после своего появления эукариоты разделились на три царства: животных, растений и грибов. Почему

произошло это разделение? Скорее всего, природа «перебирала» возможные варианты существования экосистемы с участием эукариот, которые явно доминировали в новом аэробном мире. Вполне возможно, что какое-то время царств было не три, а больше, но в конце концов осталась только эта «тройка». Ясно, что все представители трёх царств произошли от каких-то примитивных эукариот, но от каких именно, пока неизвестно. И совсем не факт, что у «тройки» был один предок.

Когда-то академик А. И. Опарин и некоторые его последователи считали, что самыми первыми организмами были гетеротрофы, которые питались «первичным бульоном» (так называют различные органические соединения, растворённые в воде). Однако в этом случае за несколько тысяч лет хищники уничтожили бы всю органику гидро-



Вольвокс — представитель зелёных водорослей, живущих в пресной воде. Размер колонии, которая объединяет от пары сотен до десятка тысяч клеток, может достигать 3 мм. В центре колонии, имеющей форму шара, расположена

Шары вольвокса под микроскопом.

полость со слизью. Кстати, расплодившийся вольвокс делает воду в озере или реке зелёной и липкой, тогда говорят, что вода цветёт.



Мхи и лишайники — представители царства растений.

сферы, а потом погибли бы от голода или съели друг друга. Не менее нелепо выглядит сценарий, согласно которому первыми организмами были автотрофы. Ведь со временем эти фотосинтезирующие организмы перевели бы весь запас углерода в высокомолекулярные соединения, например в уголь, лишив в итоге самих себя этого важнейшего элемента. Гетеротрофы же регулируют численность автотрофов и разрушают органику, способствуя её круговороту. Именно поэтому учёные едины во мнении, что все три царства эукариот возникли одновременно — и вскоре после появления первых эукариот, иначе случился бы биотический кризис. Сколько времени прошло с момента появления первой эукариотной клетки и до первого гриба, растения или животного, пока не установлено. Путаницу вносит находка, возможно, примитивных грибов в слоях древнее 2 млрд лет. Если это действительно грибы, значит, уже 2 млрд лет назад существовали и животные, и растения и были преодолены обе точки Пастера. По ископаемым находкам можно сказать лишь, что достоверно массовая эукариотизация биосферы началась 0,8 млрд лет назад.

Три царства

Существование трёх царств — растений, животных и грибов — представляется вполне логичным. Эти три царства образуют самодостаточную устойчивую систему. Отсутствие одного из элементов равносильно вымиранию двух других. Растения из неорганических соединений (например, воды и углекислого газа) под воздействием энергии света создают органику. Животные, поедая органическое вещество растений, грибов и других животных, растут и размножаются и из органических соединений создают такие же, органические. Грибы переводят органику в неорганику (эту функцию могут выполнять анаэробные прокариоты, но в аэробных условиях — только грибы).

Грибы занимают промежуточное положение между растениями и животными. Грибы и растения неподвижны, размножаются при помощи спор или семян, растут в течение всей жизни и всасывают питательные вещества всей поверхностью тела. Грибы и животные не способны к фотосинтезу и питаются готовыми органическими веществами.



Маленькие против больших

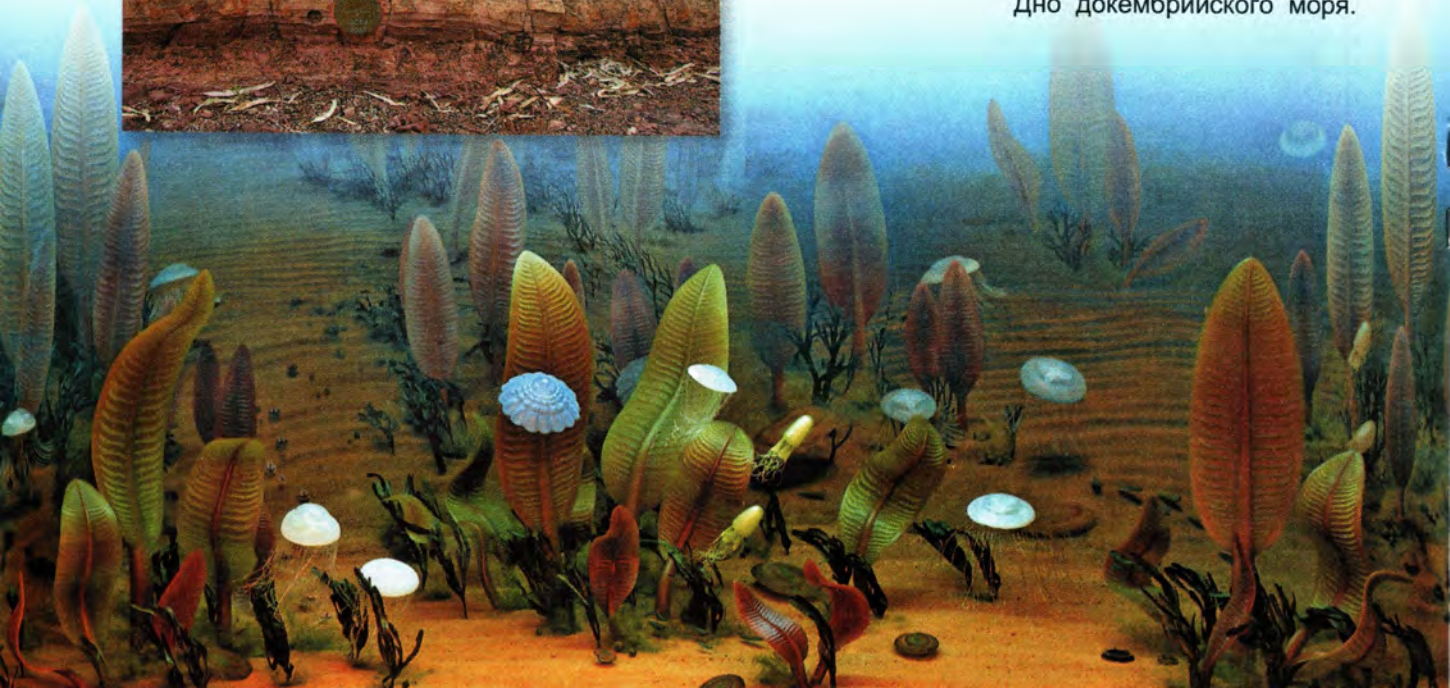
У местечка Эдиакара, что неподалёку от Аделаиды в Австралии, австралийский геолог Р. Спринг в 1947 г. обнаружил уникальное кладбище древней фауны. Это событие замечательно потому, что впервые в слоях, предшествующих кемб-

рийским, были найдены видимые следы жизни. Фауна была представлена не бактериями, а целым миром бесскелетных, в основном мягкотелых, организмов, при этом некоторые были подлинными гигантами. Почти ни у кого из них не было раковины; сами окаменелости представляли собой отпечатки, потрясающая степень сохранности которых вызвала изумление во всём научном мире. Позднее остатки подобных существ стали находить и в других частях планеты (в том числе и в России, на берегу Белого моря), им было дано название вендо-эдиакарской фауны.

...630—542 млн лет назад. Конец докембрия. Эдиакарский (вендский) период. Лучи солнца рождают игру бликов на дне удивительного моря, заселённого прозрачными существами. В толще воды плавают медузы (некоторые размером

Место, где были найдены следы вендо-эдиакарской фауны.

Дно докембрийского моря.



до 1 м), которые при помощи покрывающей их тело липкой слизи ловят планктон — микроскопических животных и растения. Для более крупной добычи медуза может использовать жалящие щупальца. Дно моря покрыто зарослями цианобактерий (выглядят они, как студенистые плёнки самых разных цветов — чёрного, фиолетового, бордового), водорослей, губок и харниодисков.

Харниодиски похожи на большие, до 0,5 м в диаметре, одиночные листья, прикрепляющиеся ко дну присоской. Это группа неясного систематического положения, не оставившая после себя потомков.



Помимо медуз здесь много других кишечнополостных, например гидр. Между зарослями на дне ползают черви, многие из которых почти абсолютно плоские и напоминают блин. Это дикинсонии: они не очень крупные, длиной пару сантиметров. Рядом проползает сприггина — удивительное десятисантиметровое существо, напоминающее червя, но с головой членистоногого. Невдалеке от неё — похожее на мокрицу членистоногое длиной 1—2 см; это парванкорина, предок палеозойских трилобитов.

Три четверти жителей этого моря — кишечнополостные, гораздо меньше здесь червей и членистоногих, и совсем

Дикинсония и сприггина, как и многие другие доисторические существа, были названы в честь людей. Дикинсонию описал палеонтолог Реджинальд Спригг и навал по имени своего шефа, начальника управления горных работ Южной Австралии Б. Дикинсона. А вот сприггина была названа уже в честь самого Спригга. Его имя таким образом увековечил австрийский палеонтолог М. Глесснер.

немного животных неясного систематического происхождения, губок и некоторых других существ.

Жители этого удивительного моря не едят друг друга, они питаются планктоном либо мельчайшими частицами пищи, оседающими на дне. Здесь не водятся крупные хищники и падальеды, и именно благодаря этому сохранились изумительно полные отпечатки обитателей этого моря, обнаруженные через 600 млн лет!



Сприггина.



Отпечаток кимбереллы — вымершего организма эдиакарской фауны.

Но не все эдиакарские животные бесскелетны. Некоторые членистоногие покрыты панцирем, вернее, прообразом его: он пока ещё не очень прочный и состоит не из хитина (как у современных членистоногих), а из каких-то других органических веществ, поэтому он сгниёт после смерти животного.

Почему же некоторые жители этого моря превратились в гигантов, а другие остались небольшими и, кроме того, пытаются укрыться под панцирем? Всё дело в крошечных хищных существах, совсем недавно появившихся в этих водах. По форме они похожи на червячков, но во рту у них зубы. Называются они плавающими конодонтоносителями. Возможно, именно они были первыми позвоночными животными, предками рыб, которых в этом море пока ещё нет. Появление зубастого хищника — пусть даже такого маленького — вынудило обитателей моря изобретать средства защиты. Некоторые стали развивать наружную «броню» — тот самый панцирь, физически оберегающий от зубов хищника. Другие — например, медузы — принялись увеличивать размеры тела.

К плавно проплывающей над спрингиной медузе быстро приближается конодонтоноситель и начинает объедать край её купола. Неприятно, но не смертельно: медуза слишком велика для того, чтобы маленький хищник смог быстро съесть её. Гигантизм — это довольно эффективная защитная реакция на появление хищника. В течение нескольких часов конодонтоноситель потихоньку поедает медузу, а затем, утолив голод, уплывает восвояси. Медуза же способна с определённой скоростью восстанавливать (регенерировать) съеденные ткани, так что за пару дней она нарастит утраченную часть тела.

В следующий раз на медузу нападают сразу два хищника. И эти уже не намерены уходить быстро: они прогрызают ходы в студенистом куполе медузы, углубляются внутрь её тела — как гусеницы, поедающие плод. Начинается растянутая во времени схватка с непредсказуемым исходом. Будет ли медуза успевать восстанавливать ткани? Или конодонтоносители опередят её и съедят?..

Взросшей популяции хищников становится всё труднее найти себе пищу — её запасы начинают постепенно сокращаться. Голодные конодонтоносители, теперь группами по два или три, атакуют



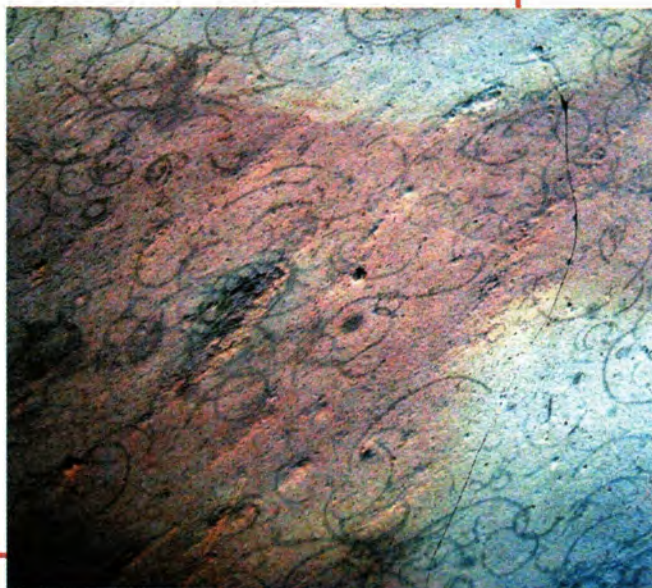
В куполах медуз, которые водятся в современных морях, могут постоянно жить некоторые виды ракообразных или червей. Съеденные части ткани медузы постепенно регенерируются, и этот круговорот продолжается до смерти либо медузы, либо её паразитов, которым невыгодно массово нападать на одну жертву и быстро уничтожать её — гораздо эффективнее, когда одна или несколько особей всю жизнь проводят «внутри еды».

всё реже встречающихся медуз и других мягкотелых животных, например червей. Подвергшейся нападению медузе нечего противопоставить хищникам, кроме скорости регенерации своего тела. И наступил момент, когда медуза оказалась на грани жизни и смерти: скорость регенерации сравнялась со скоростью поедания, если не уступает ей. Кроме того, на восстановление тела уходит

много энергии, а ни один организм не может долго существовать в таком напряжении. Скорее всего, «наша» медуза обречена, счёт её жизни идёт на часы. Даже если конодонтоносители не успеют съесть её целиком, повреждения, нанесённые ей, будут несовместимы с жизнью — и большая жертва маленьких хищников превратится в бесформенную массу ещё живой ткани, медленно опускающуюся на дно...

Именно так конодонтоносители уничтожили всех мелких и крупных мягкотелых жителей докембрия, а после вымерли сами. В конечном итоге вендоэдиакарская фауна исчезла. Но почему это произошло?

За эдиакарский период концентрация кислорода в атмосфере увеличилась до 17%, образовался озоновый экран, поэтому палеонтологи считают, что в это время на суше уже существовала экосистема, в которую входили бактерии, грибы, лишайники, мхи, некоторые водоросли и, возможно, черви. Первые колонисты суши также внесли свой вклад в увеличение доли кислорода.



Следы древней многоклеточной водоросли грипаний.

Конодонты

Конодонты, или «конические зубы», — таинственные доисторические морские окаменелости, впервые найденные в 1856 г. русским палеонтологом Х. И. Пандером в палеозойских породах европейской части России. Конодонты — микроскопические (0,1—3 мм), обычно невидимые невооружённым глазом режущие зубы из фосфата кальция ($\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$) с некоторой долей белков. По химическому составу конодонты почти идентичны человеческим зубам. Очевидно, что они принадлежали каким-то существам очень небольшого размера. Их называли конодонтоносителями.

Долгое время никто не знал, как могли выглядеть эти существа. Конодонты тем не менее служили своеобразными «палеонтологическими часами». Форма их быстро эволюционировала, что обусловило их использование для определения возраста горных пород. Учёным удалось установить закономерность в изменении формы и строения конодонтов. Чем проще зубы — тем они древнее, чем сложнее — тем моложе.

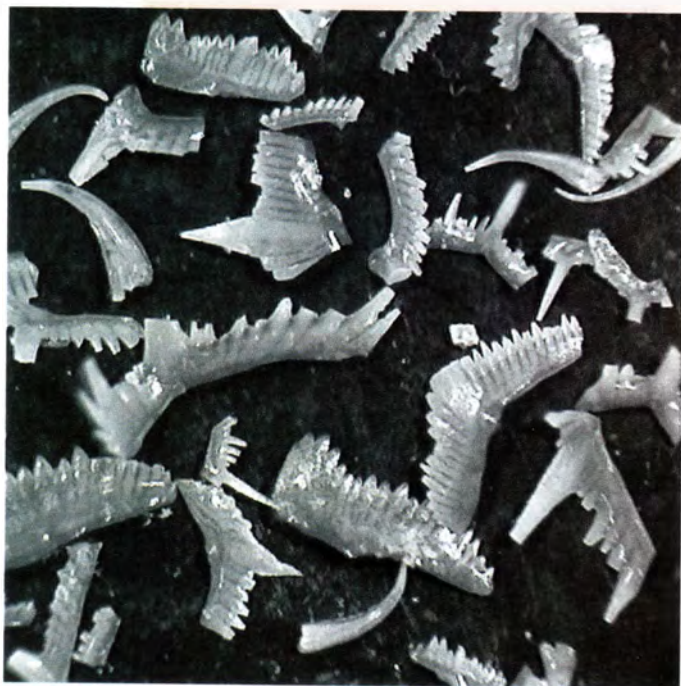
Кроме того, эти загадочные окаменелости — ключ к поиску месторождений

газа и нефти. Цвет конодонтов зависит от температуры, до которой нагреваются горные породы в недрах Земли. А высокая температура в слоях, содержащих органическое вещество, необходима для формирования месторождений горючих полезных ископаемых. Если конодонты светло-жёлтого цвета, то в породе, где их обнаружили, можно искать месторождение газа, а если жёлто-коричневые — месторождение нефти.

Как выглядели конодонтоносители, стало возможно установить после сенсационной находки, сделанной в 1983 г. в Шотландии. Выяснилось, что здесь в раннем карбоне, 359—318 млн лет назад, обитали хищные червеподобные конодонтоносители длиной до 7 см (впрочем, встречались и 40-сантиметровые гиганты). По отпечаткам их мягких тел учёные постарались реконструировать облик этих существ. С точностью было определено, что их зубы располагались во рту в неизменном порядке: сначала шли зубы, которыми можно было отрезать или удерживать добычу, за ними — которыми можно было разрезать или измельчить. Есть даже мнение, что некоторые зубы могли быть снабжены полыми каналами, через которые конодонтоносители впрыскивали в жертву яд!

В современных морях конодонтоносителей нет. Их место и ранг в классификации до сих пор обсуждается: большая часть учёных относит их к позвоночным животным, правда, со многими оговорками.

Многообразие конодонтов.



Эдиакарская экосистема была несовершенной и неустойчивой: сначала в ней не было хищников, которые регулировали бы её численность, следовательно, она изначально была обречена на вымирание. А лавинообразное появление хищных конодонтоносителей окончательно вывело систему из равновесия и ускорило процесс её гибели.

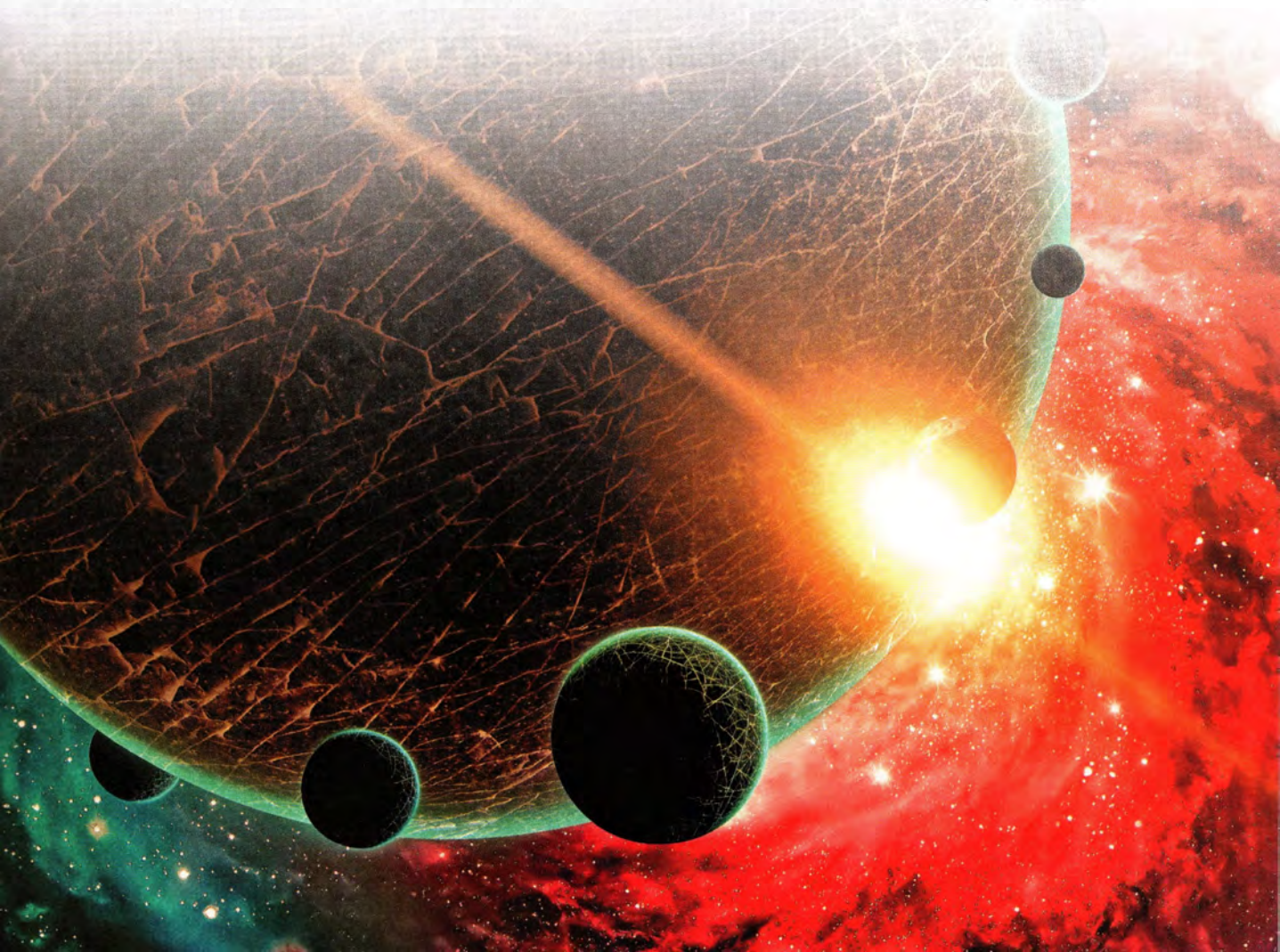
Заклучение

Итак, основное событие докембрия — если можно употреблять слово «событие» по отношению к явлениям такого масштаба — это образование нашей планеты, случившееся около 5—4 млрд лет назад. Ему предшествовало образование звезды — Солнца — и всей Солнечной системы.

Крайне важным рубежом следует считать точку на шкале времени, «поставленную» 1,65 млрд лет назад, что соответствует границе раннего и позднего протерозоя. С этого момента

большинство геологических процессов в литосфере, гидросфере и атмосфере стали протекать так же, как и сейчас, а до того времени они были принципиально иными.

За 4 млрд лет, прошедших с момента зарождения жизни на нашей планете, произошёл целый ряд важнейших событий в развитии органического мира — от появления первой бактерии до возникновения первых грибов, растений и животных. На этом долгом пути состоялось множество важных событий, можно





Бактерии в лабораторной чашке.

даже сказать — революций. Причём каждое последующее событие становилось закономерным итогом предыдущего, подготовительного этапа. Длительность этапов могла составлять сотни миллионов лет — так много времени требовалось для перехода жизни на качественно новую, более сложную ступень. Ещё раз обратим внимание, что эволюция жизни, или биосферы, шла одновременно с эволюцией других глобальных сфер, или оболочек, Земли — литосферы, атмосферы и гидросферы. Процессы, протекавшие в одной сфере, влияли на процессы в других — и наоборот.

| Революция | Суть | Время |
|-----------|---|---|
| Первая | Возможное зарождение жизни во Вселенной | Предположительно около 13 млрд лет назад |
| Вторая | Зарождение жизни на Земле | 4—3,8 млрд лет назад |
| Третья | Первые следы жизни, похожие на бактерии | 3,8 млрд лет назад |
| Четвёртая | Появление у бактерий возможности заглатывать жертву целиком без разрыва мембраны (оболочки) | Около 3,5 млрд лет назад |
| Пятая | Появление колониальных форм жизни | Неизвестно |
| Шестая | Рождение аэробных бактерий или любых иных организмов, потребляющих кислород и переводящих его в углекислый газ | 2,8—1 млрд лет назад |
| Седьмая | Массовое вымирание анаэробных прокариот и, как следствие, — появление аэробных прокариот и ядерных организмов — первых эукариот и, возможно, деградация части анаэробных прокариот до вирусов | 2—1,4 млрд лет назад |
| Восьмая | Способность к половому размножению | 2—1,4 млрд лет назад |
| Девятая | Появление многоклеточных организмов | Достоверно — 800 млн лет назад, но возможно, 2—1,5 млрд лет назад |
| Десятая | Появление первых растений, животных и грибов | 2—0,8 млрд лет назад |



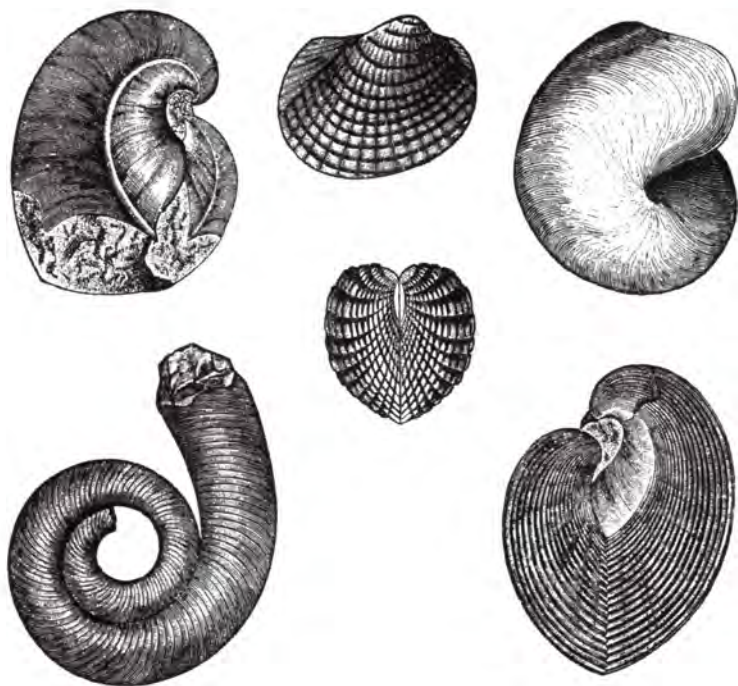
Итак, в докембрийское время на Земле появилась и развилась жизнь, а также сложились первые сообщества организмов, состоявшие из множества разных форм. Некоторые из них живут и поныне, другие вымерли, дав начало более совершенным формам. Природа придумала хищников и их жертв, тем самым заложив все те взаимоотношения между формами жизни, которые существуют сегодня (пищевые цепи). Именно появление хищников в конце докембрия побудило их потенциальных жертв срочно начать вырабатывать стратегии защиты,

первой из которых стала раковина, или внешний скелет. Поначалу внешний скелет состоял из органических веществ и был мягким, он не мог служить серьёзной защитой и после смерти существа гнил, как и другие ткани. Однако уже в самом начале следующего, кембрийского периода появятся настоящие доспехи — твёрдые раковины из минеральных соединений...

Отпечатки вымершего эдиакарского многоклеточного — немианы.



Характеристика периодов. Кембрий, ордовик, силур



Окаменелости кембрийского
и силурийского периодов.

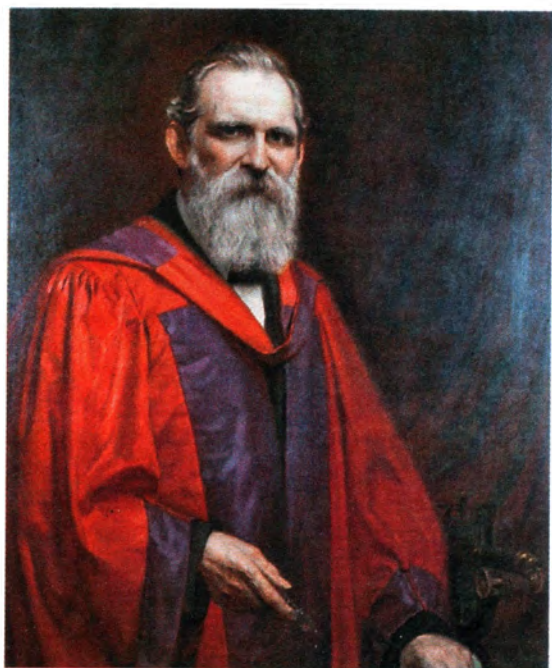
Кембрийский, ордовикский и силурийский периоды открывают палеозойскую эру. Всего в ней шесть периодов, и первые три составляют первую половину эры, или ранний палеозой, который начался около 642 млн лет назад (начало кембрия) и завершился приблизительно 416 млн лет назад (конец силура). Граница между кембрийским и ордовикским периодами соответствует отметке 488 млн лет, а между ордовикским и силурийским — 443 млн лет. В это время жизнь бурно развивалась в море и делала первые робкие шаги на суше.

Кембрийская система была выделена в 1835 г. английским геологом Адамом Седжвиком и названа в честь латинского наименования княжества Уэльс, которое звучит как Камбрия.

Начало палеозойской эры — время появления скелетных организмов, точнее, беспозвоночных с наружным скелетом, или раковиной. В морях и океанах активнейшим образом шла эволюция

Геологические отложения в княжестве Уэльс.





Чарлз Лапуорс.

беспозвоночных и позвоночных животных, а также флоры — водорослей. В силурийском периоде жизнь «выплеснулась» из морей и океанов на сушу: сначала на ней появились первые растения, а затем из вод выползли членистоногие.

Уровень развития многих примитивных и древних форм жизни подсказал палеонтологам, что, скорее всего, уже в докембрии на суше жили бактерии, водоросли, мхи, лишайники, черви, грибы и некоторые другие организмы. Но поскольку все они не имели никаких скелетных элементов, то от них почти ничего не осталось.

В последнее время все три периода раннего палеозоя были подвергнуты существенному пересмотру, и общепринятого деления для них на сегодняшний день не существует. В частности, предлагается делить кембрийский период на четыре части, а все более дробные (мелкие) части — века — пока упразднены. В России кембрийский период делится на три части и десять веков (в хроноло-



Родерик Мурчисон.

гическом порядке, от более ранних к более поздним): томмотский, атбанский, ботомский, тойонский, амгинский, майский, аюсакканский, сакский, аксайский и батырбайский.

Ордовикская система получила статус самостоятельной в 1960 г., а ранее этот отрезок геологической истории относили к начальной части силура. Название системы, которое происходит от названия племени ордовиков, когда-то населявшего Уэльс, было предложено ещё в 1879 г. английским учёным Чарлзом Лапуорсом. В России ордовик делится на три части и пять веков. Нижнему ордовику соответствуют тремадокский и нижняя часть аренигского яруса. Средний ордовик — это верхняя часть аренигского яруса и лланвирнский ярус. Верхний ордовик объединяет карадокский и ашгильский ярусы.

Силурийский период, как уже было сказано выше, был выделен и описан раньше, чем ордовикский, в 1835 г., благодаря английскому геологу Родерику Мурчисону. Своё имя период получил по названию кельтского племени силуров, населявшего всё тот же Уэльс. В нашей стране силурийская система делится на



Суперконтиненты древности и современные материки.

две части и четыре яруса. Нижний силур состоит из лландоверийского и венлокского ярусов, а верхний — из лудловского и пржидольского.

В раннем палеозое произошли два массовых вымирания живых организмов. Первое, так называемое малое, случилось в раннем кембрии в конце томмотского века. Второе, великое вымирание произошло в конце ордовикского периода — тогда погибло до 35% семейств морских организмов. Это вымирание произошло одновременно с оледенением.

Небольшое сокращение биоразнообразия живых организмов было также и в конце силурийского периода, но его не считают массовым вымиранием.



Уровень мирового океана на всем протяжении кембрийского и ордовикского периодов непрерывно повышался, достигнув в позднем ордовике своего пика. Тогда, по разным оценкам, он был выше современного на 300—600 м! Затем, когда началось оледенение, уровень Мирового океана начал понижаться, и к концу силура он достиг отметки «всего лишь» (на самом деле это очень, очень много) на 50 м выше сегодняшнего уровня. Кстати, в самом начале кембрийского периода уровень Мирового океана, как считают, мог быть на 50 м ниже современного — грандиозные колебания!

Конец венда (докембрий) и начало кембрия — это талассократическая эпоха, время господства морей и океанов над сушей. В среднем и позднем кембрии уровень Мирового океана кратковременно понижался, что характерно для геократической эпохи (времени, когда континенты преобладают над морскими и океаническими бассейна-

ми), но с начала ордовика и по конец силура вновь наступает стабильная и долгая талассократическая эпоха, правда, с кратковременными эпизодами понижения уровня океана. В это время до 60% площади всех континентов в Северном полушарии затоплено, а в целом до 32% всех материков и островов находится под морской водой. Тем не менее уровень мирового океана понижается из-за оледенения, а в конце силура господству воды приходит конец. Движение тектонических плит вызывает закрытие океанов, образование гор и рождение новых участков суши — островов и материков.

В раннем палеозое в Южном полушарии существовал суперматерик Гондвана, объединявший большую часть Индии и современных Австралии, Антарктиды, Африки, Южной Америки. В Северном полушарии были лишь небольшие разрозненные участки суши, которые периодически перекрывались морскими водами. Только в конце силурийского периода на месте океана Япетус, который тогда отделял большую часть Север-

ной Америки от «кусков» будущей Европы, возникнет суперматерик Лавруссия.

На протяжении кембрия и первой половины ордовика общепланетарная температура Земли составляла 25 °С. Затем произошло резкое похолодание (общепланетарная температура снизилась до 10 °С) и оледенение, которое продлилось до конца первой половины силурийского периода. После этого температура вновь поднялась до 25 °С. Активно менялся и внешний вид земного шара: в раннем ордовике (488—471 млн лет назад) Гондвана переместилась с Южного полюса на экватор, а в силуре суперматерик вновь вернулся на своё прежнее место.

В начале палеозойской эры власть в воде и на суше безраздельно принадлежала беспозвоночным животным. Позвоночные существа миллионами гибли в челюстях более примитивных, но более крупных беспозвоночных. И те и другие имели столь причудливый облик, что, увидев животное того времени, вы вряд ли смогли бы понять, что это за создание, где оно живёт, чем питается и как передвигается...

Строматолиты кембрийского периода.





Отпечаток древнего панцирного моллюска.

Окаменевшая раковина.

Кембрийский период (542—488 млн лет назад) был ознаменован появлением беспозвоночных животных с наружным скелетом. Если в палеонтологических отложениях докембрия можно обнаружить только редкие отпечатки мягких тканей животных, не имевших раковины, то в кембрийских отложениях палеонтологи находят и одиночные отпечатки, и следы массовых скоплений ракушек — окаменелых «домиков» существ.

Появление панциря было очень важным эволюционным шагом. Для чего же морским существам понадобилась раковина? Она возникла как ответ на появление зубов у хищников. Большинство жителей кембрийского моря имели твёрдый панцирь, хотя встречались и бесскелетные формы.

Это очень важный признак для проведения границы между эрой скрытой жизни (криптозоом), которая как раз и существовала в докембрии, и эрой явной жизни (фанерозоом).

В раннем кембрии (542—513 млн лет назад) в Южном полушарии от полюса к экватору выделяют тёплый, засушливый (аридный) и тропический пояса, а в северном — лишь аридный пояс. В среднем (513—501 млн лет назад) и позднем (501—488 млн лет назад) кембрии пояса сместились на север.

Климатическая зональность в ордовикском периоде (488—443 млн лет назад) была такой же, как и в кембрии. А интересен ордовик прежде всего тем, что его окончание — время массового вымирания многих головоногих моллюсков, кораллов, брахиопод, иглокожих. Все эти организмы имели известковый наружный скелет, что и вызва-



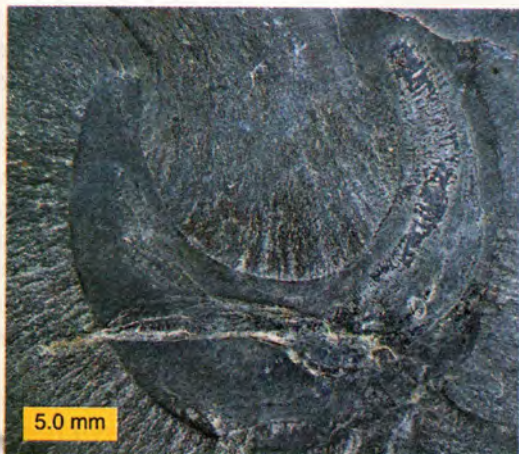
Панцирный моллюск кембрийского периода.

ло их гибель. Ведь похолодание планеты затронуло и водный мир — гидросферу, и строить панцирь из известки стало очень сложно — при низкой температуре известь (карбонат кальция) быстро растворяется в воде. Можно было обзавестись панцирем либо «переодевшись» в фосфатный панцирь, либо переместившись в более тёплые места, либо отказавшись от панциря совсем. Но это процесс небыстрый, и у беспозвоночных попросту не хватило времени...

Силурийский период (443—416 млн лет назад) ознаменован появлением рыб и выходом высших растений и беспозвоночных животных на сушу. А в морях ордовика и силура появились гигантские хищные беспозвоночные — головоногие моллюски и ракоскорпионы. Длина этих существ измерялась многими метрами!..

Палеонтологический клад

В 1909 г. в национальном парке Йохо, который находится на территории канадской провинции Британская Колумбия, группа людей совершала конную прогулку. Одна из лошадей споткнулась о крупный камень. Камень отлетел в сторону, а то, что было под ним, привлекло внимание людей. Они увидели множество окаменелостей, в которых угадывались причудливые, фантастические членистоногие... Так была открыта древнекембрийская фауна, отлично сохранившаяся в глинистых сланцах парка Йохо.

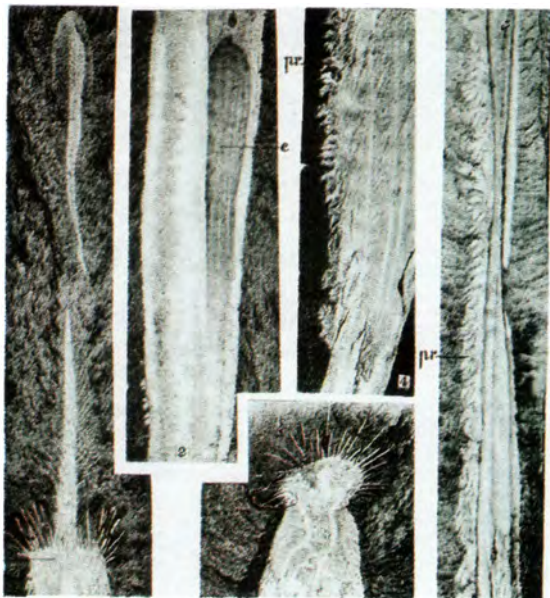


Чарлз Уолкотт.

Сразу же после обнаружения «клада» знаменитый американский палеонтолог Чарлз Уолкотт приступил к исследованию найденных остатков. Дальнейшую свою жизнь он посвятил изучению кембрийской фауны. Примечательное, что практически все свои находки — около 40 тыс. — он совершил в небольшом трёхметровом сланцевом слое. Именно находки Уолкотта позволили учёным реконструировать облик кембрийского моря, существовавшего около 500 млн лет назад.

Окаменелость, найденная в парке Йохо.

Кембрийское море



Отпечатки луизеллы.



Виваксия.

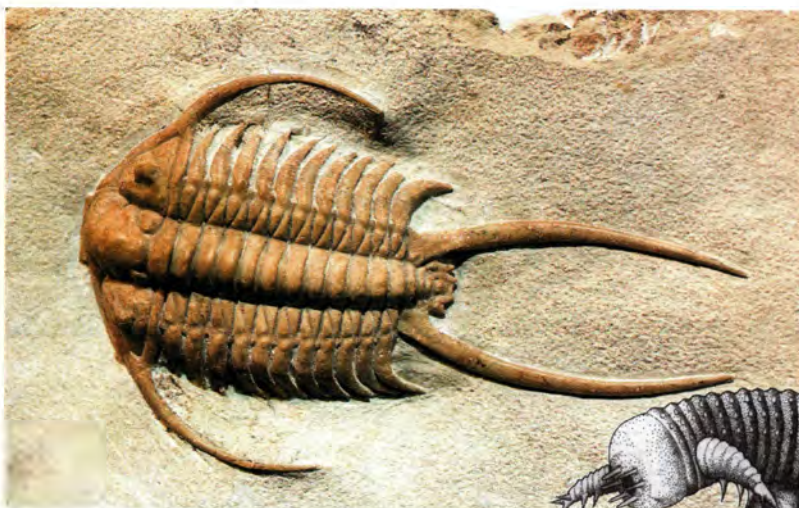
Кембрийское море поражает своим разнообразием — но это море без рыб. Дно кишит подвижными существами, одно из которых, словно пылесос, вместе с водой засасывает мельчайших животных и растений. Это пикайя, хищное примитивное хордовое животное и ближайший родственник современного ланцетника. Она напоминает слизня: тело у неё вытянутое, несколько сантиметров длиной, и лишено конечностей. В поисках пищи пикайя зарывается в ил и скрывается в поднятом ею облаке мутной взвеси.



Пикайя.

А вот в своей норе затаился хищный червь луизелла — он ждёт, пока добыча приблизится к его логову. Своё имя гигантская (25 см длиной — для червя это очень много!) луизелла получила в честь озера Луиза в Канаде. Большая часть норы луизеллы расположена горизонтально и напоминает штольню, что позволяет хищнику быстро выскочить из засады и схватить жертву на небольшом расстоянии от норы. Вот к ней приближается маленькое, похожее на улитку существо с домиком-раковинкой — виваксия. Она неосмотрительно забирается на край песчаного кратера ловчей норы, из которой мгновенно выскакивает луизелла. Однако виваксия успевает спрятаться в раковину, с которой червь справиться не может. Недовольная луизелла прячется в нору, а виваксия продолжает свой путь.

Вслед за виваксией, поднимая за собой небольшой шлейф, по дну спешит

Окаменевший
трилобит.

Ащейя.

трилобит. Трилобиты, или «трёхдольные», — предки современных раков, но внешне они похожи на мокриц. Как и все членистоногие, трилобиты одеты в хитиновый панцирь. У них есть глаза и чувствительные усики, которые помогают ориентироваться на морском дне, где они ищут мельчайшие частицы пищи. Трилобит подползает к ловчей норе луизеллы, но в последний момент меняет траекторию движения. Это и спасает его от хищника. Из тёмной норы показывается передняя часть червя, но трилобит успевает спрятаться — зарыться в ил. И снова луизелле ничего не остаётся, как вернуться в свою нору.

Проходит несколько минут, и трилобит осторожно вылезает из ила. Спасшись от одного хищника, он оказывается нос к носу с другим — сиднейей (такое причудливое название палеонтологи дали этому членистоногому в честь австралийского города Сиднея). Сиднейя, немного похожая на некрупного (длиной до 13 см) рака, неторопливо ползает по дну в поисках еды: более мелких, чем она сама, ракообразных, моллюсков и трилобитов. Однако этого трилобита она съесть не может — слишком велик для неё.

За их передвижениями наблюдают чьи-то глаза, посаженные на стебельки-выросты. Принадлежат они странному созданию — ащейе. Чем-то она похожа на червя, и долгое время учёные причисляли ащей к червям, пока не выделили

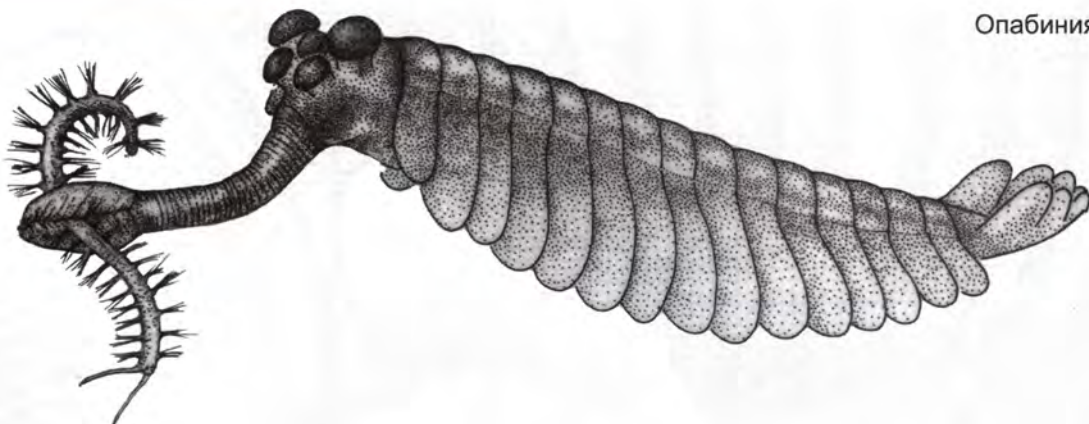
в отдельный тип онихофор. На голове у ащейи выросты-усики, а на ножках — коротких и слабеньких — коготки. Зачем ей коготки в воде — науке пока неизвестно.

Между зарослей из водорослей, губок и гидр проплывает причудливая опабиция, не похожая ни на одно современное или вымершее существо. У неё пять глаз и рука с клешней, растущая на том месте, где у большинства животных располагается рот. Телом же она напоминает три-

Реконструкция внешнего вида сиднейи.



Опабиния.



лобита или многоножку. Это загадочное животное не оставило после себя никаких потомков, а его классификационное положение до сих пор не определено. Длина этого хищника составляет 15 см. Своей рукой-ртом опабиния, как экскаватор ковшом, роет осадок в поисках мелких ракообразных, червей и других существ.

Над опабинией проносится 30-сантиметровый аномалокарис — другой интересный обитатель этого моря. Он похож на кальмара или каракатицу, но с совершенно другой головой. У него очень крупные глаза и два выроста на брюшной стороне тела у рта. В обычном положении эти «руки»-захваты свёрнуты в спираль, а во время атаки разворачиваются. Больше никаких конечностей у аномалокариса нет, но это для него не помеха: молниеносно настигает он опабинию и ловит её парой своих «рук».

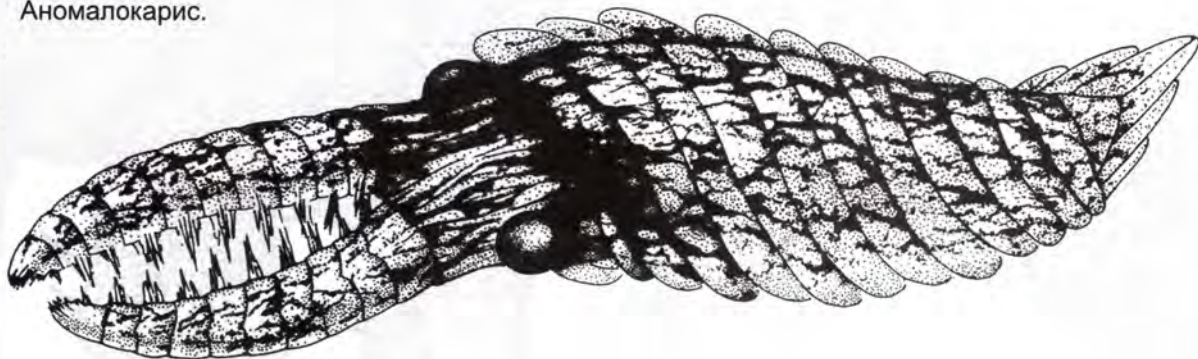
В кембрийском море множество хищников, поэтому вегетарианцы и более мелкие хищники обзавелись

панцирями, которые не только защищают тело, но и служат для него опорой — внешним скелетом. Панцирь нужен и в воде, и на суше: там он позволяет не «растечься» под действием силы тяжести и спасает от высыхания, позволяя герметично закрыться внутри раковины.

Хитин

Хитин — основной компонент наружного скелета членистоногих — входит также в состав клеточной стенки грибов и бактерий. Хитин не растворяется в воде и органических растворителях (кислотах, щелочах, спирте), но растворяется в концентрированных растворах солей и минеральных кислот. Выполняет защитную и опорную функции. По строению, физико-химическим свойствам и биологической роли он похож на целлюлозу растений.

Аномалокарис.

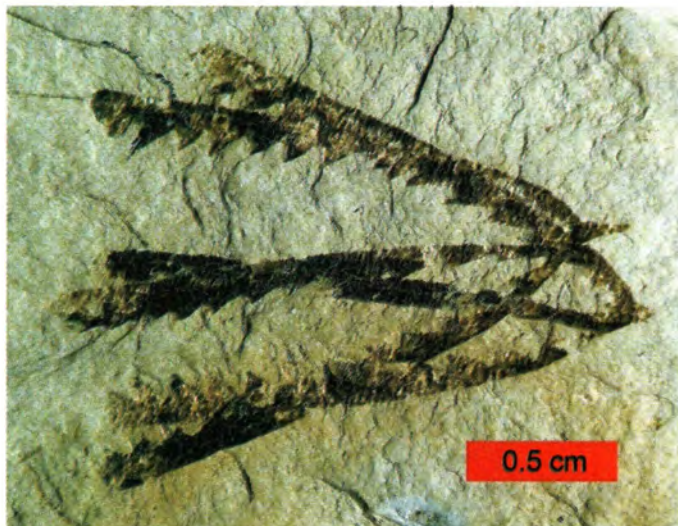


Холод и смерть в ордовике

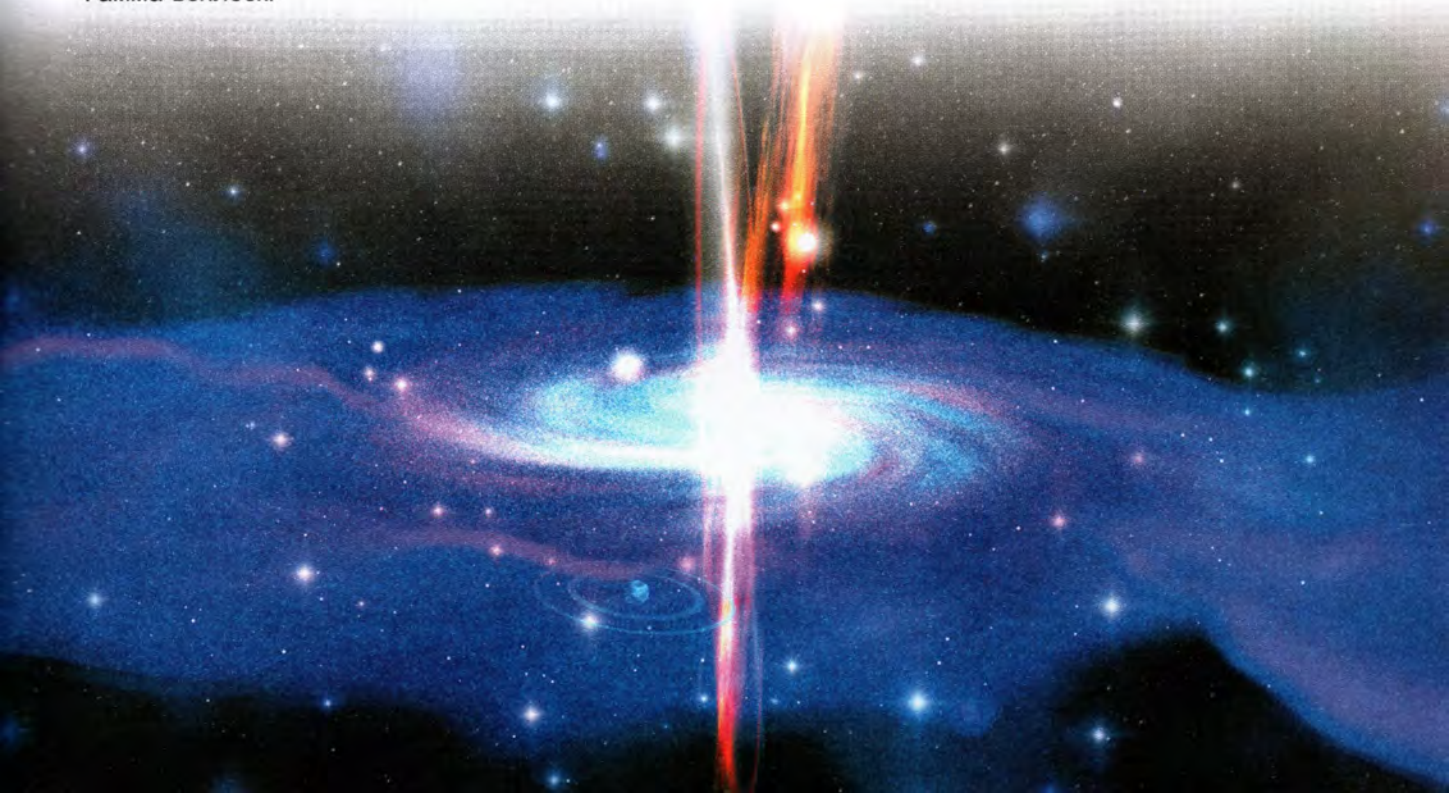
Учёные долго не могли объяснить феномен внезапного похолодания, которое, скорее всего, и вызвало массовое вымирание до 60% видов морских беспозвоночных в конце ордовикского периода. Нет никаких указаний на то, что в то время на Земле протекали процессы, способные повлечь подобную катастрофу. Учёные предположили, что смерть пришла из космоса — в результате мощного гамма-всплеска, произошедшего в относительной близости от Солнечной системы. Хотя эта гипотеза не имеет весомых доказательств, она весьма убедительна.

Гамма-всплески — очень кратковременные, длительностью в секунды, космические катастрофы гигантского масштаба, сопровождающиеся такими колоссальными выбросами энергии, что свечение от них может распространять-

Гамма-всплеск.



Отпечаток граптолита кембрийского периода.





ся на все окружающие галактики. Гамма-всплески, вероятно, вызываются особо мощными вспышками сверхновых звёзд.

Вот как выглядит ситуация, смоделированная на компьютере. Мощный поток гамма-излучения достигает атмосферы Земли. Гамма-лучи расщепляют на атомы молекулы атмосферного кислорода (O_2) и азота (N_2), вызывая массовое образование оксида азота (NO). Последний разрушает озон (O_3) с образованием диоксида азота (NO_2) — токсичного газа бурого цвета, который, соединяясь с атомарным кислородом (O), вновь образует NO . В итоге озоновый слой стремительно тает, а его восстановление до прежнего состояния может затянуться на пять лет. Всё живое на планете становится беззащитно перед ультрафиолетовыми лучами, от которых раньше Землю защищал озоновый экран. Смертоносные лучи практически в первые же минуты катастрофы сжигают животных и растения, которые живут на суше. Морские обитатели стремятся спрятаться от гибели в глубинах океана, однако многие из них (например, кораллы или губки) неподвижны, а другие не приспособлены для жизни на глубине. Некоторые подвижные морские животные всё-таки успевают укрыться в бездне, но пищевые цепи разрушены из-за гибели неподвижных членов экосистемы, а это влечёт за собой и смерть остальных организмов. Через какое-то время моря и океаны становятся почти безжизненными...

Эта гипотеза объясняет массовое вымирание организмов, однако в ней не нашлось места сильному похолоданию. В теории, причиной понижения температуры на Земле мог стать... резкий расцвет водорослей, причём таких, которые очень активно вырабатывают кислород. Животных — потребителей этого кислорода — осталось совсем немного, они не успевают переводить кислород в углекислый газ (который является парниковым), и концентрация последнего начинает стремительно падать, что приводит к похолоданию, оледенению и новой

Геологические отложения ордовикского периода.

волне вымирания. Возможный сценарий? Казалось бы, да. Но для его осуществления необходимо, чтобы водоросли не подвергались ультрафиолетовому облучению, а это вряд ли возможно — ведь они живут в самых верхних, прозрачных и тёплых слоях воды.

Не исключён другой сценарий: многочисленные уцелевшие водоросли после катастрофы стали размножаться и расти гораздо быстрее, чем сложно устроенные многоклеточные животные. В последние годы появилось мнение, что мхи, активно колонизировавшие сушу, могли вызвать или усилить ордовикское оледенение.

Есть и третья, пожалуй, наиболее вероятная гипотеза. Согласно ей, после разрушения последних фрагментов озонового слоя в атмосфере становится очень мало кислорода, но остаётся много диоксида и оксида азота, что меняет свойства атмосферы. Она становится менее прозрачной, пропускает гораздо меньше солнечного света. При этом по какой-то причине долгое время не идут дожди, с которыми диоксид азота мог бы быстро выпасть на землю. Планету окутывают тёмные ядовитые облака, свет Солнца почти не проходит сквозь них... Климат Земли неуклонно меняется: из-за нехватки солнечной энергии остывают атмосфера, гидросфера и верхние слои литосферы — так начинается ледниковый период. Вода замерзает, превращается в ледники, что вызывает падение уровня Мирового океана. Коралловые

Силурийское море.

Гамма-всплески регистрируются астрономами часто, но обычно их источники находятся далеко за пределами Млечного Пути, поэтому никакого вреда Земле они не наносят. За всю историю человечества событий, которые могли бы вызвать столь масштабную катастрофу, какая случилась в ордовике, в окрестностях нашей Галактики не наблюдалось.

риффы обнажаются, их обитатели погибают на воздухе. Чтобы выжить, необходимо спешно эвакуироваться в более глубокие места. Однако уровень океана понижается, и ещё недавно глубокие

Силурийский подводный лес

В отличие от пустынного пейзажа кембрийского моря, дно которого похоже на степь или саванну, дно моря силурийского периода напоминает лесные заросли. От грунта вверх возносятся нити водорослей, кубки губок и многочисленные колонии кораллов самой различной формы.

За яркость и пестроту красок в силурийском море отвечают иглокожие. Течение воды колышет заросли морских пузырей, морских бутонов и морских лилий. Неподалёку по дну ползают морские ежи и морские звёзды. Поблизости — многочисленные двустворчатые и брюхоногие моллюски, а также брахиоподы — животные, внешне и по способу питания напоминающие двустворчатых моллюсков.



проливы превращаются в участки суши, изолируя жителей моря в мелководных водоёмах — этаких гигантских лужах. Им больше некуда бежать...

Но постепенно последствия неожиданной космической катастрофы на-

чинают слабеть. Состав атмосферы возвращается к норме, небо проясняется, и долгожданный солнечный свет вновь обогревает планету. Тают льды, и уровень Мирового океана снова повышается.

Брахиоподы

Брахиоподы — это беспозвоночные животные, имеющие двустворчатую раковину из фосфата или извести. В буквальном переводе с древнегреческого название «брахиоподы» означает «плеченогие». Этим именем животные обязаны своей единственной конечности — стебельку, выполняющему функции и руки, и ноги. Большая часть плеченогих прикрепляется с помощью стебелька к грунту и ведёт неподвижный образ жизни, но некоторые виды, используя свою «плеченогу», могут медленно передвигаться.



Лингула.



Если у двустворчатых моллюсков, как правило, правая створка является зеркальным отражением левой, то у брахиопод створки всегда не похожи одна на другую по форме и размеру. Плоскость симметрии их тела проходит по-другому, и у них есть брюшная и спинная створки. Брахиоподы появились в кембрии, дожили они и до наших дней. Однако расцвет их пришёлся на конец палеозойской эры, а затем они стали сдавать свои позиции двустворчатым моллюскам. Брахиоподы последние несколько сотен миллионов лет находятся в состоянии медленного вымирания, и, возможно, скоро их совсем не станет. Однако и сегодня во многих морях можно встретить несколько широко распространённых родов брахиопод — например, лингулу, которая является живым ископаемым: ведь живёт на нашей планете, никак не изменившись, ещё с кембрийского периода, т. е. уже более 540 млн лет. Кстати, небольшие лингулы (размер их не превышает 7—8 см) являются деликатесом японской кухни.

Разнообразие
плеченогих.

Десятки миллионов лет эволюции, прошедших с кембрийского периода, дали Земле немыслимое разнообразие новых морских форм жизни. Среди них мшанки и конулярии, населявшие воды силурийского моря. Колонии мшанок оккупировали дно. Внешне они очень похожи на кораллы, но, в отличие от них, мшанки могут передвигаться со скоростью несколько миллиметров в день. Мшанки, как и брахиоподы, живут и поныне: спустя сотни миллионов лет после силурийского периода в каждом коралловом рифе около половины рифообразующих существ на самом деле являются не кораллами, а мшанками.

В толще воды плавают конулярии — это кишечнополостные животные, похожие на маленьких «бронированных» медуз. Размер конулярий не превышает пары сантиметров, щупальца у них незащищённые, а сверху — фосфатный панцирь в форме четырёхгранной пирамиды. Они питаются либо планктоном, делая ловчую сеть из слизи, либо более крупной добычей (даже рыбами), атакуя её щупальцами с жалящими нитями. Не-

которые из них отказались от плавания и приросли ко дну «вверх тормашками». Такие конулярии по образу жизни похожи на кораллы. Конулярии, появившиеся в кембрии, вымрут в конце палеозойской эры.

Много в силурийском море граптолитов (от *греч.* *graptos* — «начертанный» и *líthos* — «камень»). Это колониальные полухордовые животные, т. е. переходная форма от беспозвоночных к позвоночным. Граптолиты фильтруют воду в поисках пищи. Некоторые из них растут на дне, другие, группками по несколько особей, парят в толще воды — в этом им помогает особый воздушный пузырь.

Конулярии.

Обитатели
силурийских
вод.



Подводная охота



Отпечаток ископаемого ракоскорпиона.

Окаменевшие следы гигантских
силурийских ракоскорпионов
птериготусов.



Давайте снова опустимся в глубины силурийского океана. Его донная жизнь кажется безмятежной: медленно покачиваются заросли водорослей и губок, ажурный коралловый риф неподвижен. Но вот наверху, в толще воды, появляется крупный ракоскорпион. Он подплывает к рифу...

Потомок ракоскорпионов — юрский рак — был так же кровожаден, как и предки.

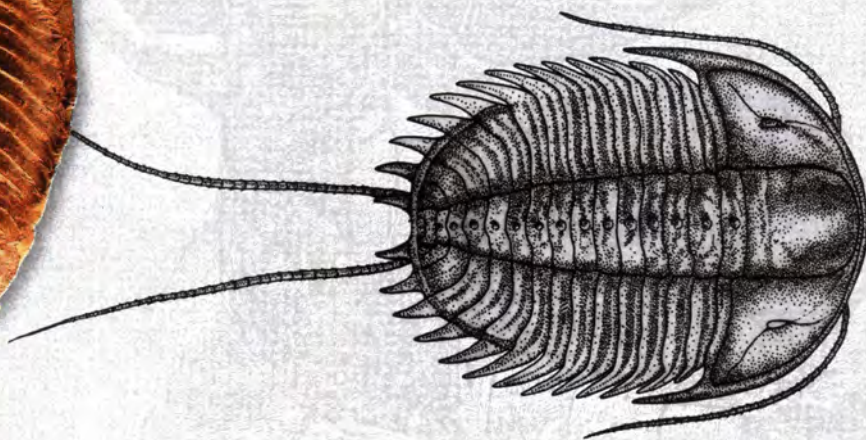
Ракоскорпион похож на обычного современного сухопутного скорпиона, но отличается более уплощённой формой тела. Кроме того, последняя пара ног у него трансформировалась в своеобразные «вёсла», с помощью которых он и перемещается в воде. Клешни у него довольно слабые, а хвост превратился в горизонтальный хвостовой плавник. Мог ли он жалить своим хвостом — неизвестно, но вполне возможно, что да, ведь ему приходилось защищаться от грозного противника — головоногого моллюска. Однако главная отличительная черта ракоскорпиона — его чудовищный размер: в длину животное могло превышать 2 м! Эти страшные членистоногие, появившись в ордовикском периоде, достигнут наибольшего могущества в силуре и девоне и плавно исчезнут к концу палеозойской эры...

Ракоскорпион, приближаясь к рифу, высматривает добычу своими крупными глазами, расположенными по бокам





Трилобиты.

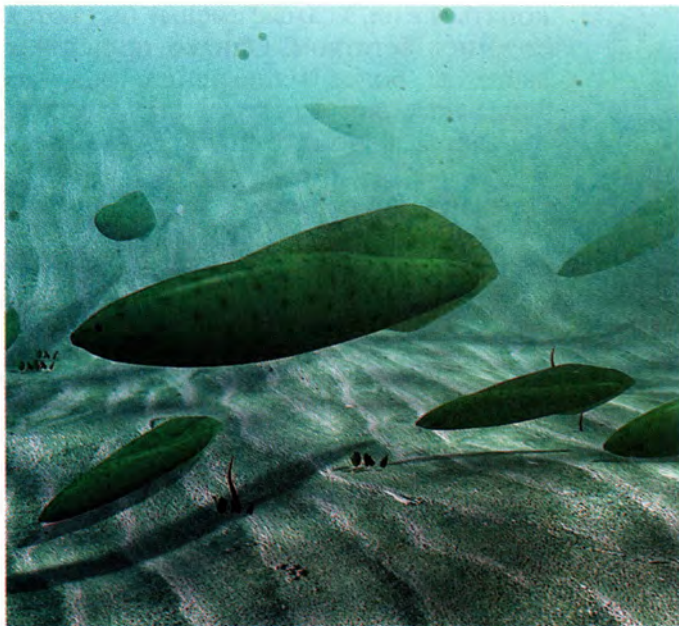


головы. У него есть ещё два небольших глаза на затылке, они развиты слабо и в состоянии различить разве что надвигающуюся тень, но тем не менее позволяют вовремя заметить врага.

«Приземлившись» на коралловую постройку, ракоскорпион пристально следит за снующими по топкому илистому дну трилобитами. Чтобы не увязнуть, трилобиты обзавелись уплощёнными шипами, растущими из головы вдоль тела, — эти шипы работают как лыжи. Ракоскорпион спрыгивает вниз, но трилобиты вовремя замечают его движение и мгновенно сворачиваются в клубок. При этом шипы-лыжи отрываются от поверхности дна, и трилобиты начинают тонуть в рыхлом осадке. Ракоскорпион успевает схватить одного из них и быстро расправляется с жертвой. Затаившись в облаке медленно оседающего ила, он наблюдает за другой сценой охоты.

Стелясь по дну, проплывает стая рыбообразных — существ, похожих на рыб, но ими не являющихся. Это телодусы, заполонившие прибрежные мелководья и засоленные лагуны всех морских и океанических бассейнов позднего силура. У них нет челюстей, они не умеют жевать, поэтому крупная добыча — не для них: телодусы кормятся небольшими частичками пищи, оставшимися после охоты более крупных существ, либо едят мелких беспозвоночных или их личи-

нок. Они не брезгают и трупами своих сородичей. Телодусы уже могут откладывать икру и свободно плавать, правда, пока на небольшие расстояния. У них нет грудных плавников, но есть один спинной, один в конце брюха и хвостовой плавник. Мышцы телодусов не вполне совершенны, поэтому им приходится время от времени отдыхать, лёжа на дне. Именно в такие моменты они уязвимы для ракоскорпионов.



Силурийские рыбообразные.

Челюсти выигрывают

Рыбообразные отличаются от рыб тем, что у них нет челюстей. А ведь челюсти дают большое преимущество в борьбе за существование. Во-первых, у бесчелюстных несовершенна система сбора пищи — не все частички пищи можно всосать, а после разрезать языком-тёркой. Во-вторых, процесс насыщения у бесчелюстных занимает много времени, и в этот момент велика вероятность стать жертвой хищника.

В своей долгой борьбе с ракоскорпионами, длящейся ещё с начала ордовикского периода, бесчелюстные выработали множество защитных средств: и чешуи-пластины, и костяные моноклитные панцири... Они даже увеличились в размерах, ведь крупный панцирь неприступен для клешней членистоногого. Однако, выиграв в размерах, бесчелюстные проиграли в скорости: наполовину закованные в тяжёлый костяной пан-

цирь, толкаемые только незащищённым подвижным хвостом, они не могли передвигаться быстро. Теперь бесчелюстные почти всегда держатся дна. Но большие размеры тела требуют много пищи, а её с каждым днём становится всё меньше и меньше — потому, что в море появились первые рыбы.

Рыбы значительно выигрывают у бесчелюстных в скорости, и одного только этого достаточно для победы. Рыбообразные и рыбы, обитая на одном месте, дерутся за пищу. И тут последние тоже находятся в выигрышном положении: они могут кусать своих более примитивных конкурентов, постепенно развивая мышцы челюстей и придавая зубам оптимальную форму и прочность. И вот у рыб появился последний, самый весомый, буквально убийственный аргумент превосходства: они начинают пожирать рыбообразных...

Но в данный момент стаю телодусов преследует полуметровая акантода, или «колючая» рыба. Она начинает атаковать. Некоторые телодусы прячутся между кораллов, другие стараются закопаться в ил, а самые смелые пытаются спастись бегством. Однако проворная акантода более маневренна, она без труда нагоняет одного из телодусов и впивается в него. Это нетрудно, ведь

Отпечаток акантоды.

телодус лишён костяного панциря и защищён только чешуей. Акантода отгрызает его мясистый хвост, а передняя половина тела ещё живого рыбообразного опускается на дно, где становится добычей молодых ракоскорпионов, без труда раздирающих его тело клешнями. Не утолившая голода акантода набрасывается на другого телодуса и, разорвав его на части, спешно глотает добычу.

Запах крови привлекает внимание пары рыбообразных паразитов, похо-



Минога.



Миксина.

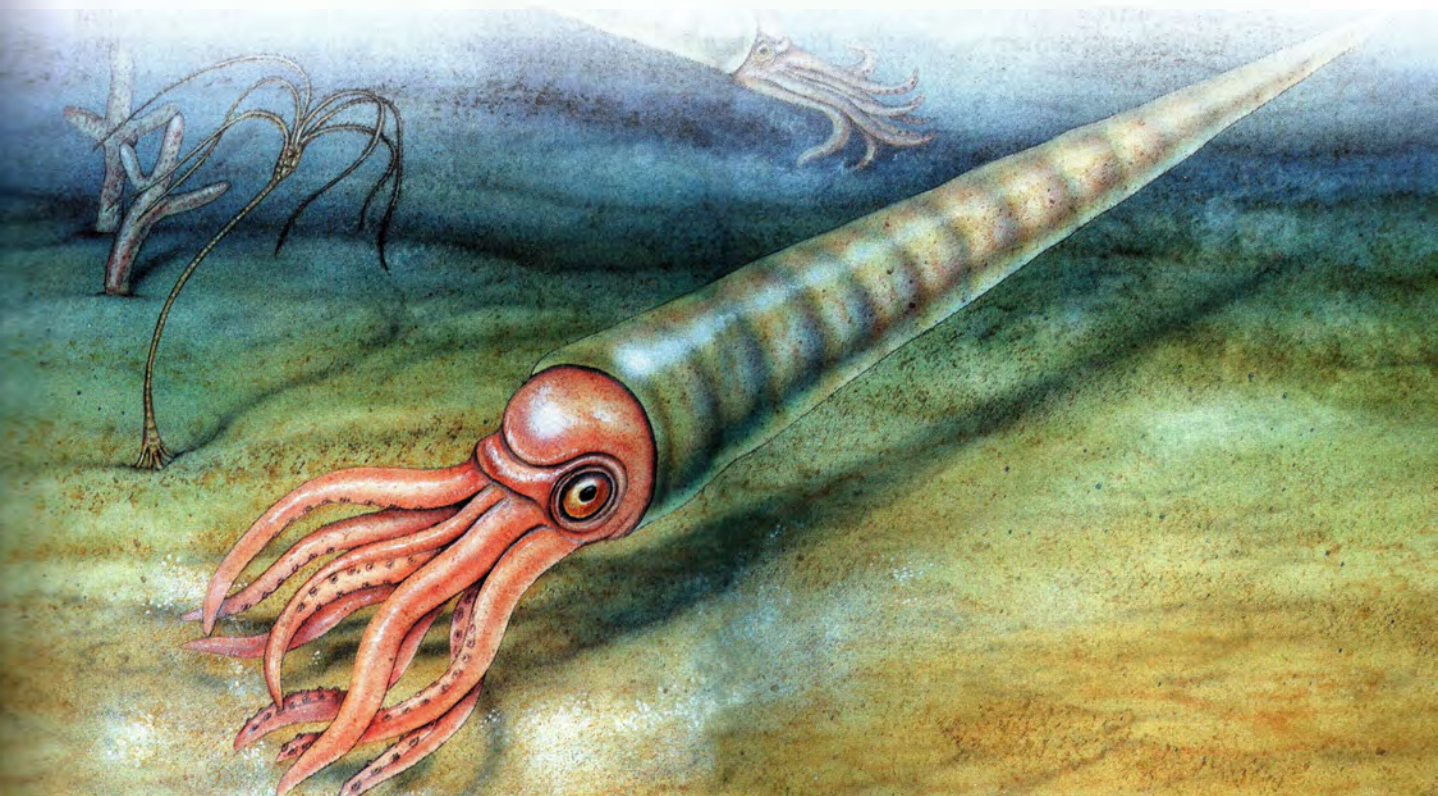
Сегодня, спустя сотни миллионов лет после силурийского периода, в морях водятся миксины, а в реках — миноги. Это современные паразитические рыбообразные, внешне и по образу жизни почти не отличающиеся от своих ископаемых предков.

жих на червей. Они лишены чешуи и вооружены мускулистой присоской с острыми зубами. Подобно современным пиявкам, они питаются кровью жертвы.

Акантода глотает пищу, но рот у неё полон чешуи и других несъедобных

кусков. Тогда рыба закрывает рот, но приоткрывает жаберные крышки, чтобы выбросить лишнее. Оказывается, именно этого момента и ждали паразиты: они бросаются в эти щели и намертво присасываются к жабрам. Затем они зубами взрезают плоть акантоды

Гигантский головоногий моллюск эндоцерас.





Окаменевшая раковина моллюска отряда ортоцератид.

и начинают пить её кровь. Акантода, как и любая рыба, не может повернуть голову и таким образом освободить себя от назойливых паразитов. И плавать бы ей с непрошеными гостями до тех пор, пока они не насытятся и не покинут своего «донора», после чего затаятся на дне в ожидании нового приступа голода и новой жертвы. Но наступает следующий акт драмы.

Через некоторое время акантода начинает чувствовать потерю крови. Она становится вялой и опускается на дно, поднимая илистую завесу. Ей тяжело таскать на себе двух «наездников», почти равных ей по размеру. Ил постепенно оседает, вода делается прозрачной, и акантода неожиданно видит подплывшего вплотную к ней двухметрового ракоскорпиона. Раздается щелчок — это ракоскорпион клешнями почти перекусывает рыбу на части. Он подносит её к своим челюстям и начинает трапезу, даже не осознавая, что в действительности поймал не одну, а сразу три жертвы. Закончив пир, своими маленькими «затылочными» глазами он видит над собой гигантскую тень. На ракоскорпиона надвигается главный хищник силура — головоногий моллюск из отряда ортоцератид.

Этот моллюск огромен: длина его раковины превышает длину легкового автомобиля! Общая же длина тела вмес-

те с щупальцами составляет более 5 м. Он медленно парит в воде, высматривая жертву. Трилобиты, мелкие рыбы и рыбообразные служили ему кормом в молодости, теперь же его интересует добыча покрупнее. Наш ракоскорпион слишком велик, чтобы спрятаться под камнем или между кораллов. Поэтому он принимает угрожающую стойку, выгнув хвост и задрав клешни. Моллюск не спеша подплывает к ракоскорпиону и начинает опутывать его своими щупальцами. Клешни ракоскорпиона слишком слабы и малы, чтобы откусить щупальце моллюска, они лишь могут слегка ранить. Гигантский хищник отрывает клешни ракоскорпиона и подтягивает раненую жертву к своему рту, вооружённому крючковатым клювом, напоминающим клюв попугая. Клюв с хрустом проламывает панцирь членистоногого, и моллюск начинает рвать добычу. Расправившись с ракоскорпионом, он медленно уплывает восвояси, и на участке дна, где только что совершилось несколько кровавых трапез, воцаряется покой...

Спасаясь от хищных моллюсков, ракоскорпионы стали выползать из моря на сушу, постепенно превращаясь в сухопутных скорпионов.

Гигантские моллюски

Ряд учёных всерьёз полагают, что в силурийских морях водились чрезвычайно крупные хищники — головоногие моллюски размером с трамвайный вагон! На эти мысли их наводит факт существования в наши дни глубоководных спрутов-гигантов.

Одним из таких современных исполинов является спрут архитевтис (или архитеутис), что значит «протокальмар». В далёком 1854 г. датский естествоиспытатель Япетус Стенstrup по клюву этого моллюска, выброшенному во время шторма на берег, описал новый род спрута. Само животное никто не видел, но моряки рассказывали, что в море водятся чудища со щупальцами. Сейчас известно, что размер этого существа около 18 м, причём длина тела составляет примерно 2,5 м, а всё остальное приходится на щупальца.

До сих пор не удалось поймать ни одного архитевтиса, поэтому учёные довольствуются изучением мёртвых моллюсков, которых иногда выбрасывает на берег во время штормов. Начиная с 1870 г. зафиксировано уже 60 случаев находок мёртвых спрутов на берегу. Особенно часто их обнаруживают у Новой Зеландии.

Весит архитевтис около тонны. Диаметр его глаза может достигать 45 см! Архитевтисы обычно живут на глубине приблизительно 1 км, где ловят глубоко-

водных рыб при помощи десяти своих щупалец (у обычных осьминогов их восемь), два из которых более длинные и узкие, чем восемь остальных, и имеют присоски не по всей длине, а только на концах. Впервые живых архитевтисов учёные увидели в 1970-х гг., погрузившись в тёмную пучину океана на глубоководных аппаратах — батискафах.

Ранний палеозой — «золотой век» гигантских головоногих моллюсков. Одним из самых крупных головоногих моллюсков того времени был ордовикский ортоцерас, или «прямой рог», достигавший 10 м в длину. Однако владычество ортоцераса и его братьев было прервано появлением новых хозяев морей — гигантских панцирных рыб длиной до 15 м! Эти прожорливые хищники больше никогда не позволили головоногим моллюскам править морскими глубинами. Часть моллюсков резко уменьшили размеры своего тела, другие ушли жить в тёмную холодную пучину, а после и вовсе исчезли.

Гигантский кальмар нападает на пиратский корабль.



12-метровый кальмар, выброшенный на пляж залива Тринити в 1877 г.

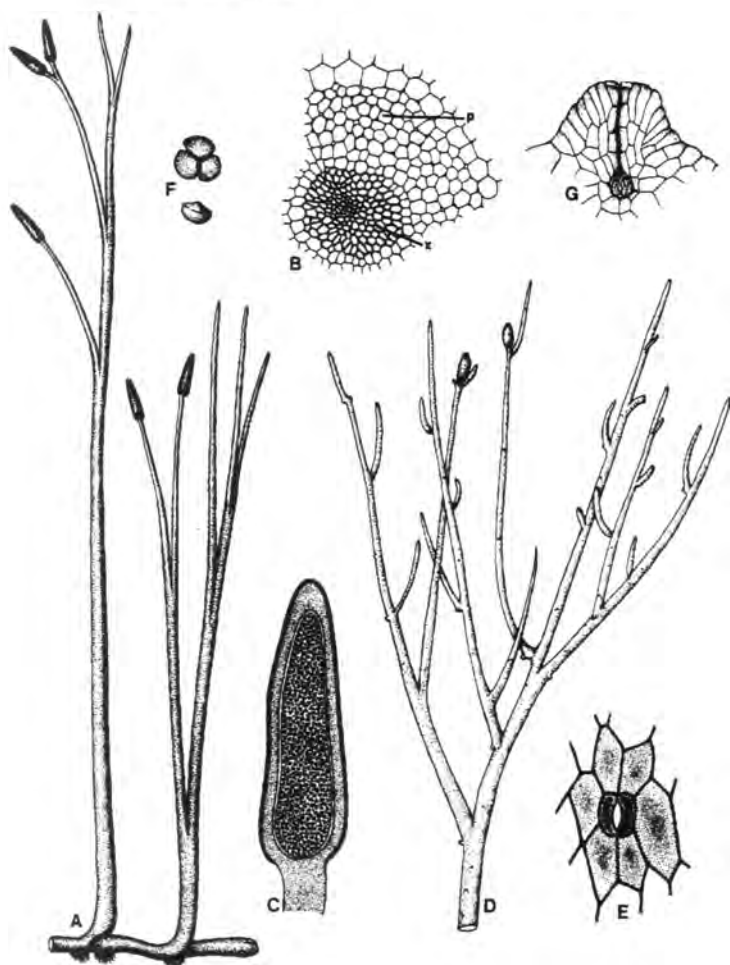


Микроскопические сражения

Давайте из моря поднимемся на доисторическую сушу.

Вторая половина силурийского периода. Раннее утро. В лужах цветут водоросли. Только по краям крупных водоемов возвышаются риниофиты — первые высшие растения, первые «колонизаторы» континентов. Со временем от них произойдут все известные науке высшие растения, включая произрастающие сегодня.

Риниофиты.

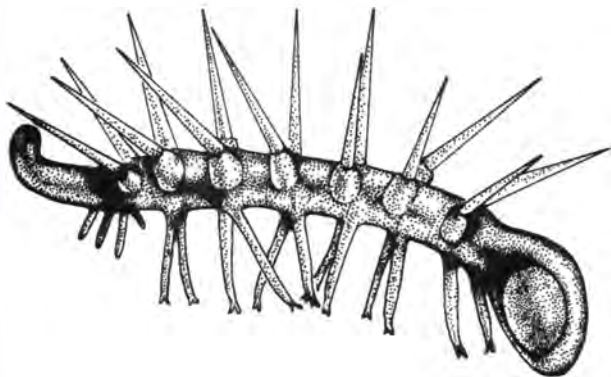


К высшим принято относить растения, живущие на суше и имеющие в той или иной степени выраженные корни, стебель, листья и плоды.

Травянистые побеги риниофитов, образующие верхний ярус силурийского «леса», достигают полуметровой длины, и это рекорд высоты того времени: ведь ни кустарников, ни деревьев ещё нет. Суша покрыта ковром из грибов и лишайников — это нижний ярус «леса», здесь кипит жизнь. Миллионы микроскопических клещей-вегетарианцев высасывают питательные соки из грибов, лишайников и риниофитов. Многие из представителей флоры и грибов этих «лесов» усыпаны микроскопическими яйцами — эмбрионами клещей. Но не только грибы и растения подвергаются нападению.

Тысячи хищных клещей палеокаринов размером около 0,5 мм постоянно охотятся на своих растительных собратьев. В день один палеокаринус уничтожает до десятка клещей-вегетарианцев и несколько десятков их яиц. Мёртвая растительность покрыта пульсирующим слоем из многочисленных многоножек размером до нескольких десятков сантиметров. Многоножки — самые большие наземные существа этого времени. Их молодая поросль также кормится гниющими остатками, привлекая хищных скорпионов. Очевидно, что сушу захватили членистоногие — но не одни они здесь хозяйничают! За много миллионов лет до них землю заселили другие существа — черви.

Многоножка забирается на небольшой, с виду крепкий гриб, который вмиг разрушается под её маленьким весом.



Так выглядела древняя онихофора.

Изнутри все ткани гриба уже съедены десятками червей, которые спешат покинуть разрушенное убежище. Они медленно двигаются к соседним грибам. Многоножка уползает восвояси. Внезапно на грибной «опушке» появляется скорпион и набрасывается на одного из червей. Хищник длиной несколько сантиметров без особого труда ловит червя своими клешнями и, изогнув хвост, парализует жертву ядом. Пятясь, скорпион тащит червя в укрытие — щель в каменистой почве. Внезапно задняя стенка его норки разрушается, и на дно убежища падает крупный земляной червь, который был занят тем, что подъедал гриб снизу. Скорпион мгновенно умерщвляет непрошеного гостя и возвращается на поверхность за первым трофеем. И здесь он улавливает вибрацию...

На опушке появляется другой, более крупный скорпион, нарушивший владения своего меньшего собрата. Хозяин территории не собирается сдаваться без боя и, подняв клешни и задрав хвост, принимает угрожающую стойку. Однако пришелец не намерен биться и вообще ведёт себя странно: у него нарушена координация движений, он движется рывками, его тело сотрясают судороги. Вдруг он начинает махать клешнями, после замирает и, потеряв равновесие, неловко валится на землю. В предсмертной агонии он подёргивает ногами. Молодой скорпион быстро подбегает к нарушителю границы и слышит хруст взламываемого изнутри панциря. Из образовавшейся щели появляется невероятно длинный и тонкий червь-паразит, стре-

мящийся как можно быстрее покинуть своего хозяина. Тело этого червя почти в десять раз превосходит по длине тело скорпиона, которого червь заживо выел изнутри. Теперь он торопится отложить множество яиц, которые со временем с частицами пищи окажутся в других скорпионах, многоножках или червях. Молодой скорпион не хочет упускать такую большую добычу и парализует её.

Скорпион снова улавливает небольшой шорох: на шляпке гриба появился самый искусный хищник этого времени — 15-сантиметровая онихофора. По внешнему виду это нечто среднее между червём и многоножкой. Как и у многоножки, у неё много конечностей, правда, значительно более толстых и мясистых. Комплекцией же тела упитанная онихофора скорее похожа на червя, а не на плоскую худую многоножку. Кроме того, она, как и большинство червей, лишена защитного панциря. Учув скорпиона, онихофора плотно обвивает высокий гриб задней половиной тела и слегка приподнимает переднюю часть, выбирая позицию для нападения. Скорпион тоже принимает атакующую позу: выходит на открытое пространство, поднимает клешни и выгибает хвост. Но тут из двух небольших трубочек на голове онихофоры в скорпиона вылетают длинные струи клейкой слизи. Слизь быстро застывает, склеивая конечности скорпиона и лишая его подвижности. Онихофора спускается с гриба и подползает ближе, держась на

Перипатус — современная «вариация» онихофоры.



Черви — властители мира

От большей части червей после их смерти ничего не остаётся — мягкие ткани, из которых целиком состоят почти все черви, бесследно разрушаются. Но, несмотря на отсутствие ископаемых доказательств, учёные убеждены: черви, появившиеся ещё в докембрии, долгое время удерживали пальму первенства в воде и на суше.

Откуда такая уверенность? Дело в том, что надтип червей включает огромное количество этих животных; среди них есть хищники, «вегетарианцы», падальщики, черви, перерабатывающие почву... Науке известно около 44 тыс. видов червей! Такое огромное разнообразие видов и жизненных стратегий может иметь только одно объяснение: скорее всего, ещё в докембрии экосистемы морей состояли почти из одних только червей. На суше черви, возможно, жили уже в венде (последний период докембрия), и совершенно точно — в кембрии. Именно поэтому они смогли освоить абсолютно все экологические ниши — времени на это у них было предостаточно.

Даже сейчас черви не перестают удивлять. Например, на 1 кв. м морского дна может жить до 40 тыс. особей! Длина океанского червя линеуса — длиннейшего из современных — составляет 35 м. Кроме «гулливеров» есть и «лилипуты» — различные паразиты, например коловратки, размером до 0,01 мм. Последние удивительно живучи: могут выдерживать и предельно низкие, и очень высокие температуры.

Учёные и сами несколько теряются в таком разнообразии форм жизни. И потому нет ничего удивительного в том, что до сих пор не существует единой классификации червей.

безопасном расстоянии. Затем она даёт второй залп: слизь ещё плотнее покрывает тело скорпиона, который хотя и перекусил несколько затвердевших нитей, но уже совсем не может пошевелить клешнями и ногами, а главное — хвостом. Онихофора вплотную подползает к обездвиженному скорпиону и делает «контрольный выстрел». И, подождав немного, убедившись в полном бессилии противника, она принимается за трапезу, пожирая его заживо.

Онихофоры появились в кембрийском периоде около 550 млн лет назад и дожили до наших дней. Такая успешная выживаемость связана с их уникальным дистанционным способом охоты.

Червь линеус.



Заключение

Подводя основные итоги кембрия, ордовика и силура, прежде всего отметим частые циклические перемены в палеогеографии: изменение уровня Мирового океана, температуры на Земле, положения континентов и суперконтинента Гондваны.

Помимо циклических, повторяющихся событий описанный период истории Земли был богат и на необратимые изменения: таким изменением, к примеру, было увеличение площади Гондваны или возникновение суперматерика Лавруссии в Северном полушарии в конце силура. Также необратимыми можно считать рост биоразнообразия, который сохранялся вопреки регулярным массовым вымираниям, или кардинальное изменение состава атмосферы и гидросферы.

Этот отрезок геологического времени характеризуется почти полным отсутствием проявлений вулканизма на континентах, при том, что в морях и океанах, наоборот, вулканическая активность была максимальная.

Развивающаяся жизнь на Земле энергично экспериментировала, изобретая порой причудливые и мало приспособленные к изменениям окружающей среды организмы. Этим объясняется существование в раннем палеозое, а особенно в кембрийском периоде, множества странных беспозвоночных, полухордовых или примитивных хордовых. Многие виды вымирали, так и не оставив после себя потомков. Однако появлялись и очень удачные формы, которые сумели дожить до наших дней — их палеонтологи называют живыми ископаемыми. Появившись в кембрии, ордовике или силуре, эти организмы — например, брахиоподы-лингулиды — населяют и современные моря.

Главными результатами трех первых периодов палеозойской эры можно считать появление раковины у беспозвоночных существ и возникновение всех известных науке типов беспозвоночных животных, достижение ими господства в воде и на суше, а также выход растений и беспозвоночных на сушу. В итоге к концу силурийского периода на континентах сформировались настоящие экосистемы, а в «колыбели жизни» — морях и океанах, богатых самыми разнообразными организмами, — уже появились первые позвоночные — рыбы. Обжив море и сушу, беспозвоночные создали предпосылки для возникновения более прогрессивных форм жизни — позвоночных животных, которые, появившись в воде, уже устремили взгляды на землю. Следующей страницей истории древней природы будет девонский период — время выхода позвоночных на сушу и появления нового класса животных — амфибий.

Окаменевший
трилобит рода
оленеллус.

Отпечаток
раковины.



Справочное издание
Для среднего школьного возраста

Габдуллин Руслан Рустемович

ЗАРОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ

Библиотека школьника

Заведующая редакцией *А. Голосовская*
Ведущий редактор *А. Ратина*
Художественный редактор *А. Русакова*
Корректор *С. Литовицкая*
Верстка *С. Тихамиров*
Цветоделение *А. Дунаев*

В книге использованы материалы
из энциклопедии «Доисторическая жизнь»

Подписано в печать 20.08.2013
Формат 84×108 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура Garamond.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,72.
Изд. № 13-11227. Заказ №3556
Тираж 45 000 экз.

В соответствии с ФЗ-436 для детей старше 6 лет.

ЗАО «ОЛМА Медиа Групп»
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, стр. 3, пом. I, ком. 5.
Почтовый адрес: 143421, Московская обл., Красногорский район,
26-й км автодороги «Балтия», бизнес-центр «Рига Ленд», стр. 3.
www.olmamedia.ru

Отпечатано в ОАО «Кострома». 156010, г. Кострома, ул. Самоковская, 10.

«Библиотека школьника» — это коллекция коллекций
Каждой теме посвящено несколько увлекательно написанных,
красочно иллюстрированных, небольших по объему
тематических энциклопедий.

Наша третья коллекция — «Доисторическая жизнь»:

«Зарождение жизни»

«Поздний палеозой»

«Мезозойская эра»

На страницах книги «Зарождение жизни» вы узнаете:

- **Когда на Земле появилась жизнь**
- **Могли ли живые клетки прилететь из космоса**
- **Какими были первые многоклеточные**
- **Кто жил в самых древних морях**

Другие коллекции:

«Земля», «Растения», «Животные», «Человек», «Наука»,
«Изобретения», «История России», «Великие люди»...

Продолжение следует!

СОБЕРИ КОЛЛЕКЦИЮ КОЛЛЕКЦИЙ!

ISBN 978-5-373-05820-9



9 785373 058209



ОЛМА
МЕДИА ГРУПП

www.olmamedia.ru