

# ЖИЗНЬ — ВСЕГО ЛИШЬ КРУГОВОРОТ ЭЛЕМЕНТОВ



---

Геохимическая задача человечества —  
сделать его более эффективным

---

Текст: Надежда Маркина



**ДМ: КАКОВА ЖЕ РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА?**

**ВМ:** Биосферная функция цивилизации состоит в том, чтобы извлечь из недр Земли биогенные элементы. Прежде всего углерод, который оказался в составе газа, нефти, сланцев, каменного угля. Когда-то эти элементы входили в тела живых организмов, но в результате несовершенства биологического круговорота оказались захороненными под землей. Организмы нуждаются во многих элементах для жизнедеятельности, в частности, широко используют металлы. Они входят в состав ферментов: железо — необходимый элемент гемоглобина, кобальт входит в состав витамина B12 и т. д. Растения используют магний в составе хлорофилла. Но сами живые организмы не могут их извлечь, и вот на определенном этапе развития биосферы появляется человеческая цивилизация, которая добывает нефть, газ и другие горючие ископаемые. Человек сжигает их, возвращает в атмосферу в виде углекислого газа, который становится доступен растениям. Таким способом углерод возвращается в биологический круговорот. Человек добывает руды из металлов, которые формировались при участии бактерий — они переводили металлы из растворов в концентрированное состояние. Они и сейчас продолжают

Человек — не венец эволюции. У человеческой цивилизации вполне утилитарная роль в биосфере. И после того, как человек ее выполнит, он исчезнет. Такова точка зрения члена-корреспондента РАН, заведующего кафедрой зоологии беспозвоночных биологического ф-та МГУ Владимира Малахова, которую он изложил в интервью корреспонденту «Деталей мира».

это делать, но особенно активно этот процесс шел в первые миллиарды лет существования биосферы. Человеческая цивилизация добывает эти руды и распыляет их, в результате чего металлы снова оказываются в океане и становятся доступными для живых организмов.

**ДМ: КАК У ВАС ВОЗНИКЛА ЭТА ИДЕЯ?**

**ВМ:** Она возникла у меня очень давно, чуть ли не в студенческие годы. Когда кому-то об этом рассказываешь, все говорят: конечно, это же так очевидно! Но в прямом виде у других авторов я ее нигде не встречал. Обрамление идеи шло постепенно, по мере накопления знаний. Я использовал современные взгляды на историю Земли, на формирование геологического строения Земли. В значительной степени я опираюсь на точку зрения, которую развивали геологи О. Г. Сорохтин и С. А. Ушаков.

**ДМ: ЕСЛИ ВЕРНУТЬСЯ К ПРОИСХОЖДЕНИЮ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ, ПОЯСНИТЕ, ПОЧЕМУ ВЫ СЧИТАЕТЕ, ЧТО ВОДА, ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И ЖИЗНЬ ВОЗНИКЛИ ПРАКТИЧЕСКИ ОДНОВРЕМЕННО?**

**ВМ:** На нашей планете не существует сколько-нибудь значительных

**Олег Сорохтин**

Геолог, автор концепции происхождения и эволюции Земли. Основные положения этой концепции состоят в следующем. Земля образовалась около 4,6 млрд лет назад за счет аккреции газопылевого протопланетного облака. У молодой Земли не было ни плотного ядра, ни легкой земной коры. Поскольку возраст самых древних магматических пород на 60–800 млн лет моложе вероятного времени образования Земли, значит, первичная Земля была холодным телом. Процесс гравитационной дифференциации вещества выделял основное количество энергии для разогрева планеты и привел к формированию плотного ядра из оксидов железа. Под влиянием конвективных движений литосфера Земли оказывается разбитой на литосферные плиты, которые перемещаются по поверхности мантии, сходятся и расходятся.





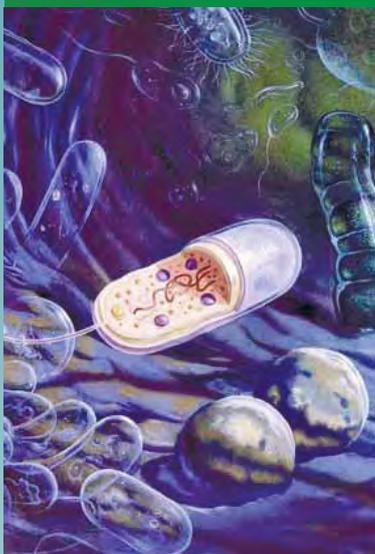
## Циркон

Магматический минерал, силикат циркония  $ZrSiO_4$ . Образует кристаллы, цвет которых варьируется в зависимости от содержания примесей: коричневый, сероватый, красный, розовый, бесцветный. Химически очень устойчив, поэтому часто используется для изучения геологического прошлого нашей планеты.

массивов пород возрастом более 4 млрд лет. Самые древние свидетели наличия воды — это мельчайшие зернышки австралийских цирконов, размером 100–200 микрон, имеющих возраст более 4 млрд лет. Цирконы образуются при участии жидкой воды. Стало быть, уже в то время на Земле были какие-то области, где содержалась вода. Но о наличии обширных водоемов можно судить только по осадочным породам. Самые древние породы, имеющие осадочное происхождение, имеют возраст 3,8 млрд

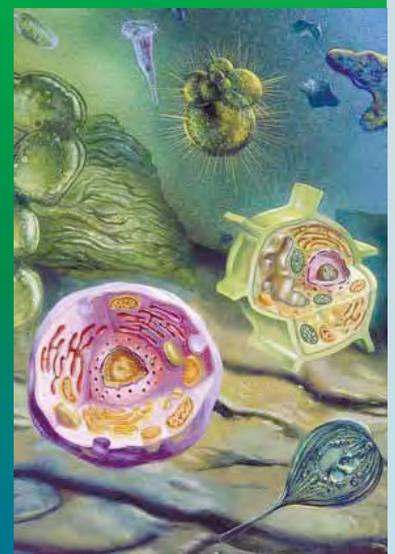
лет. В них есть углеродистые прослойки, и они обогащены углеродом  $^{12}C$ , что указывает на фотосинтетическое происхождение этого углерода. В неорганическом углероде имеется определенное соотношение изотопов  $^{12}C$  и  $^{13}C$ . А если взять фотосинтетический углерод — из растений, из тела животных, которые питаются этими растениями, или из тела животных, которые питаются животными, то в нем это соотношение смещено в сторону  $^{12}C$ . И это признак фотосинтетического углерода.

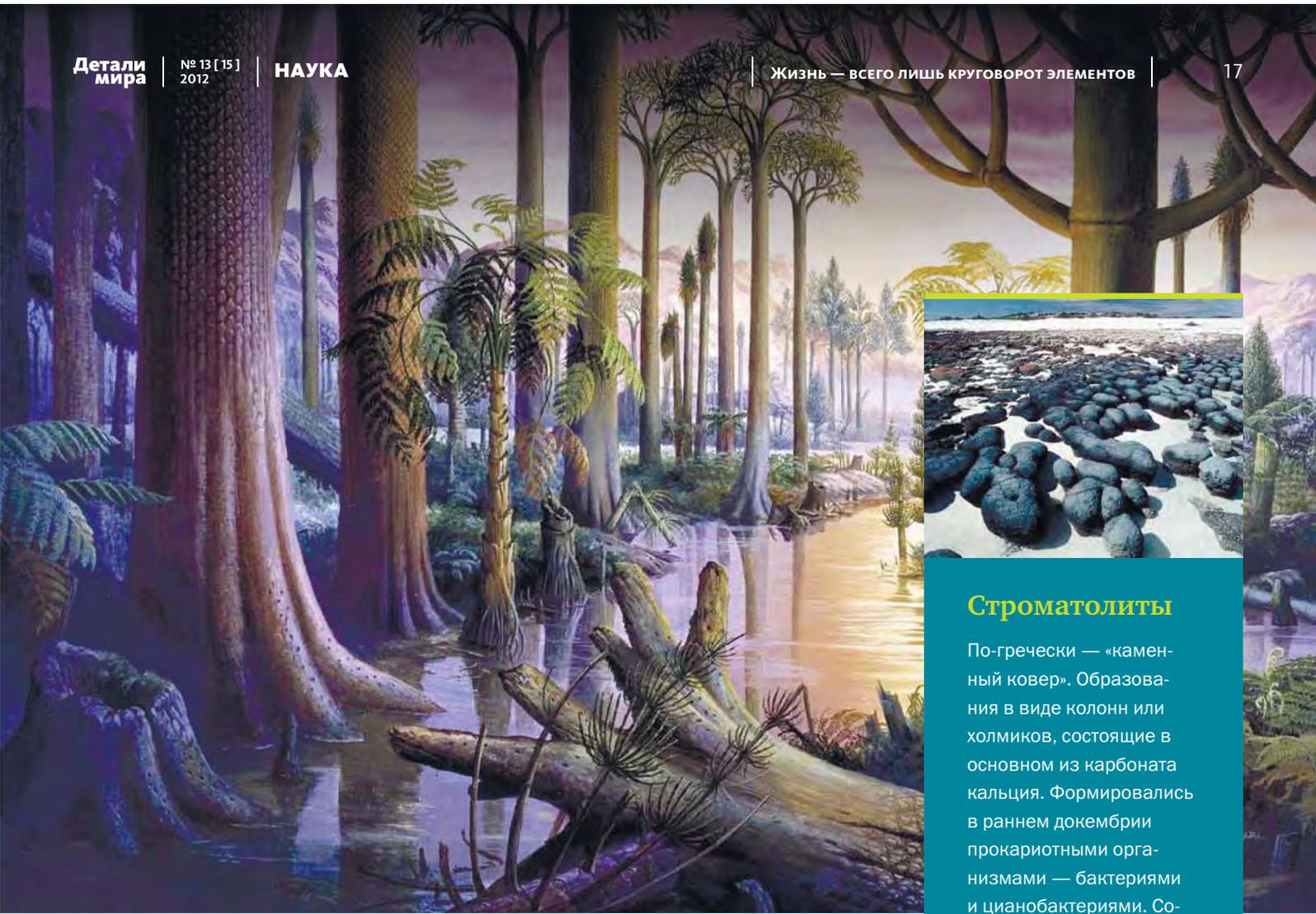
## Прокариоты и эукариоты



**Прокариоты** — доядерные живые организмы, которые не имеют оформленного клеточного ядра и других органелл. К прокариотам относятся бактерии, цианобактерии (сине-зеленые водоросли) и археи. Их геном — единственная кольцевая молекула ДНК, не связана с белками и расположена в цитоплазме.

**Эукариоты** — организмы, имеющие клеточное ядро и органеллы. По современным представлениям эукариотическая клетка возникла путем симбиоза прокариотической клетки с проглоченными ею бактериями — предшественниками митохондрий и пластид.





### ДМ: А КАК ВОЗНИКЛИ ПЕРВЫЕ ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ?

**ВМ:** Есть точка зрения, что индивидуальные организмы сформировались не сразу и первоначально жизнь существовала как нечто, подобное океану Соляриса в знаменитом романе Станислава Лема, то есть, в виде единого живого тела, протяженных пленок, не разделенных на отдельные. Вполне возможно, так выглядела жизнь на этапе РНК-мира или в начале ДНК-мира. А затем на каком-то этапе произошло формирование клеток — отдельностей, окруженных мембраной, которые начали конкурировать друг с другом. В течение первых двух миллиардов лет на Земле существовали только прокариоты — бактерии, сине-зеленые водоросли и археи. Остатки жизнедеятельности их сообществ — строматолиты. За это время из разлагающихся тел бактерий возникли огромные запасы нефти и

газа. А сине-зеленые водоросли занимались фотосинтезом и выделяли кислород. Но весь этот кислород уходил на окисление железа. Возникновение эукариотов — организмов с клеточным ядром — огромный шаг вперед в эволюции жизни на Земле.

### ДМ: КАК ОБРАЗОВАЛИСЬ ЭУКАРИОТЫ?

**ВМ:** Между прокариотами и эукариотами есть существенное отличие в способе получения необходимых веществ. Прокариоты не могут ничего заглатывать, они получают питательные вещества всасыванием через мембрану. Но в окружающей среде не всегда есть эти вещества, поэтому им приходится наружу выделять экзoferменты и переваривать вещества вне клетки. Кстати, если бы они так не действовали, мы бы не могли использовать их для производства спирта, пива, кефира и пр. У прокариотов нет

### Строматолиты

По-гречески — «каменный ковер». Образования в виде колонн или холмиков, состоящие в основном из карбоната кальция. Формировались в раннем докембрии прокариотными организмами — бактериями и цианобактериями. Современные строматолиты обнаружены в заливе Шарк-Бэй в западной Австралии и на побережье Багамских островов — это своеобразные «бочки» на литорали. Строматолит образуется в результате жизнедеятельности микробного сообщества — цианобактериального мата. Роль мата состоит в том, что он структурирует осадконакопление. Современные строматолиты растут со скоростью около 0,3 мм в год. Это экосистема, состоящая из автотрофов (организмов, синтезирующих органическое вещество) и гетеротрофов (организмов, потребляющих органическое вещество).



## Автотрофы и гетеротрофы

Автотрофы — организмы, синтезирующие органические соединения из неорганических. Они составляют первый ярус в пищевой цепи. Это первичные продуценты органического вещества в биосфере. Источник углерода для них — углекислый газ. Одни из них — фотосинтетики (растения) — используют солнечную энергию, другие — хемосинтетики (некоторые бактерии) — энергию химических реакций.

Гетеротрофы — организмы, не способные синтезировать органические вещества из неорганических. Им необходимы вещества, произведенные другими организмами. Это почти все животные и некоторые растения (бесхлорофилльные).

белков, обеспечивающих клеточную подвижность. Почему бы бактериям не ползать, как амебам? Однако так передвигаться они не могут. И не могут заглатывать других бактерий, ведь для этого тоже надо формировать псевдоподии и пищеварительные вакуоли. Так что происхождение эукариот — это происхождение белков, обеспечивающих клеточную подвижность: актина и миозина.

На сегодня общепринятая парадигма биологии состоит в симбиотической теории происхождения эукариотной клетки. Впервые эту идею сформулировал еще в начале XX века российский биолог Константин Мережковский (кстати, родной брат одного из основателей символизма, выдающегося представителя русского серебряного века — писателя Дмитрия Мережковского). Согласно этой теории органеллы эукариотной клетки (митохондрии, хлоропласты и жгутики) появились в результате того, что

предок эукариот заглатывал, но не переваривал другие организмы, которые превратились в симбионтов. Так, предком ядра и цитоплазмы, вероятно, был организм, близкий к архебактериям. Оболочка ядра образовалась из впячиваний поверхностной клеточной мембраны.

Затем клетка приобрела митохондрии, предками которых были так называемые альфа-протеобактерии. Это очень важный этап, поскольку приблизительно два миллиарда лет назад в атмосфере стал накапливаться кислород. До этого практически весь выделенный в результате фотосинтеза кислород уходил на окисление железа, ведь сначала его в поверхностных слоях планеты было много. Но в процессе гравитационной дифференциации железо и другие тяжелые элементы опустились к центру планеты, формируя железное ядро. Вот тогда кислород и стал накапливаться в атмосфере.





Для биологических молекул кислород — яд (он их окисляет), поэтому клеткам нужно было выработать приспособления для выживания в аэробной атмосфере. Этому научились альфа-протеобактерии, которые и дали начало митохондриям, когда оказались внутри предковой эукариотной клетки. Митохондрии осуществляют клеточное дыхание — утилизируют кислород и синтезируют высокоэнергетическую молекулу АТФ. У них до сих пор сохраняется собственный геном, они имеют свой синтетический аппарат и размножаются внутри наших клеток делением. В итоге в кислородной атмосфере выжили лишь те эукариотные клетки, которые приобрели митохондрии.

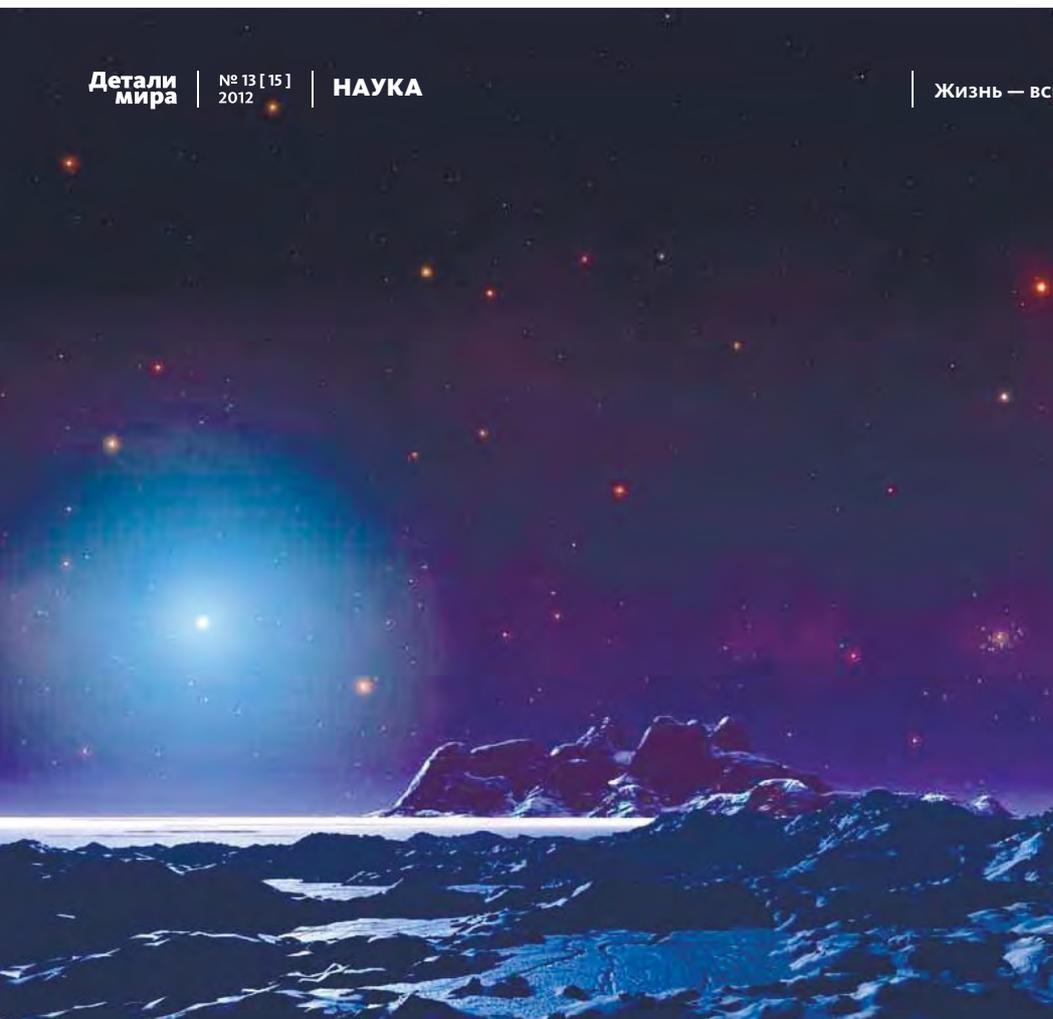
Эукариоты стали активно заглатывать другие организмы и усовершенствовали биотический круговорот элементов. Еще больше его усовершенствовало появление многоклеточных организмов. Это означало, что количество углерода и других биогенных элементов, которые захоранивались в осадках и превращались в горючие или рудные ископаемые, уменьшилось.

#### **ДМ: КАК ЖИЗНЬ ОСВАИВАЛА СУШУ?**

**ВМ:** Выход на сушу стал возможен, когда концентрация кислорода в атмосфере стала достаточно высокой и, скорее всего, перешла через 1%. При этом начинает формироваться

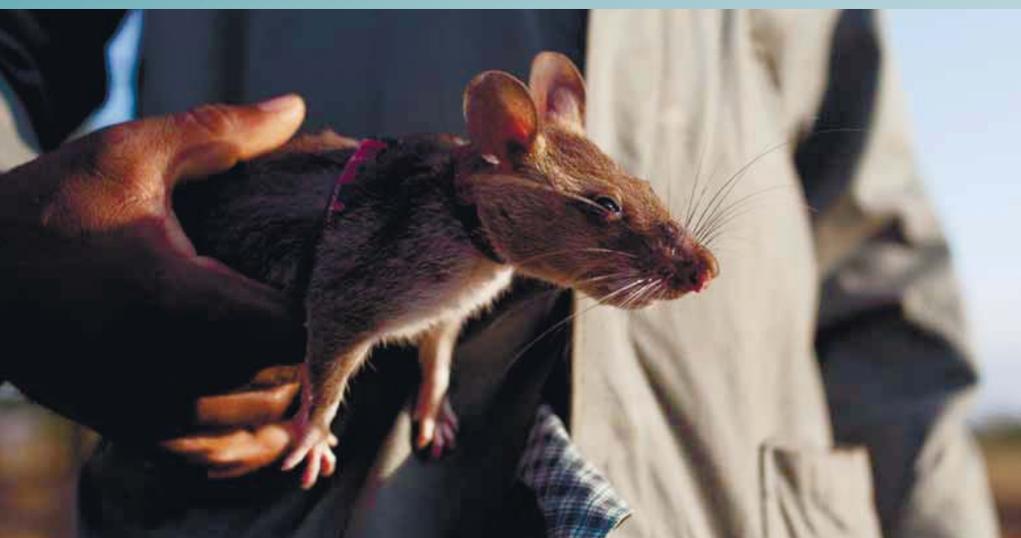
### **МИТОХОНДРИЯ**

Энергетическая подстанция клетки. Основная ее функция — окисление органических соединений и использование образовавшейся при их распаде энергии для синтеза молекулы АТФ. Это происходит за счет движения электрона по электронно-транспортной цепи белков-ферментов внутренней мембраны митохондрии.



озоновый экран. Пока озонового экрана нет, жизнь на суше невозможна, разве что в каких-то полостях, всегда остающихся в тени. По-видимому, это произошло не раньше кембрия. Первыми жителями суши были, скорее всего, те же сине-зеленые водоросли, образующие бактериальные маты, в которых могли существовать и какие-нибудь животные.

Наземные растения, скорее всего, вышли на сушу через внутриконтинентальные водоемы, а не через океан, и для этого им было необходимо приобрести воздушные споры, устойчивые к высыханию. Без этого невозможно выйти за пределы «отдельной лужи» — внутреннего водоема. Растение должно было образовать вертикальный ствол, так называемый



## Геохронологическая шкала



Ф А Н Е Р О З О Й

К Р И П Т О З О Й



спорофит, поднимающийся из воды в воздух для рассеивания воздушных спор. И тела знакомых нам наземных растений, собственно, произошли из этого стволика. Когда появились первые наземные растения — псилофиты? Это поздний ордовик, начало девона — ну, не раньше чем 420–430 млн лет назад. А каменноугольные леса, состоящие из древовидных папоротников и хвощей, — 350 млн лет назад.

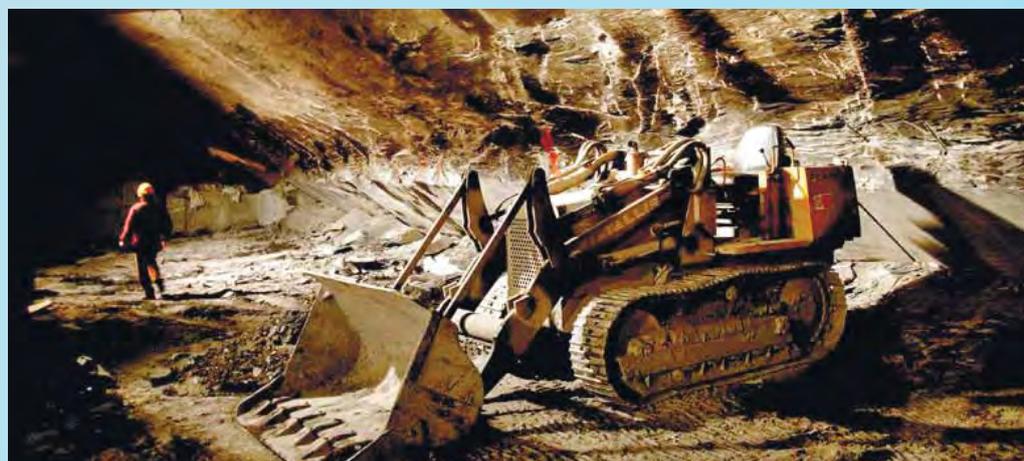
Каменноугольные леса давали гигантскую биомассу, и она не утилизовалась, пока не появились насекомые. Она захоранивалась в гигантских масштабах, и от этого периода остались огромные залежи каменного угля. Когда появились насекомые (а первые насекомые были очень крупными), они стали грызть и измельчать древесную биомассу и тем самым облегчили доступ к ней грибам, которые разлагают целлюлозу и лигнин.

**ДМ: ВЕРНЕМСЯ К ПРОБЛЕМАМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ. ЧТО БЫ СЛУЧИЛОСЬ С БИОСФЕРОЙ, ЕСЛИ БЫ ЦИВИЛИЗАЦИЯ НЕ ВОЗНИКЛА?**

**ВМ:** А она не могла не возникнуть. Давайте забудем про цивилизацию и подумаем: а вот динозавры — они

могли возникнуть или не могли? Такая жизненная форма? Оказывается, что как только появляется ресурс, который можно использовать, рано или поздно возникает организм, который начинает этот ресурс использовать. Захороненная биомасса представляет собой ресурс. Это источник энергии. Поэтому появляется организм, который ее использует. Если подойти с этих позиций, то в появлении человека и возникновении цивилизации нет ничего мистического.

**ДМ: А ЕСЛИ БЫ ЭТИ РЕСУРСЫ ОСТАЛИСЬ НЕИСПОЛЬЗОВАННЫМИ, ТО ЖИЗНЬ НЕ МОГЛА БЫ ДАЛЬШЕ РАЗВИВАТЬСЯ?**



**ВМ:** Да нет, жизнь могла бы дальше развиваться. Но она была бы менее богата, менее разнообразна.

**ДМ: КОГДА ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ВЫПОЛНИТ СВОЮ РОЛЬ В БИОСФЕРЕ, ОНО ИСЧЕЗНЕТ ИЗ-ЗА ТОГО, ЧТО НЕ БУДЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ?**

**ВМ:** Ну, конечно. Хотя существуют возобновляемые ресурсы, которые человек использовал до возникновения цивилизации: когда он не копал уголь, не доставал металлы. Сейчас, используя технический прогресс, мы можем и должны гораздо эффективнее использовать возобновляемые ресурсы. Но вопрос в том, хватит ли их мощности, чтобы справиться с грядущими катаклизмами. Например, сможет ли человек справиться с новым оледенением? Представьте себе, что на Северное полушарие наступает лед, как было, например, 80–100 тысяч лет назад. Даже пока у нас есть нефть и газ, сможем ли мы остановить это оледенение? Не сможем. А если у нас не будет ископаемых ресурсов, то тем более не сможем. Вот и все. Может ли человек существовать без индустриальной цивилизации? В таком количестве (7–10 миллиардов), очевидно, нет. Человек сможет просуществовать какое-то время после гибели цивилизации в виде отдельных популяций охотников-собирателей, скотоводов. Но надо иметь в виду, что среди млекопитающих нет видов-

**На вопросы «Деталей мира» ответил старший научный сотрудник Палеонтологического института РАН Кирилл Еськов, автор книги «История Земли и жизни на ней».**

**ДМ:** Вы приводите высказывание Вернадского о том, что появление жизни должно было произойти сразу в виде совокупности организмов, необходимых для выполнения геохимической функции жизни. Объясните, пожалуйста, какое подтверждение получила эта точка зрения.

**КЕ:** В те времена доминировала та точка зрения, что исходной формой существования жизни были на протяжении весьма продолжительного времени одни лишь гетеротрофные микроорганизмы, питавшиеся простой органикой так называемого «первичного бульона». Вернадский же полагал, что жизнь (исходно возникающая как способ стабилизации существующих на планете геохимических циклов) неизбежно должна включать как гетеротрофный, так и автотрофный компоненты. Сейчас (спустя почти век после того «проверяемого предсказания» Вернадского) установлено достаточно твердо, что автотрофные организмы появились на самых ранних этапах существования жизни на Земле (около 3,5 млрд лет назад); собственно, все самые ранние диагностируемые следы жизни принадлежат именно автотрофам.

**ДМ:** Можно ли считать, что фотосинтез возник уже на начальных этапах жизни и почему?

**КЕ:** Судя по всему, исходной функцией пигментов (вроде хлорофилла) была защита ДНК от разрушающего воздействия квантов ультрафиолетового излучения, и лишь потом соответствующие микроорганизмы «научились» использовать энергию тех «нейтрализованных» квантов для собственного производства питательных веществ из неорганики. Подобная смена исходных функций наблюдается в эволюционной истории самых различных групп организмов. Это, например, могло позволить исходным группам микроорганизмов сразу разделить экологические ниши: глубоководные части морей, где имелись многочисленные вулканические источники химически активных нероганических соединений, отошли в распоряжение хемосинтетиков, тогда как поверхностные воды были заселены фотосинтетиками.

**ДМ:** Когда произошла «кислородная революция» и почему Вы ее называете «первым в истории Земли глобальным экологическим кризисом»?

**КЕ:** Около двух миллиардов лет назад на Земле произошли драматические изменения геохимических циклов ряда элементов: на смену «недоокисленным» железистым кварцитам пришли полностью состоящие из окиси железа так называемые болотные железные руды, вместо сульфидов стали образовываться сульфаты и сульфиты и т. д. В это же время появились следы жизнедеятельности микроорганизмов, обитающих ныне только в аэробных (кислородных) условиях. Всё это заставляет заключить, что именно в это время на планете впервые появился в сколько-нибудь заметных количествах свободный кислород, и атмосфера планеты стала устойчиво окислительной (хотя концентрация того кислорода была, разумеется, несопоставимо ниже нынешней). До той поры весь свободный кислород, вырабатываемый в процессе фотосинтеза, расходовался на окисление железа (содержание которого в земной коре было гораздо выше нынешнего); по меткому выражению геохимиков, «мир тогда всё больше ржавел, но кислорода в нем не прибавлялось». Что же до «экологического кризиса» — а чем еще были эти изменения для тогдашнего населения планеты, адаптированного к жизни в бескислородных условиях?

**ДМ:** Какие преимущества дала организмам многоклеточность?

**КЕ:** Исходно это, судя по всему, была возможность создавать в телах запас питательных веществ и биогенов, что делало организмы более автономными от колебания содержания тех же биогенов в окружающей среде. Пользуясь аналогиями с любимой народом компьютерной игрой «Цивилизация» — это была технология, позволяющая строить в городах «амбары». Клеточная дифференциация, открывшая возможности к совершенствованию поведения и т. п., возникла уже вторично.



долгожителей. Обычно вид у млекопитающих существует порядка полутора-двух млн лет, потом он вымирает, иногда оставляет потомков — другие виды. Если человек вернется к тому, чтобы быть просто одним из биологических видов, он вряд ли проживет больше.

**ДМ: А ЕСЛИ ЧЕЛОВЕК ВСЕ-ТАКИ ИЗОБРЕТЕТ НОВЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ?**

**ВМ:** Представим себе, что изобретет. И этот источник энергии позволит нам существовать, не опираясь на ископаемое топливо, выйти в космос, колонизировать другие планеты и звездные системы. Признайтесь, ведь мы все мечтаем о том, что человек выйдет в космос, покорит Галактику. Как много об этом написано в фантастической литературе! Но если бы эта идея была правильной, то мы бы в космосе находили очевидные результаты деятельности других цивилизаций. Представьте себе, что какая-то цивилизация возникла за 100 миллионов или за миллиард лет до по-



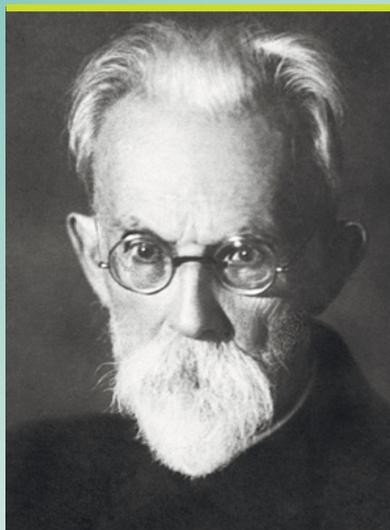
явления земной цивилизации. Да мы бы видели результаты ее космической деятельности! Но мы не видим никаких признаков существования таких цивилизаций.

Я считаю, что мы не видим в космосе присутствия других цивилизаций просто потому, что цивилизации имеют естественный предел своего

развития, определяемый энергетическими ресурсами, накопленными в результате деятельности организмов в предшествующие эпохи существования биосферы, и время существования цивилизации очень короткое. Вот представьте себе: в Солнечной системе цивилизация возникла 7 тысяч лет назад и исчезнет, скажем, через

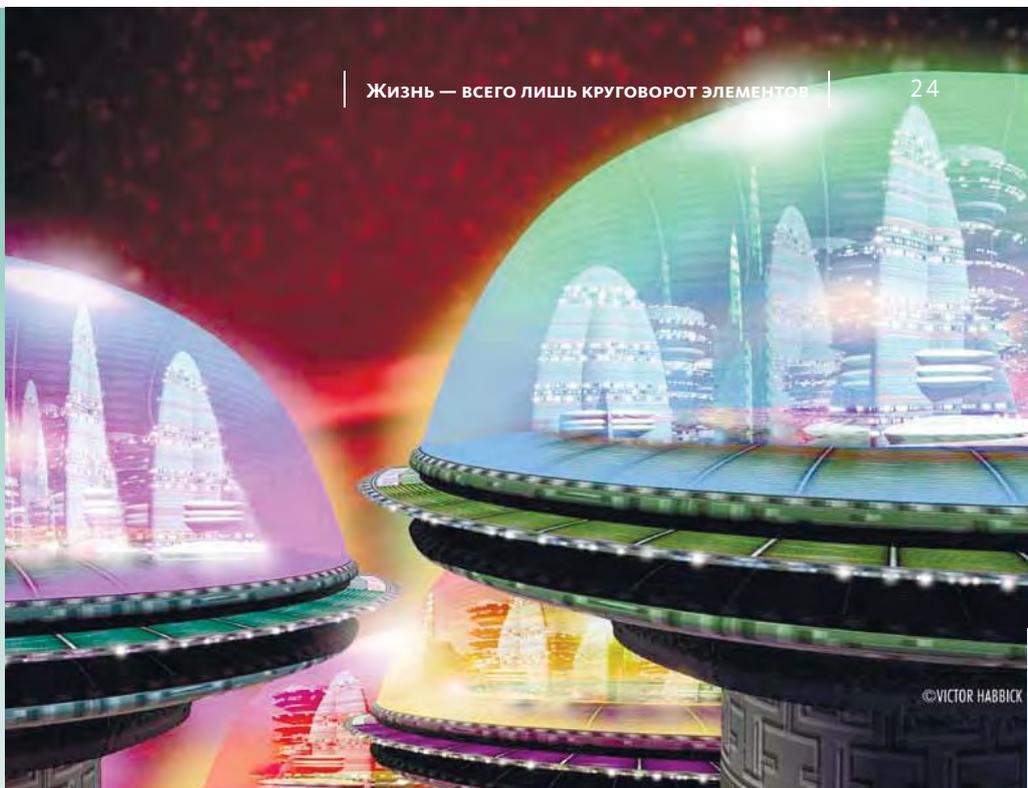


7 тысяч лет, а на планетах ближайшей к нам звездной системы, вблизи Альфы Центавра, которая находится в четырех с небольшим световых годах от нас, цивилизация возникнет через только через 10 или через 100 млн лет. Эти две цивилизации никогда не встретятся во времени и пространстве, и никогда ничего не узнают друг о друге.



**Владимир Вернадский**  
(1863–1945) —

русский естествоиспытатель, мыслитель и общественный деятель. Внес огромный вклад в развитие геохимии, создатель науки биогеохимии. Автор учения о ноосфере — разумной оболочки Земли. Разделял идеи философского направления под названием русский космизм.



**ДМ: ЧТО БУДЕТ НА ЗЕМЛЕ ПОСЛЕ ЧЕЛОВЕКА?**

**ВМ:** Человек очень быстро меняет окружающую среду, поэтому большое число организмов вымирает. Хотя, конечно, не так много, как во время массовых вымираний, вызванных геологическими событиями, например, пермско-триасового. Тем не менее, например, многие виды крупных хищников уже сейчас перешли тот предел, за которым их неизбежно ожидает вымирание. Например, тигры — если человек перестанет о них заботиться, они уже не выживут, не смогут восстановить свою численность. Это касается и крупных травоядных форм, например, носорогов. Есть определенный предел, за которым генетическое разнообразие вида катастрофически снижается настолько, что вид уже не сможет адаптироваться к окружающей среде. И многие млекопитающие, численность которых подрвана человеком, сейчас сохраняются только благодаря специальным охранительным мерам. Если человек перестанет охотиться на тигров и носорогов, но при этом перестанет о них специально заботиться, они все равно исчезнут.

Так что после человека мир, конечно, будет меняться. На эту тему есть некие построения, опубликованные

в нескольких книгах. Самая известная из них — книга Дугала Диксона и Джона Адамса «Дикий мир будущего», которая вышла и в нашей стране на русском языке под редакцией палеонтолога Евгения Курочкина.

К этим построениям, конечно, нужно относиться снисходительно, потому что эволюция — это процесс случайный. Но почему-то некоторые из них кажутся мне допустимыми. Мы знаем, что в эволюции все ниши обязательно заполняются. Если какая-то из жизненных форм вымирает, ее ниша обязательно будет заполнена другой. Мы видим, что человеческая эпоха ведет к вымиранию крупных млекопитающих. Но ниша-то эта осталась, значит, обязательно появятся те, кто ее займет. Займут те группы животных, которые от человека несколько не пострадали, а наоборот, повысили численность. Например, грызуны — они просто расцвели в человеческую эпоху, отчасти потому, что грызуны в какой-то мере являются конкурентами копытных, так как едят зерно. При сокращении диких копытных, на которых человек охотится, грызуны процветают. На грызунов человек не охотится — слишком мелкие. Но как только освободится ниша, на основе грызунов возможно, например, формиро-

вание крупных хищников. Поэтому авторы и делают предположение, что возникнут крысоволки, крысольвы, крысогопарды и т. д. Хотя, еще раз повторяю, относиться к этим построениям нужно снисходительно.

### ДМ: А КАКОЕ БУДУЩЕЕ ЖДЕТ НАШУ ПЛАНЕТУ?

**ВМ:** По геологическим прогнозам жизнь на Земле погибнет примерно через 1 млрд лет. При погружении окислов железа в ядро Земли (этот процесс все еще продолжается, ведь Земля — живая в геологическом смысле планета), железо в ядре переходит в форму  $Fe_2O$ , а избыток кислорода выделяется из ядра. Сейчас этот выделяющийся кислород используется для окисления железа в приповерхностных слоях (до ржавчины —  $Fe_3O_4$ ). А когда все железо окажется окисленным, тогда кислород начнет накапливаться в атмосфере. А кислород — это настоящий парниковый газ. С ростом его парциального давления стремительно растет температура. В результате на Земле при давлении около 500 атм. температура достигнет  $400\text{ }^\circ\text{C}$ , как на Венере. Испарятся океаны, вся

жизнь погибнет. В далеком будущем, через 4,5 млрд лет, Солнце закончит свою эволюцию, превратится в красный гигант, взорвется, сбросит оболочку и превратится в маленькую и очень плотную звезду — белого карлика. Сброшенная оболочка Солнца, расширяясь, уничтожит атмосферу Земли, расплавит и испарит поверхностные слои Земли, так что никто не сможет сказать, что на этой планете когда-то была жизнь и цивилизация. Посмотрите на небо — сколько там белых карликов! Их около 10%

от всех звезд нашей Галактики. Так называемые шаровые звездные скопления почти целиком состоят из таких звезд. Все это — звезды, закончившие свою эволюцию, звездные мертвецы. Вокруг них вращаются мертвые планеты с переплавленными поверхностными слоями. Вот это и есть настоящая смерть.

**Обзор представлений о жизни на Земле после человека читайте в следующем номере «Деталей мира».** **ДМ**

