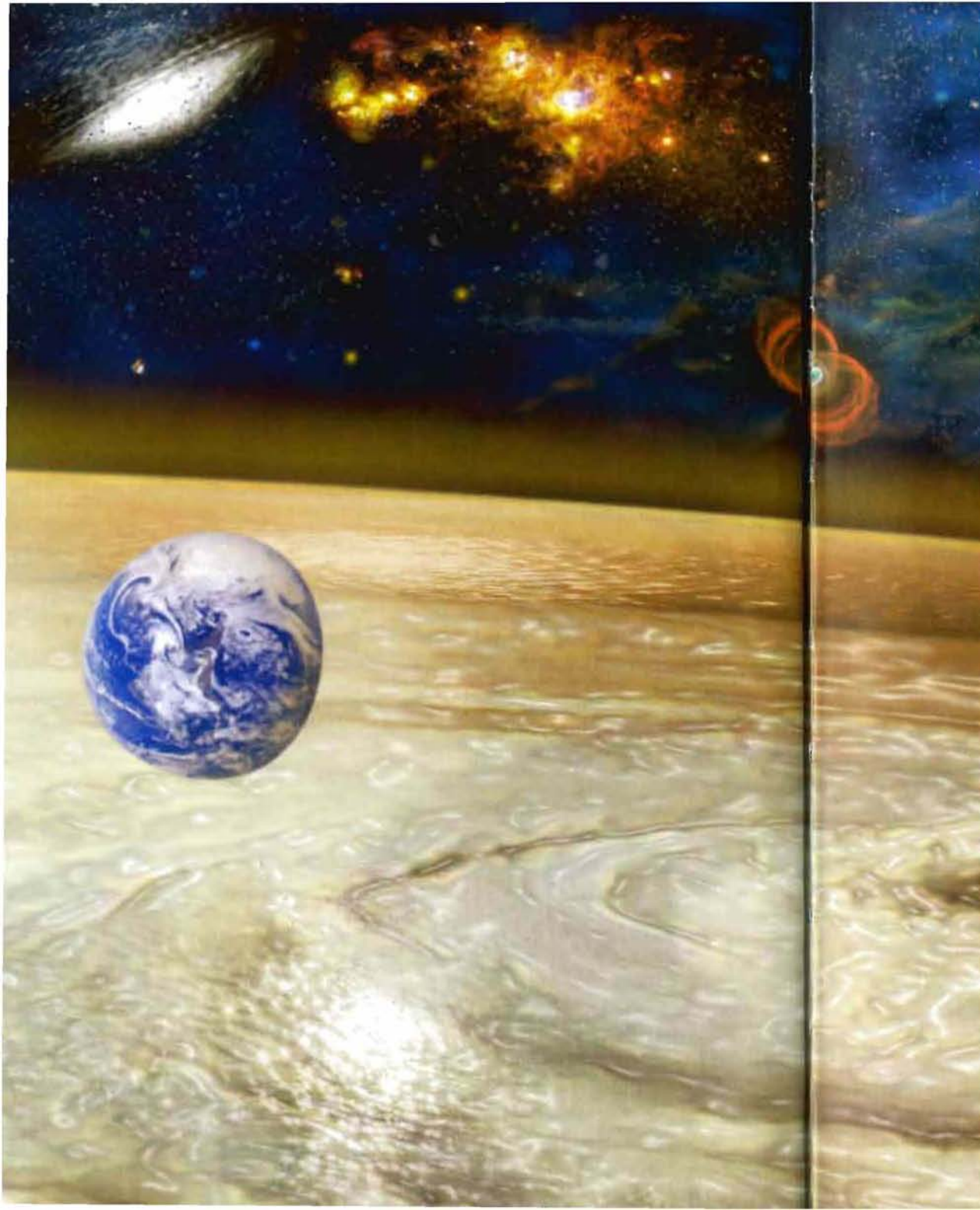




На Земле сегодня жизнь чрезвычайно разнообразна и, можно сказать, всеобща. Есть три царства: растений, животных и грибов. Самое большое — царство животных, в нем насчитывается не менее 1,5 миллионов разных видов — от одноклеточных амёб и инфузорий до огромных китов и слонов. В царстве растений около 0,5 миллиона видов, и среди них тоже есть и совсем маленькие, одноклеточные водоросли, и гигантские секвойи, достигающие нескольких десятков метров в высоту. Да и царство грибов довольно многочисленное — в нем не менее 100 тысяч видов.

Жизнь существует везде: на суше и в море, на глубине в несколько километров и в мелкой грязной луже на асфальте, в Арктике и в Антарктиде, в знойных раскаленных пустынях и на горных вершинах, и даже в кратерах вулканов. Живая материя словно окутывает нашу планету сплошным слоем, и называют этот слой *биосфера* — от греческого слова *bios* — «жизнь».

Но всегда ли было так? Давайте представим себе, что у нас есть машина времени, и отправимся на ней в путешествие в Прошлое. Но сначала познакомимся с «маршрутом».

Всю историю Земли подразделяют на большие — точнее, огромные — временные промежутки, которые называются *геологическими эрами*. Геологические эры, в свою очередь, делятся на *геологические периоды*. А внутри некоторых геологических периодов выделяют *эпохи* (см. таблицу на следующем развороте).

Мы с вами живем в эпохе голоцен четвертичного периода кайнозойской эры.

Итак — поехали?

Эра	Период	Эпоха	Начало, миллионов лет назад	Окончание, миллионов лет назад
Кайнозойская	Четвертичный	Голоцен	0,1	Продолжается
		Плейстоцен	1,6–1,8	0,1
	Третичный неогеновый	Плиоцен	около 5	около 1,6–1,8
		Миоцен	около 25	около 5
	Третичный палеогеновый	Олигоцен	около 37	около 25
		Эоцен	около 55	около 37
		Палеоцен	около 65	около 55
Мезозойская	Меловой		около 140	около 65
	Юрский		около 200	около 140
	Триасовый		около 250	около 200
Палеозойская	Пермский		около 290	около 250
	Каменноугольный (карбоновый)		около 350	около 290
	Девонский		около 405	около 350
	Силурийский		около 440	около 405
	Ордовикский		около 500	около 440
	Кембрийский		около 570	около 500
Протерозойская	Поздний протерозой (рифей)	Венд	600–700	около 570
		Рифей	1300–1400	600–700
	Ранний протерозой		около 2500	1300–1400
Археозойская			более 4000	около 2500



МАШИНА ВРЕМЕНИ

150 тысяч лет назад (поздний плейстоцен)

Еще нет человека современного вида, но есть весьма похожие на него (то есть на нас) неандертальцы. Природа — и растения, и животные — очень похожи на «наши», но есть и другие звери, каких не найдешь сегодня в зоопарке: мамонты, пещерные медведи, большерогие олени. Правда, в них угадываются предки современных слонов, медведей, оленей.

4 миллиона лет назад (плиоцен)

Больше половины территорий Европы и Северной Америки покрыто льдами. Людей не видно, но в лесах и на границе лесов и открытых пространств живут человекообразные обезьяны. Они выглядят не так, как современные гориллы, шимпанзе и орангутанги. Одни чуть-чуть больше похожи на людей, чем другие.

Есть, конечно, и другие животные, и некоторые из них — очень страшные. Например, махайрод — саблезубый тигр.

15 миллионов лет назад (миоцен)

Европа покрыта хвойными и лиственными лесами: ели и секвойи, дубы, буки, клены, вязы, платаны и каштаны. Кое-где можно увидеть одиночные пальмы. В лесах бродят мастодонты, пасутся олени, в основном безрогие или с очень простыми рогами. Возле мелких прудов и ручьев обитают древние фламинго.

Но самое интересное — это большое количество человекообразных обезьян: проконсулы, дриопитеки, рамапитеки и др. И все они годятся на роль нашего предка, так что выбрать очень трудно. К тому же все они точно так же годятся и на роль предка современных человекообразных обезьян (эти две «линии» еще не разделились).

**65 миллионов лет назад
(рубеж мезозойской и кайнозойской эры)**

Прекрасная теплая погода, в Европе до самой Балтики растут тропические и субтропические леса, густые и влажные. Всюду пальмы, бананы, эвкалипты, вечнозеленые лавры, фикусы, магнолии, дубы, каштаны. Есть и хвойные деревья — гигантские секвойи, араукарии, болотные кипарисы. Под сенью леса — царство папоротников. В лесах обитают разные млекопитающие, и в их числе первые обезьяны — небольшие зверьки (приблизительно от 100 граммов до 3 килограммов весом), больше всего похожие на современных тропических белок, но и на лемуру.

Кое-где еще встречаются последние динозавры.



150 миллионов лет назад (юрский период)

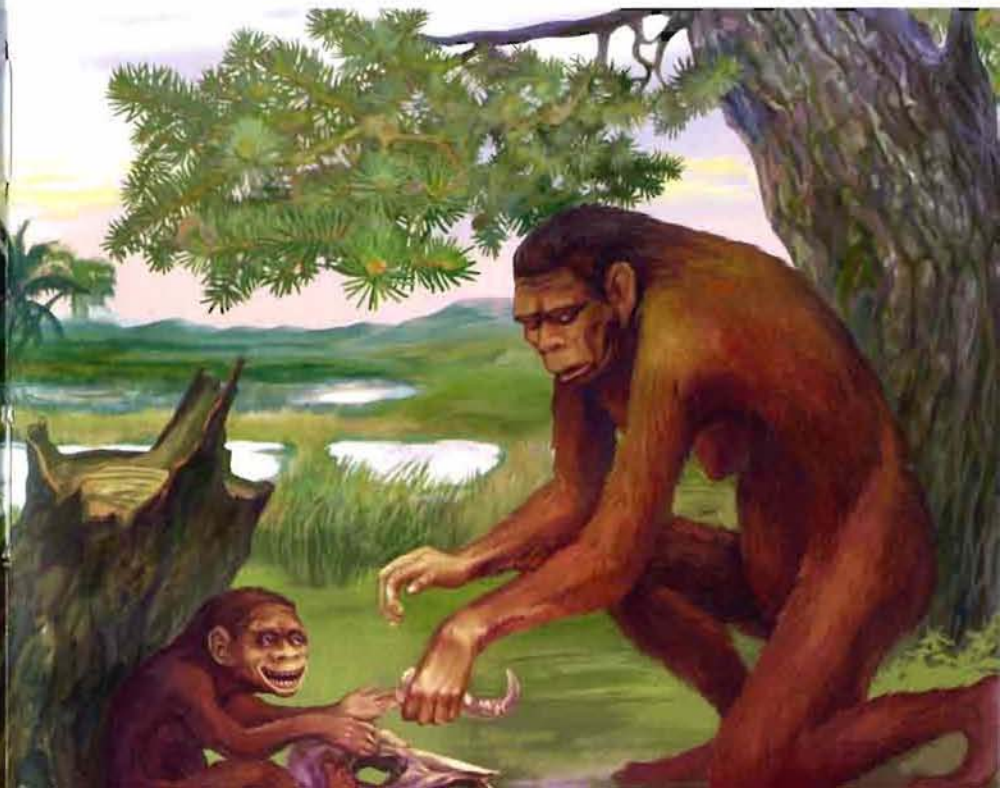
Большая часть суши затоплена морем. Теплый климат. В мире властвуют динозавры, причем и на суше, и на море, и в воздухе. Это, несомненно, хозяева Земли. Рядом с ними благополучно существуют крокодилы, морские черепахи, насекомые. В морях водятся также костистые рыбы, головоногие моллюски.

В воздухе летают зубастые птицы — археоптериксы.

В лесах растут деревья, весьма напоминающие кипарисы, сосны, секвойи, а кое-где можно увидеть и первые цветковые растения.

Австралопитеки.

Еще не люди, но уже и не обезьяны

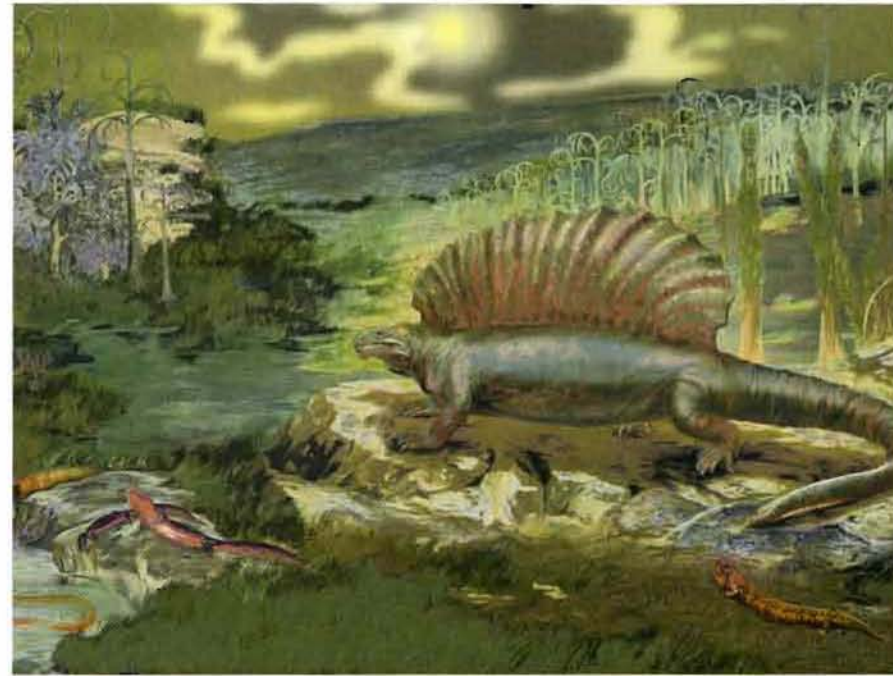


280 миллионов лет назад (поздний карбон)

Умеренный, прохладный климат.

Какие огромные, великолепные стрекозы носятся в воздухе! Длина тела такой стрекозы — 30 см, размах крыльев — до 65 см.

Плезиозавры — хищные морские ящеры



Эдафозавр

А внизу на земле — царство амфибий (земноводных). Например, ихтиостеги. Это, по сути, четвероногие рыбы. И действительно, большую часть времени они проводят в воде.

Здесь же мы видим и предков будущих динозавров. Но почти все эти рептилии питаются насекомыми, по размерам они невелики, так что испугать никого не могут. Правда, встречаются и хищные рептилии — этим палец в рот не клади, хотя они тоже не впечатляют своими размерами.

380 миллионов лет назад (девон)

Буйная, хотя и своеобразная растительность: плауны, хвощи, папоротники.

Тут и там ползают и лазают панцирные пауки, клещи и бескрылые насекомые — и это, пожалуй,



все. Никаких более впечатляющих животных на суше нет.

А в морях так и кишат всевозможные рыбы — это поистине было их время! Ну и, конечно, различные моллюски, кораллы, трилобиты и прочие обитатели подводного царства.

410 миллионов лет назад (силур)

На суше вообще не видно никаких животных. Здесь только недавно (по космическим меркам) появились первые растения — псилофиты. Это невысокие травянистые или кустарниковые растения, у них нет ни корней, ни листьев. Кое-где можно разглядеть также грибы — почти такие же, как те, что мы собираем в лесу. Вообще-то, если мы наклонимся, чтобы сорвать их, то увидим и представителей царства животных, но только совсем «непредставительных»: так, какие-то мелкие червячки.

Зато в морях обитают в большом количестве панцирные бесчелюстные животные, похожие на рыб, — остракодермы. А есть и почти настоящие рыбы: панцирные (плакодермы) и кистеперые. Один из древних видов кистеперых рыб — латимерия — дожил до нашего времени.

550 миллионов лет назад (кембрий)

Мы вообще никого и ничего не видим на суше: она безжизненна. Только камни и песок. Правда, моря полны жизни — там обитают самые разные животные. Среди водорослей и кораллов медленно передвигаются иглокожие — морские звезды, офиуры, голотурии, а также моллюски-кораблики (наутилоидеи), аммониты, белемниты. В толще и на поверхности воды плывут по течению, удерживаясь с помощью особых плавательных пузырей («поплавков»), сифонофоры — они и поныне живут точно так же. Есть и существа, которых вы нигде не встретите



в настоящее время и можете увидеть только на картинках. Например, граптолиты — они тоже плавают, хотя некоторые не самостоятельно, а на водорослях. Или трилобиты — чрезвычайно разнообразные членистоногие животные, некоторые длиной до 75 см, а другие — не более 1 см. Они в основном ползают по дну, но могут и плавать в толще воды, а также зарываться в песок.

650 миллионов лет назад (венд)

Моря полны живых существ: одни похожи на медуз и парят в толще воды; другие прикреплены к морскому дну и напоминают современные кораллы; вот какие-то червеобразные животные, вот нечто вроде губок, морских звезд, ракообразных (членистоногих).

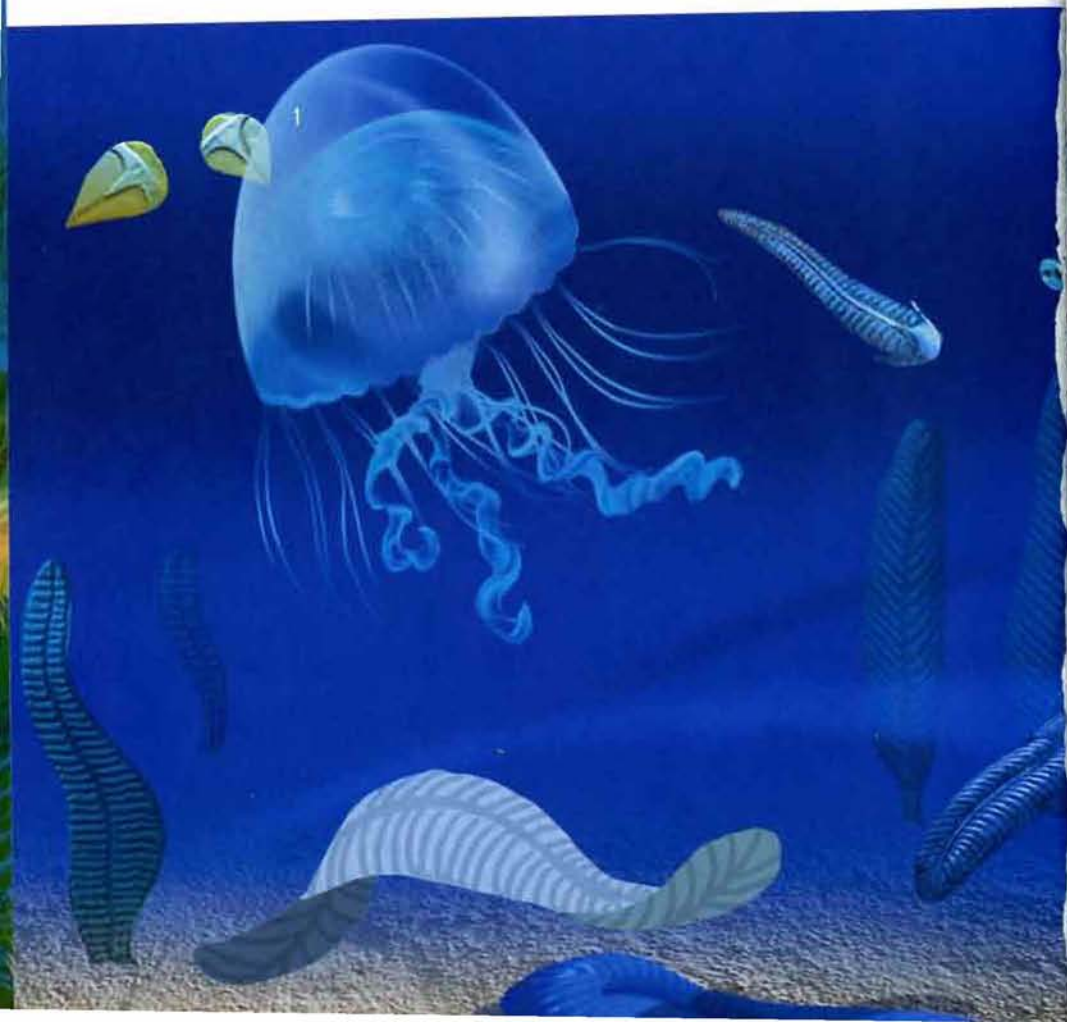
Трилобиты



◀ Кембрийское море: 1 — медуза элдония; 2 — археоциаты; 3 — трилобит соленоплева; 4 — брахиоподы (лингилелла); 5 — прими-

1 миллиард лет назад — и мы лишь кое-где разглядим в морях колонии водорослей.

Еще дальше в глубь времен, примерно на полмиллиарда лет — и мы не увидим никого и ничего живого, если у нас не будет микроскопа. Однако жизнь на Земле есть, и существует она очень давно. Время, в которое мы попали, называется *криптозой* — время скрытой жизни. Это время называли так не только



потому, что живые организмы, существовавшие тогда, представляли собой по сути отдельные клетки, которые без микроскопа не разглядишь. Дело в том, что эту эпоху мы не имеем возможности изучать, как изучаем более поздние, — по *ископаемым*.

Эдиакарская фауна (Центральная Австралия) — поздний протерозой: 1 — медуза; 2 — диксония; 3 — плоское червеобразное существо сприггина; 4 — листообразное морское перо харниодиск; 5 — листообразное морское перо рангея



ИСКОПАЕМЫЕ

Ископаемые — это окаменевшие остатки древних форм жизни. Ученые то и дело обнаруживают их в земле. Чем глубже залегает слой, содержащий ископаемые, тем они древнее.

Древнейшие породы, в которых находят ископаемые остатки, называются кембрийские — от старинного римского названия Кембрия — области Англии, сегодня называемой Уэльсом. Именно там английский геолог Адам Седжвик (1785–1873) впервые обнаружил породы такого типа.

Кембрийские породы содержат ископаемые остатки морских организмов, среди которых больше всего так называемых *трилобитов*. Возраст кембрийских пород — около 500–570 миллионов лет.

Породы более древние, чем кембрийские, называют, не мудрствуя лукаво, докембрийскими. Ничего

Ископаемые остатки трилобита



Ископаемые остатки трилобита

похожего на ископаемые остатки в них долгое время найти не удавалось. Получалось, что большую часть своего существования (примерно 7/8) Земля была безжизненной? Согласиться с таким выводом было трудно.

Во-первых, в осадочных породах кембрия, начиная с самых древних, как-то очень уж внезапно в изобилии появляются остатки самых разнообразных ископаемых организмов, как низших многоклеточных (губок и кишечнополостных), так и высоко развитых типов животных (плеченогих, моллюсков, членистоногих и др.). Трудно поверить, что все они появились чуть ли не в одночасье (по космическим меркам) буквально «из ничего».

Во-вторых, сохраниться в виде ископаемых могут только твердые части организмов — кости, раковины, зубы и т. п. Например, трилобиты были «одеты» в раковины и поэтому сохранились, но если одновременно с ними существовали какие-нибудь абсолют-



Окаменелые остатки:

1 — лист покрытосеменных третичного периода; 2 — морская звезда третичного периода; 3 — тригонии — двустворчатые моллюски мезозойского периода; 4 — водоросли

но «мягкие» организмы, вроде современных червей или слизней, то они не могли оставить после себя никаких следов.

Наконец, в-третьих, образование ископаемого — это редкая случайность, которая может осуществиться только при особых условиях, и, пожалуй, еще более редкая случайность — находка такого ископаемого. Иными словами, организму должно «очень повезти» дважды: чтобы стать ископаемым и чтобы его потом нашли.

Таким образом, отсутствие ископаемых остатков в докембрийских слоях еще не означает, что в те давние времена на Земле не было никаких форм жизни.

Наоборот — их не могло не быть. Ведь еще в XVII веке итальянский ученый Ф. Реди доказал, что живое может зародиться только от живого. (До этого на протяжении долгого времени многие ученые считали, что рыбы, например, зарождаются из ила, мухи — из гнилого мяса, мыши — из грязных тряпок и т. д.)

Да, но если так, то откуда же взялся самый первый живой организм? Теория о божественном происхождении жизни на Земле не устраивала ученых. И они продолжали и продолжают искать, а также фантазировать и экспериментировать. К настоящему времени предполагается, что самые первые живые организмы все-таки зародились из неорганической природы. Конечно, для этого на Земле должны были существовать совершенно особые условия, которые теперь ученые пытаются создать в лаборатории, чтобы затем «воспроизвести» искусственно процесс зарождения жизни. И кое-какие результаты уже достигнуты, как вы увидите дальше.

А сейчас давайте представим себе, что наша машина времени «затормозила» на новой, только что образовавшейся планете, которую через сотни миллионов лет люди назовут Землей.

НОВОРОЖДЕННАЯ ПЛАНЕТА

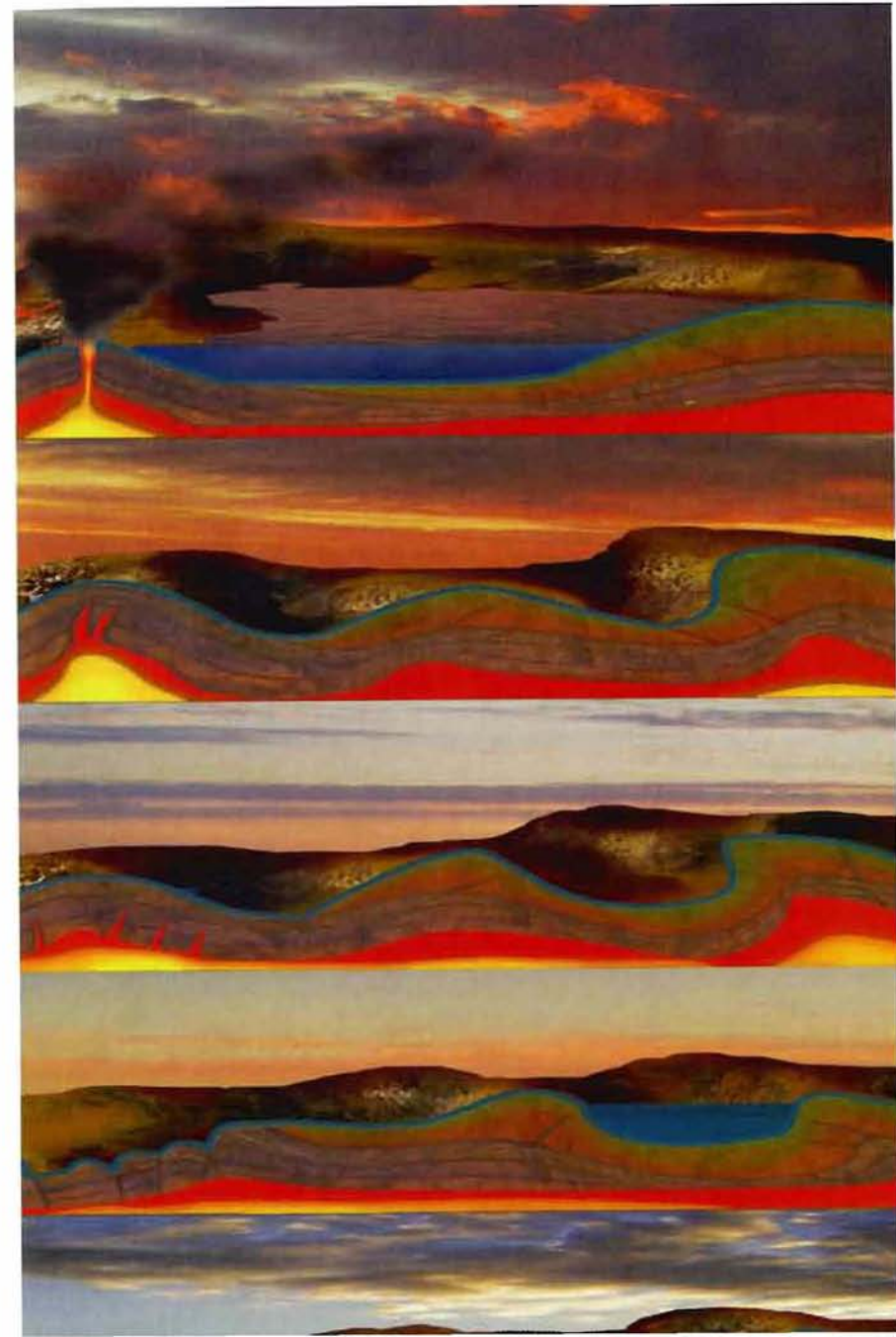
По самым скромным подсчетам, нашей Земле 4 миллиарда лет — именно такой возраст имеют древнейшие известные на Земле горные породы — граниты Кольского полуострова. Но вообще Земле «дают» больше — 4,5 миллиарда (а возможно, 5 миллиардов) лет.

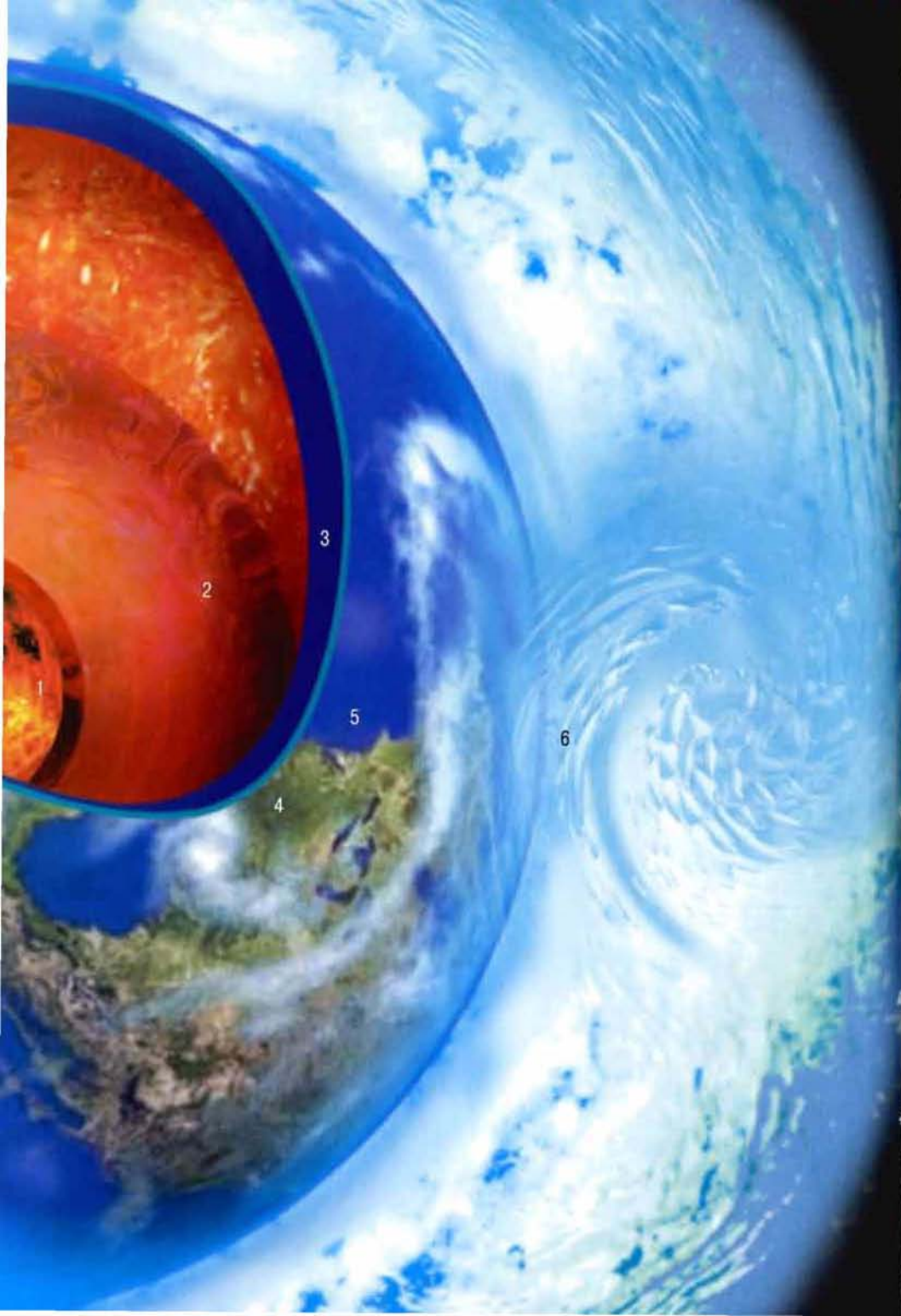
В первые полмиллиарда лет наша планета находилась словно под непрерывным артобстрелом: ее поверхность в полном смысле слова бомбардировали обломки метеоритов и других космических тел. Но в конце концов Космос оставил ее в покое (относительном, конечно), и дальше Земля формировалась

Новорожденная планета



Перемещение горных пород





в основном за счет процессов, происходящих в ней самой. Что же это за процессы?

Прежде всего — извержения вулканов. Раскаленные потоки лавы, горячие газы и пары, кипящие воды вырывались из недр Земли на ее поверхность, только-только затвердевшую. Лава, застывая, превращалась в каменные породы, а до этого «отдавала» металлы и металлические руды. Более поздние лавовые потоки ложились на более ранние, и постепенно образовывались горные массивы. Между ними устремлялись реки, они размывали горы и несли измельченные горные породы в океан, на дне которого все это осаждалось, превращаясь в первые отложения (осадочные породы).

Ничего не осталось ныне от того первого рельефа Земли. Несчетное число раз с тех пор горы становились равнинами, а то и дном океана, суша затапливалась водой, а из глубин морей вздымались новые горы. Несчетное число раз земная кора разламывалась в разных местах, и через эти разломы и трещины вновь изливалась лава. Огромные куски суши сходились, расходились, наталкивались и напозлали друг на друга, образуя новые материки.

Сейчас Земля устроена так. Внутри — тяжелое металлическое *ядро* (состоящее в основном из железа и никеля, а также серы), раскаленное до температуры $+6000^{\circ}\text{C}$ и окруженное расплавленной *мантией*. Снаружи — относительно тонкая *земная кора*. Толщина ее в тех местах, где мы видим сушу, составляет 35–45 км, а на дне океанов — в 4–7 раз тоньше, то есть 5–10 км. К мантии прилегают твердые породы — базальты и граниты, а на них покоятся осадочные породы. Эта наружная твердая оболочка планеты называется *литосферой* (от греческого слова *lithos* — «камень»). Она включает десять больших тектонических плит, которые как бы плавают на поверхности жидкой мантии.

◀ Так устроен земной шар сейчас: 1 — ядро; 2 — мантия; 3 — земная

Не менее чем $3/4$ поверхности Земли покрыто водной оболочкой — *гидросферой*. Это все океаны, моря, реки, озера. Наконец, наружная оболочка — воздушная, или *атмосфера*. Сегодня она имеет следующий состав: примерно 78% азота (N_2), около 21% кислорода (O_2), и 1% приходится на некоторые другие газы (аргон, неон, гелий, метан, водород и пр.), в том числе на углекислый газ (его всего лишь около 0,03%).

Какой была Земля в самом начале своего существования — этого в точности никто не знает. Расположение материков (да и их количество) с тех пор изменялось несколько раз, и какие материки были на Земле изначально и где они располагались — можно только предполагать. Но достоверно известно, что суша изначально была безжизненной, и жизнь могла зародиться только в воде.

А вода, скорее всего, покрывала большую часть поверхности Земли. И вода эта была горячей, фактически — кипящей, потому что под тонкой (на дне океана) земной корой находилась расплавленная магма. Недаром русский ученый А. И. Опарин, занимавшийся в 20-х годах XX века проблемой происхождения жизни на Земле, назвал тот океан «первичным бульоном».

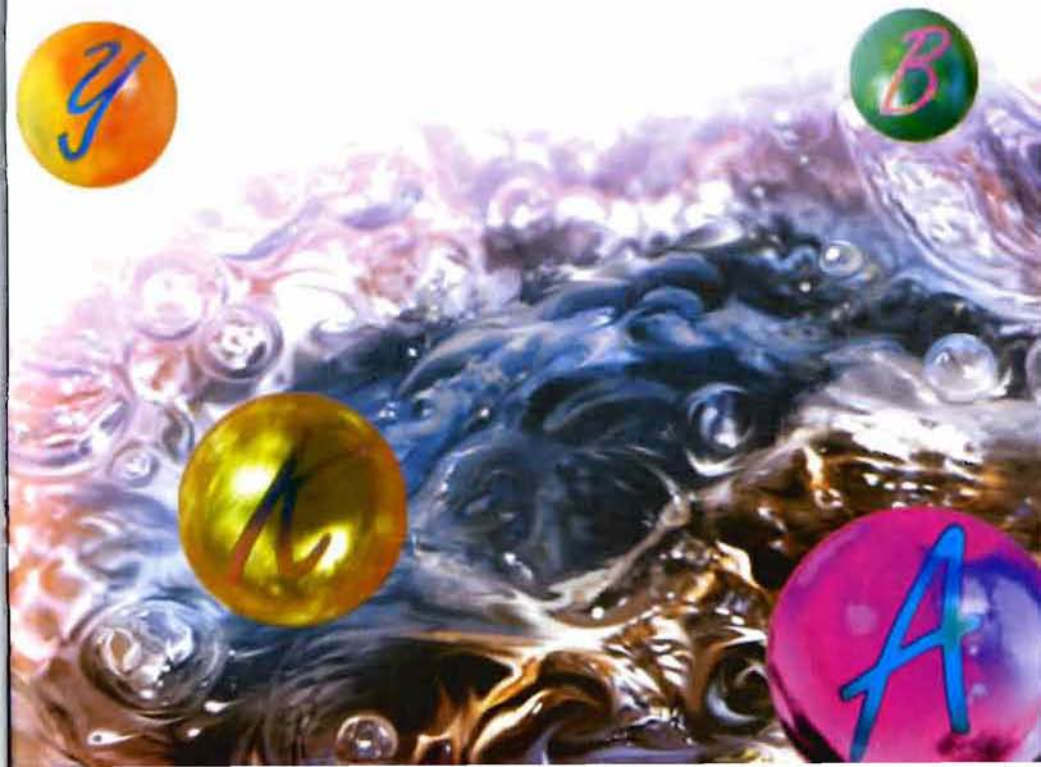
Точно известно, что и атмосфера была не такой, как теперь. По мнению одних ученых, она состояла из аммиака, метана и водяных паров, при этом аммиак содержался (то есть был растворен) еще и в воде — в древнем океане. Другие ученые считают, что первозданная атмосфера состояла из углекислого газа, азота и водяных паров, и в океане был растворен в большом количестве углекислый газ.

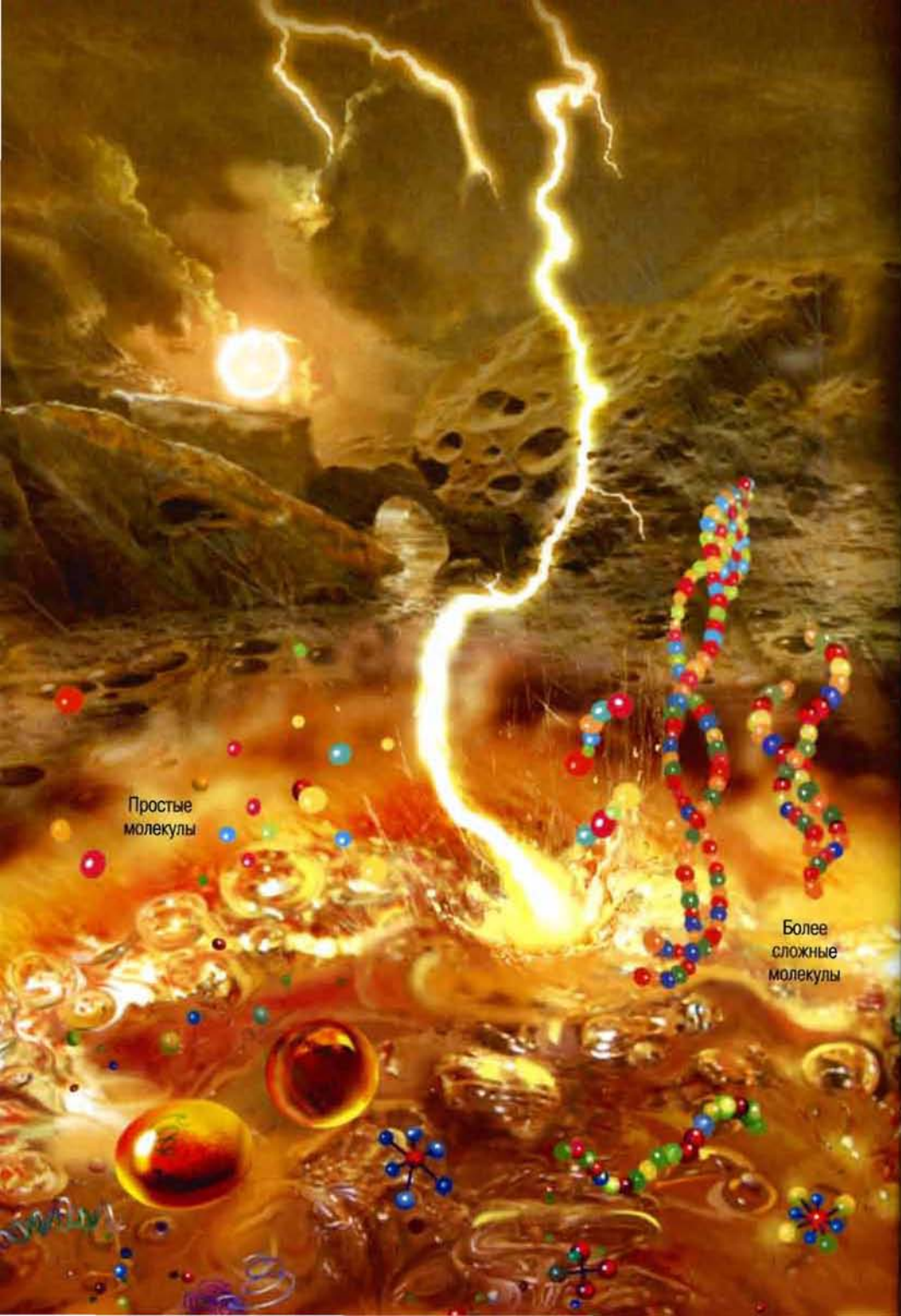
Однако не так уж важно, кто из них прав. Важно то, что и та и другая атмосфера состояла из четырех элементов — водорода (H), углерода (C), азота (N) и кислорода (O), и именно из этих же четырех элементов состоит на 99% любое живое существо.

Правда, в живом организме эти элементы не являются простой смесью простых молекул — как в атмосфере; нет, они соединяются между собой самым разнообразным и причудливым образом, образуя большие и очень большие, сложные и очень сложные молекулы *органических веществ*. И для того, чтобы на Земле появилась жизнь, в «первичном бульоне» должны были образоваться органические вещества — образоваться из простых атомов и молекул, которые составляли воду и атмосферу первозданной Земли и хаотично (беспорядочно) «свали» туда-сюда. Этот, самый ранний, этап происхождения жизни называют *химической эволюцией*.

«Первичный бульон».

Четыре элемента, из которых образовалось все живое:
В — водород, У — углерод, А — азот, К — кислород





Простые
молекулы

Более
сложные
молекулы

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ (ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ)

Простые химические реакции происходят так: разные молекулы сталкиваются друг с другом и обмениваются атомами, в результате чего из двух простых веществ — например, кислоты и щелочи — получаются два других простых вещества — соль и вода.

Однако для того, чтобы из простых молекул образовались более сложные, одного только столкновения и взаимобмена уже недостаточно — необходимы затраты энергии, причем немалые.

Дешевые и мощные источники энергии — это проблема, которая волнует человечество, можно сказать, с момента его появления. Ради получения энергии люди строят тепло- и гидроэлектростанции, создают термоядерные реакторы, изобретают солнечные батареи и т. п.

Но новорожденная Земля таких проблем не знала: энергии было в изобилии. Во-первых, ультрафиолетовые лучи, испускаемые Солнцем. Сейчас они лишь в небольшом количестве доходят до поверхности Земли, то есть до нас, потому что «застревают» в озоновом слое атмосферы. Озон — это газ, состоящий из тех же атомов, что и кислород, которым мы дышим, — то есть из атомов кислорода, только не из двух, а из трех. Озоновый слой висит над Землей на высоте 25 км.

Вторым источником энергии на первозданной Земле были вулканы, которые имелись в изобилии и извергались, по-видимому, непрерывно, давая тепловую энергию.

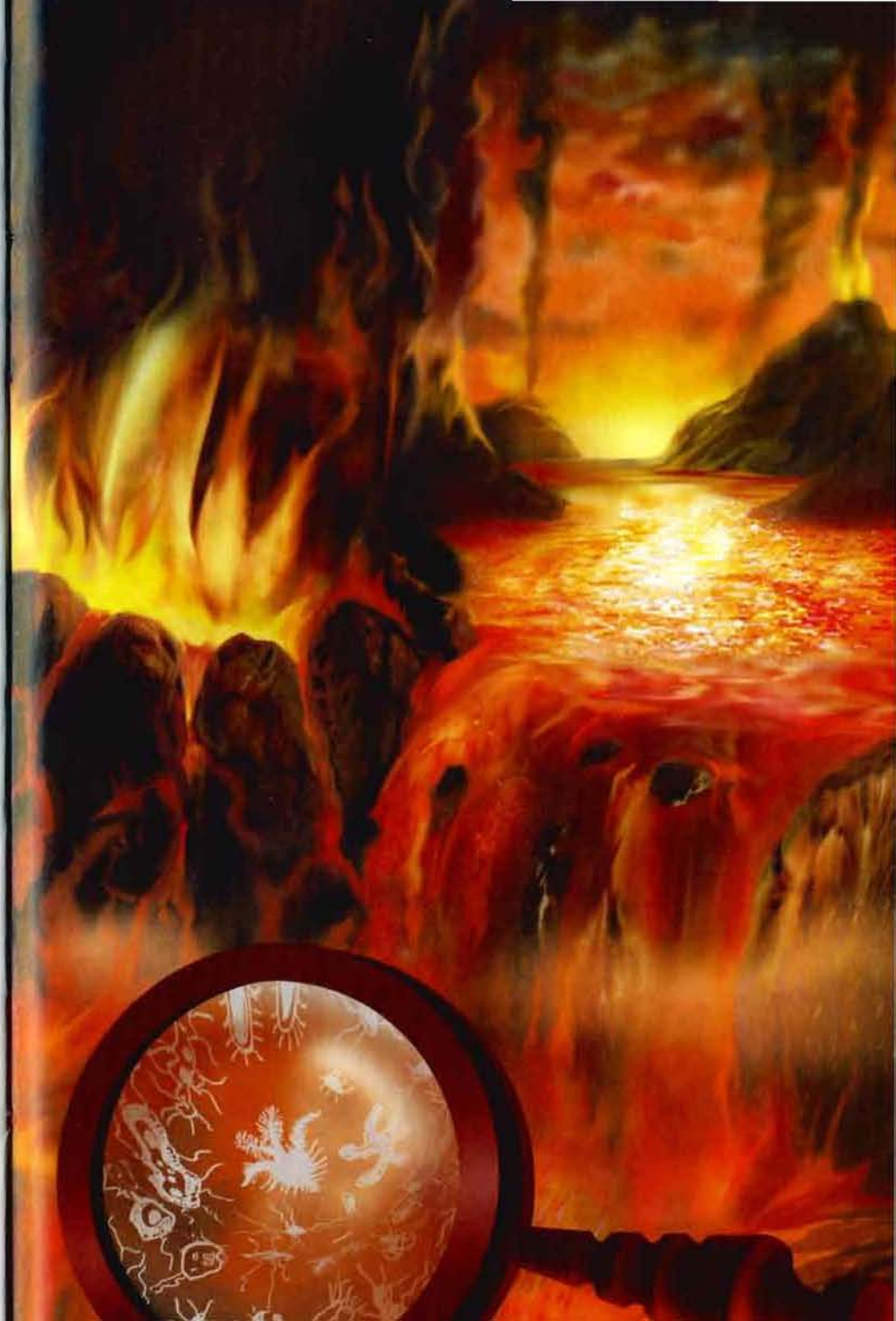
Третьим источником энергии являлась, собственно говоря, погода, которая в те времена на всем земном шаре оставляла желать лучшего; иными словами, это была нескончаемая гроза. Грозовые разряды — молнии — обеспечивали Землю электрической энергией.

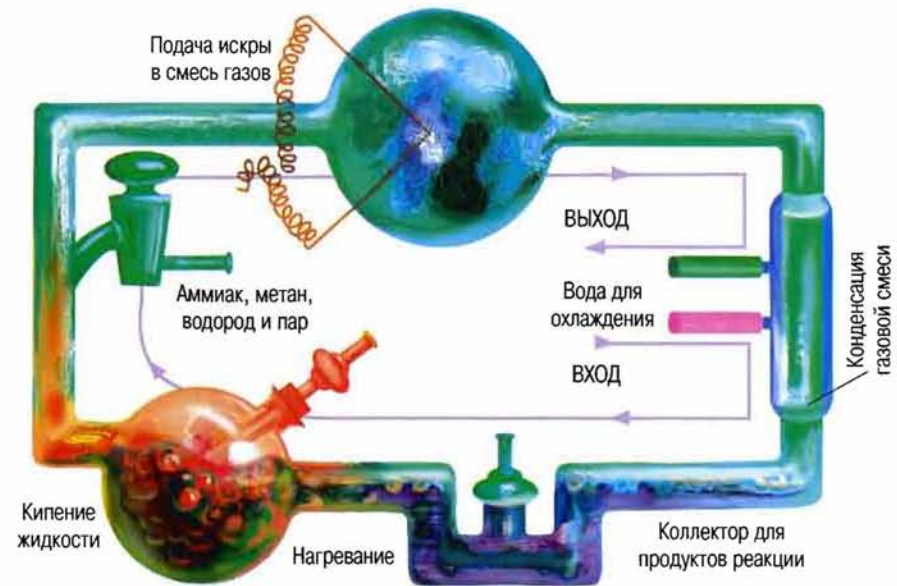
Четвертым видом энергии была радиация, интенсивность которой в те времена была гораздо выше, чем теперь. Ведь значительная часть первоначального запаса радиоактивных веществ распалась за миллиарды лет, прошедшие с момента образования Земли.

Таким образом, энергии на молодой Земле было с избытком. Поэтому на ней могли происходить сложные химические реакции: простые молекулы атмосферных газов и воды в какой-то момент, в каком-то месте случайно сплетались между собой таким образом, что в результате получались более сложные вещества — органические, из которых состоит все живое. К таким веществам относятся углеводы, жиры, белки и нуклеиновые кислоты.

Углеводы и жиры устроены попроще, чем белки и нуклеиновые кислоты, и могли получиться, так сказать, с одного захода. Белки и нуклеиновые кислоты так просто образоваться не могли, потому что это очень большие молекулы, состоящие из многих звеньев. Так что сначала, на **первом этапе химической эволюции** должны были образоваться эти звенья — «кирпичики». Для белков такими кирпичиками являются *аминокислоты*; для нуклеиновых кислот — *нуклеотиды*.

Некоторым ученым удалось отчасти воспроизвести этот этап в лабораторных опытах. В 1952 г. американский химик Стэнли Миллер добавил в стерилизованную воду смесь газов: водорода, водяного пара, аммиака и метана (то есть возможную «атмосферу» первозданной Земли). Все вместе Миллер в течение недели подвергал воздействию электрических разрядов, имитируя грозовые разряды, которые происходят в природе. Через неделю он исследовал, что у него получилось, и обнаружил, что в этом водном растворе образовались новые органические соединения, в основном очень простые, но среди них оказалось несколько





Опыт Миллера

аминокислот — «кирпичиков», из которых сложены белки — основное вещество живой ткани.

Другие ученые проводили подобные эксперименты со смесью углекислого газа, азота и водяного пара и подвергали эту смесь воздействию ультрафиолетовых лучей. И тоже в результате получали более сложные, чем исходные, органические соединения. Американский биохимик С. Поннамперума получил нуклеотиды — «кирпичики», из которых состоят нуклеиновые кислоты, еще один основной компонент живой ткани, не менее важный и не менее (а может быть, и более) сложный, чем белки. А кроме того, ему удалось получить АТФ — аденозинтрифосфорную кислоту, которая в живом организме является главным аккумулятором энергии.

На втором этапе химической эволюции кирпичики-аминокислоты должны были «построиться» так, чтобы получились белки. Без этого на Земле не могла бы возникнуть жизнь.

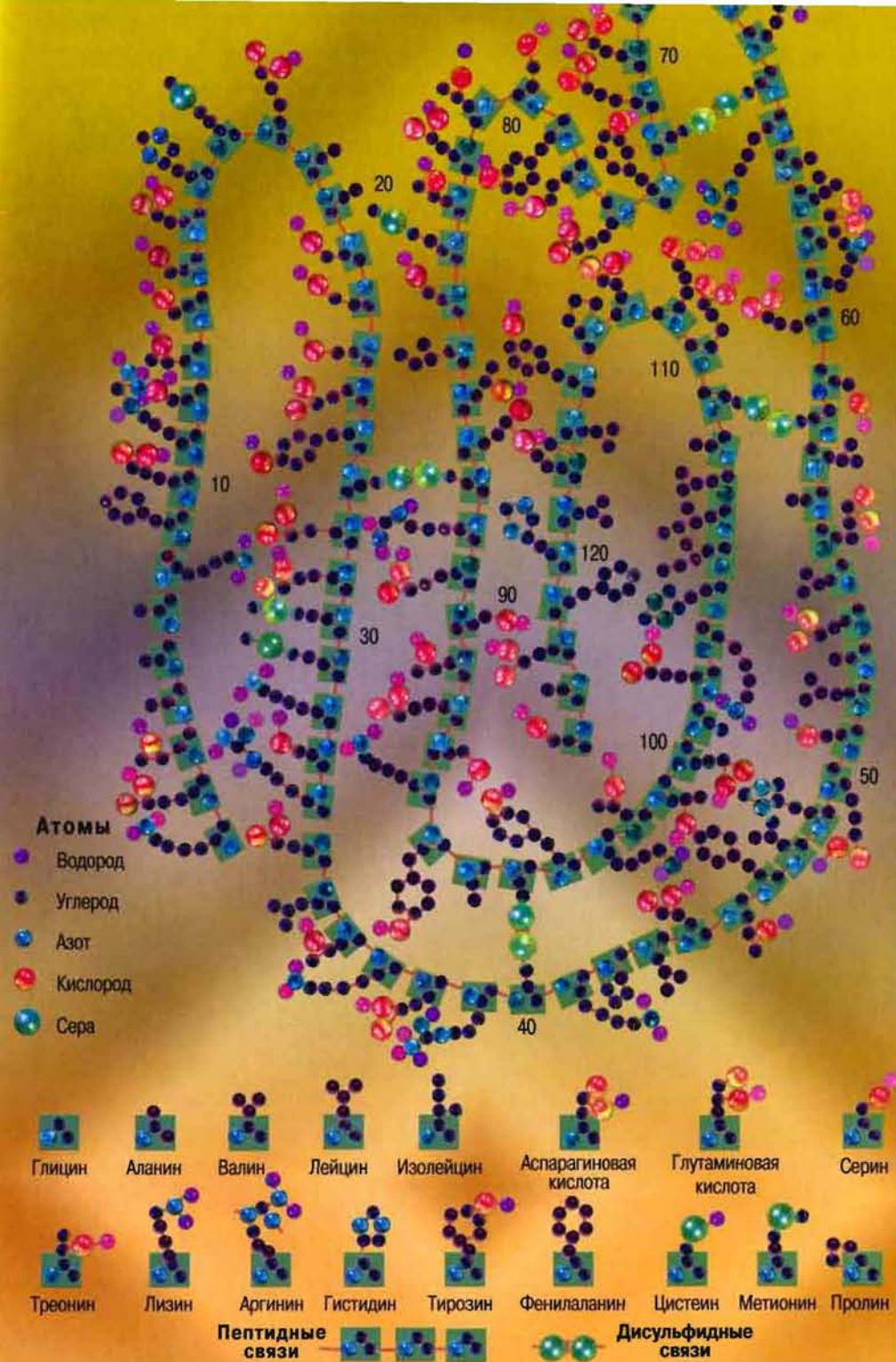
БЕЛКИ

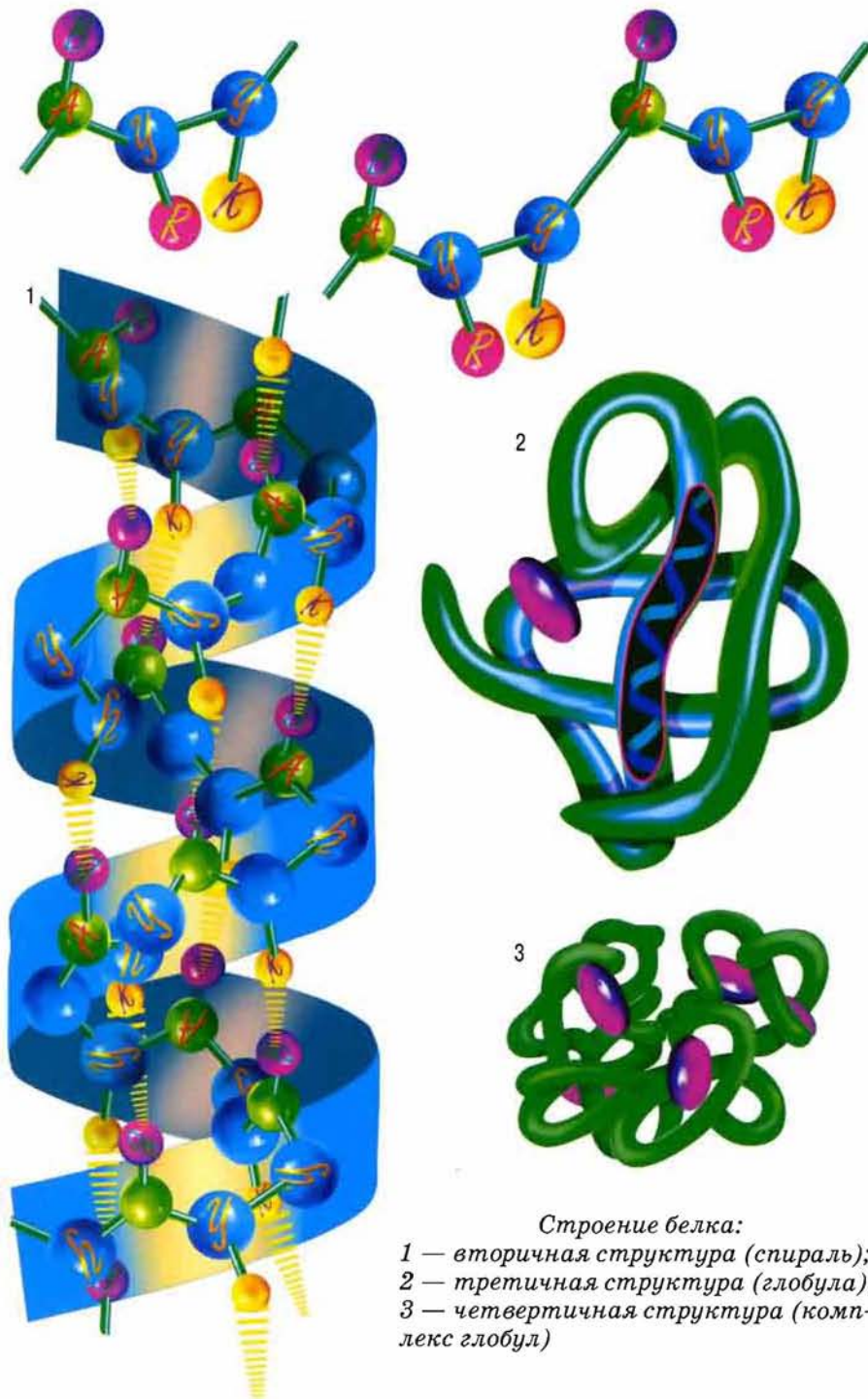
Что такое белки, и чем эти вещества отличаются от любых других?

Если сказать одним словом, то белок в живом организме — это все. Из белков построено наше тело, причем разные ткани — из разных белков. Например, в коже, сухожилиях, хрящах и костях содержится белок коллаген, в стенках кровеносных сосудов — белок эластин. Мышцы способны сокращаться только благодаря тому, что в них есть сократительные белки миозин и актин. Белки-гормоны управляют всеми жизненными процессами в организме, ростом и размножением. Без белков-ферментов невозможны никакие биохимические реакции (а живой организм остается живым только до тех пор, пока в нем каждую секунду осуществляется бесчисленное множество биохимических реакций). Транспортные белки переносят нужные вещества в различные ткани и органы; например, гемоглобин — это транспортное средство для кислорода и углекислоты. Есть в организме и белки-спасатели. Например, белок фибриноген, растворенный в крови; он бесцветен и невидим, но как только где-то повреждается кровеносный сосуд и возникает кровотечение, фибриноген в этом месте быстро превращается в белые нити фибрина и «затыкает» отверстие в стенке сосуда (словно ватным тампоном). А когда в организм попадает какой-то чужеродный агент (например, микроб), иммунная система вырабатывает для защиты от него антитела — а это тоже белки.

Всего в организме человека имеется более 5 миллионов типов белковых молекул. У каждого человека есть белки точно такие же, как у всех остальных людей: мужчин и женщин, детей и стариков, негров в Африке, индейцев в Америке, китайцев, эскимосов — всех, всех, всех; другие белки свойственны только этому человеку, но очень похожи на белки

Строение белка рибонуклеазы ►





его мамы, папы, брата или сестры. Точно так же обстоит дело со всеми животными и растениями: например, у каждого медведя есть общие «медвежьи» белки, а есть его «личные», и у каждой березы есть белки, свойственные всем березам, а есть характерные только для этой березы.

И для построения всех белков, какие только встречаются в живой природе, требуется всего лишь около 20 различных аминокислот! При этом число аминокислот в составе белка может быть любым — например, гормон окситоцин составлен всего лишь из девяти аминокислот, а белок гемоглобин, находящийся в эритроцитах (красных клетках крови), — из 600 аминокислот. Но все они относятся только к 20 «видам».

Как такое может быть? Но ведь в алфавите тоже только 33 буквы, а сколько слов из них можно составить! Правда, все-таки не миллионы, но ведь количество букв в слове ограничено, а количество аминокислот в белках — нет.

Последовательность аминокислот в белке называется *первичной структурой*. Кроме нее, белок имеет еще вторичную, третичную, а иногда и четвертичную структуру. *Вторичная структура* возникает потому, что большинство белков имеет вид спирали. Эта спираль может быть скручена в клубок (глобулу) — так образуется *третичная структура*. Некоторые белки, например, гемоглобин, представляют собой сложный комплекс из нескольких глобул — это *четвертичная структура*.

В живом организме из аминокислот постоянно строятся новые белки. Причем даже очень сложная молекула белка образуется в живой клетке всего за 2–3 секунды. Но для искусственного создания белка потребовались многолетние опыты и сложнейшая аппаратура, да и то на сегодня ученые научились создавать лишь некоторые, далеко не самые сложные белки. Очень трудно получить белок вне клетки!

Но еще более сложная задача — создать в лаборатории такие условия, какие предположительно были на древней Земле (когда не было никаких клеток, а уж тем более ученых), и посмотреть, не вмешиваясь в этот процесс, как белок образуется «сам».

Вот что сделал в этом направлении американский ученый профессор Сидней Фокс: смешал в колбе искусственно полученные аминокислоты и «запек» их в «вулканической лаве». Получились длинные белковоподобные молекулы-полимеры, цепочки из аминокислот, соединившихся друг с другом.

Нет, это не был полноценный белок, и из него нельзя было бы построить простейший живой организм, то есть структурную единицу живого — клетку. И тем не менее это получившееся вещество можно назвать «предживым». Во-первых, его, как оказалось, можно было есть, что и сделали не раздумывая лабораторные крысы, когда ученый «угостил» их результатами своих опытов. Во-вторых, когда профессор Фокс бросил комочек этого вещества в воду, а потом посмотрел в микроскоп, то увидел он следующее: этот «предбелок» собрался в капельки — *микросферы*. И эти капельки вели себя так, что можно было подумать, что они живые: съеживались, когда в воду добавили кислоту, сливались между собой и снова разъединялись (как бы делились) и даже окружали себя тонкой пленкой — мембраной, которая есть у настоящей клетки и которая нужна для того, чтобы не пропускать внутрь клетки вредные для нее вещества.

Еще раньше, до опытов Фокса, в 20-х гг. XX века, А. И. Опарин (о котором мы уже упоминали) предположил, что нечто подобное происходило на Земле, то есть что жизнь зародилась самопроизвольно из неживой (неорганической) материи в «первичном бульоне» (мировом океане). Он ставил опыты с высокомолекулярными органическими веществами и обнаружил, что они образуют в водной среде ка-

пельки, обособленные от этой самой среды. Опарин назвал эти капельки *коацерватами* (это слово в переводе с латыни означает «сгусток»).



Коацерваты

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Аминокислоты в белках, так же как буквы в словах, стоят в определенном порядке. Если в слове переставить местами буквы, получится новое слово



ДНК в клетке

(или бессмыслица). Так и в белках. Например, если в белке гемоглобине одну из 600 составляющих его аминокислот заменить «неправильной», то и гемоглобин получится «неправильный», настолько, что и кровяные шарики, в состав которых он входит, будут выглядеть не как шарики, а как серпы. Эта болезнь так и называется — серповидноклеточная анемия.

Откуда аминокислоты узнают, в каком порядке и количестве им «строиться», чтобы образовать нужный белок? Для этого в клетке существуют нуклеиновые кислоты — ДНК и РНК.

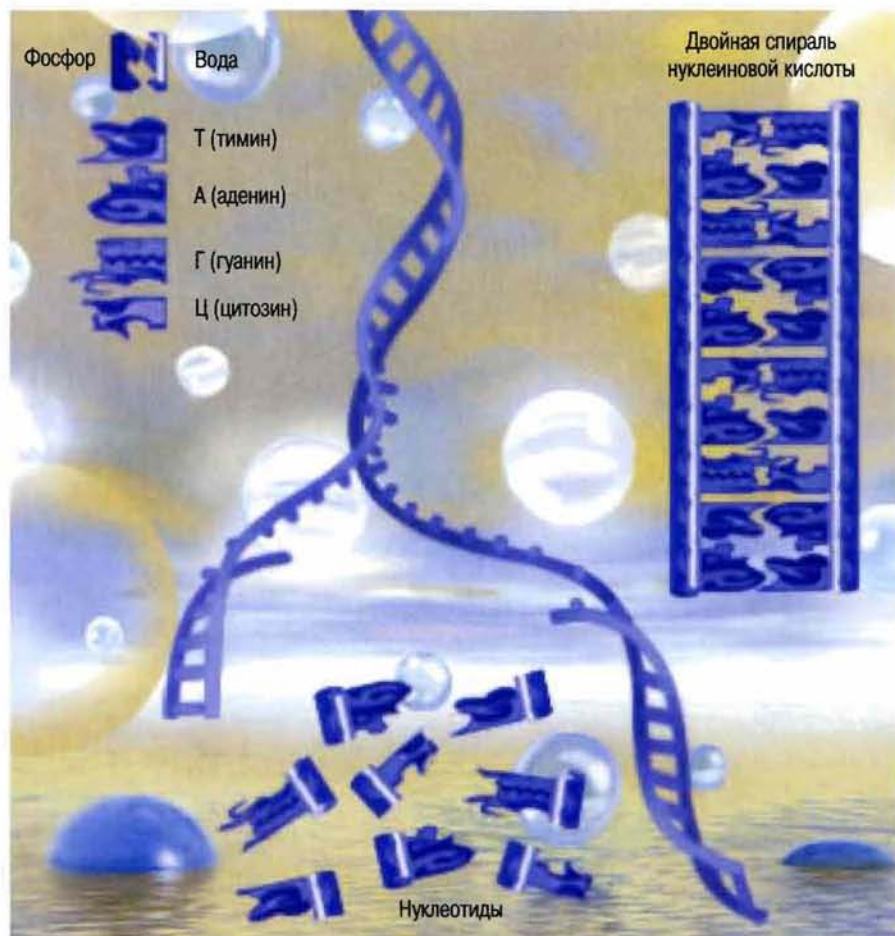
Нуклеиновые кислоты присутствуют в каждой клетке (в основном — в ядре) живого организма. Именно они «следят» за тем, чтобы при делении клетки получались в точности такие же дочерние клетки. Иными словами, только благодаря нуклеиновым кислотам у людей рождаются хоть и маленькие, но тоже люди (причем похожие на родителей), а у кошки — котята; из семян дуба может вырасти только дуб, а на яблоне осенью появляются именно яблоки, а не груши или персики. Ведь люди отличаются от других людей (а также от кошек и яблонь) только набором определенных белков, которые в свою очередь состоят из определенных аминокислот, выстроенных в определенном порядке. Этот самый порядок и контролируют нуклеиновые кислоты.

Это возможно потому, что молекулы ДНК совершенно особенные.

Первая особенность заключается в том, что молекула ДНК способна «самовоспроизводиться». Почему она на это способна — понять можно, если внимательно рассмотреть рисунок на стр.42. Как видите, молекула ДНК похожа на веревочную лестницу: «кусочки», из которых она состоит и которые называются *нуклеотиды*, соединяются между собой вдоль и поперек.

Теперь посмотрите, как устроены эти самые нуклеотиды. Некоторые «детали» у них одинаковые — сахар и фосфат. Третья же деталь, которая «торчит» вбок, как бы половинка «лестничной ступеньки», может быть четырех видов. При этом на рисунке видно, что не любые две половинки можно совместить, а только определенные — совсем как в трансформере или любом другом конструкторе.

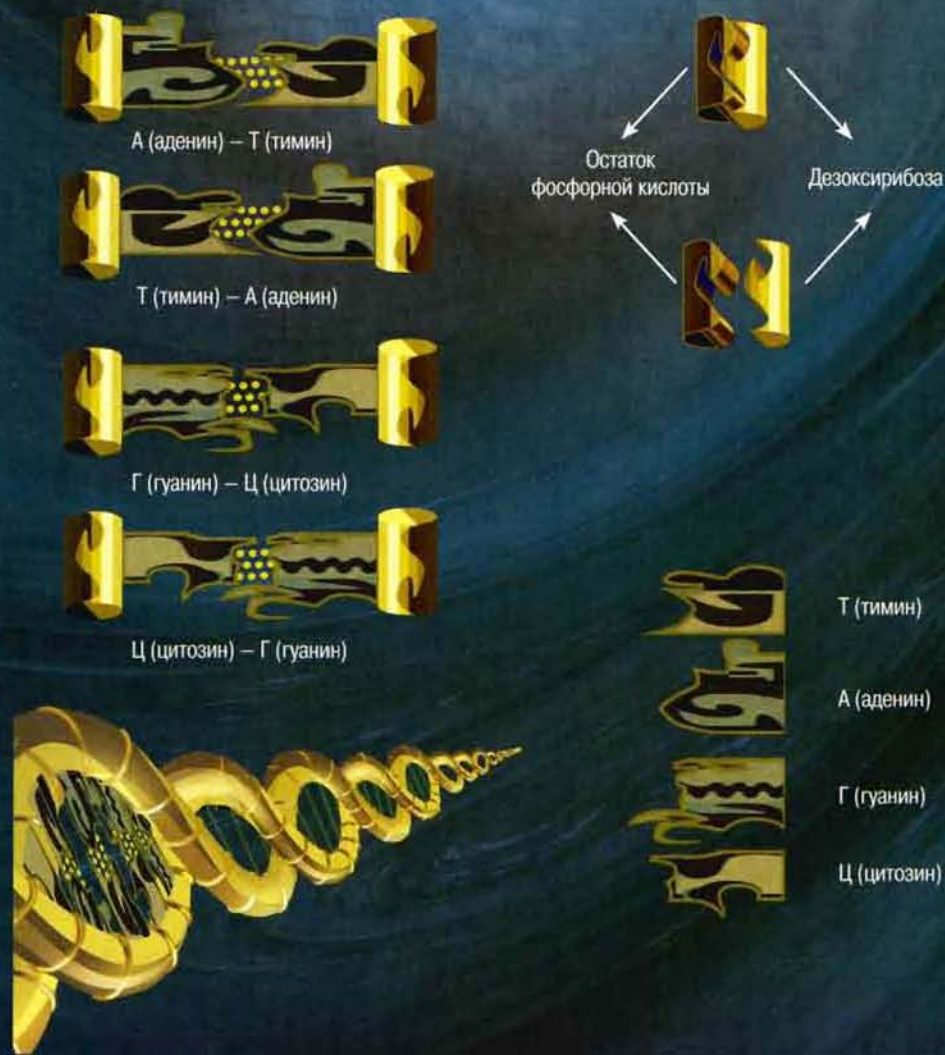
Нуклеиновая кислота разделяется, образуя две новые двойные спирали



Строение ДНК ►



АЗОТИСТЫЕ ОСНОВАНИЯ



Представьте себе, что у вас есть трансформер (или конструктор) с деталями шести видов: «сахара», «фосфаты» и четыре вида «полуступенек», и вы собрали такую «лестницу». Теперь разберите ее вдоль (а так и происходит, когда клетка делится), а затем, используя оставшиеся детали, постройте каждую половину лестницы. У вас получатся две лестницы, причем обе точно такие же, как была первая: разные детали (которых четыре вида) будут стоять в том же порядке.

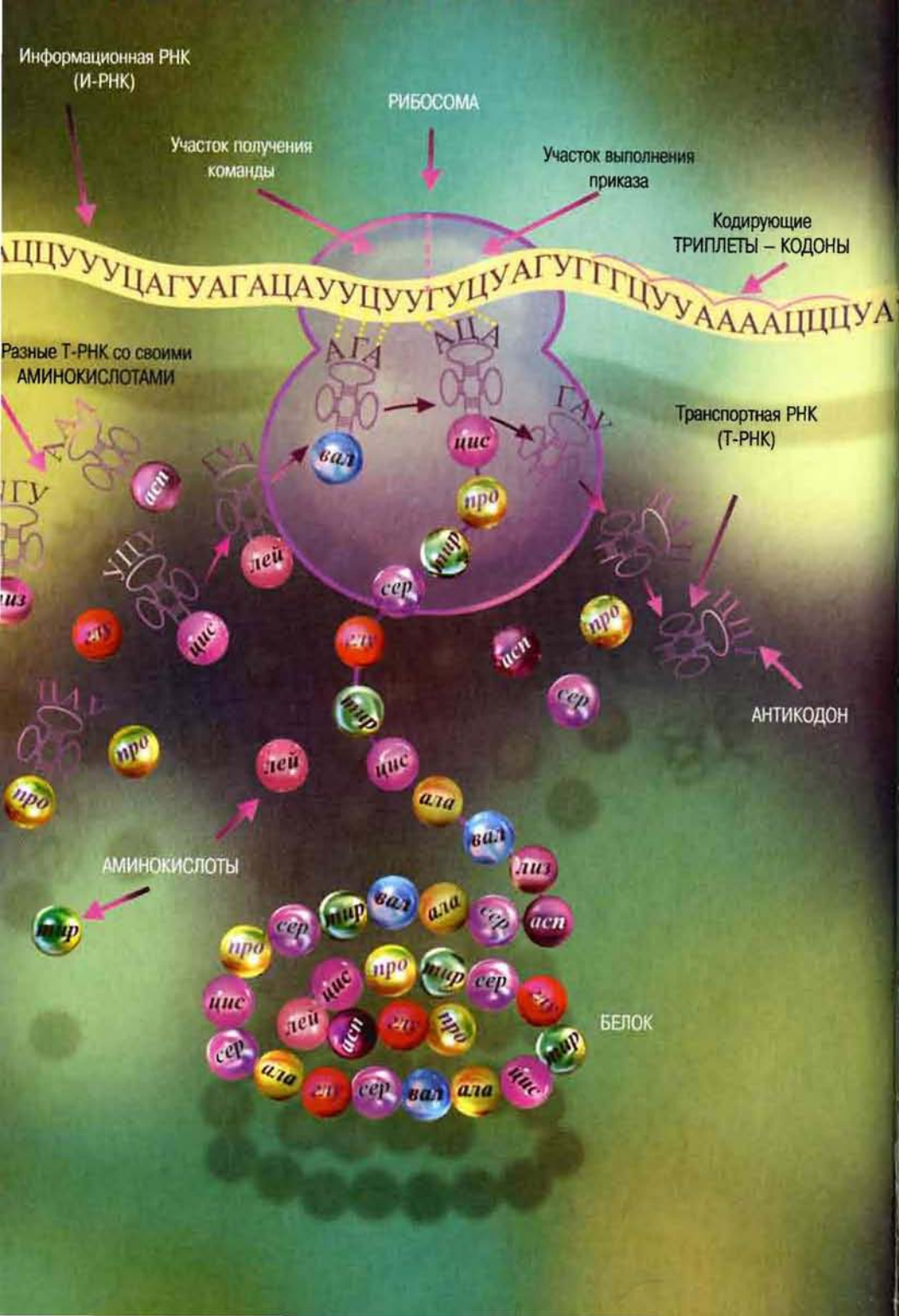
Вторая особенность молекулы ДНК — то, что именно от этого порядка зависит и порядок аминокислот в строящемся белке. Получается, что ДНК «знает», какой нужно создать белок, то есть какие аминокислоты, в каком порядке и в каком количестве надо пристроить друг к другу. Откуда она это знает — пока остается загадкой для ученых, хотя механизм передачи этого «знания» (от ДНК к аминокислотам в клетке) уже разгадан.

Решающий переход от неживой материи к живой (или, можно сказать, от химии к биологии) произошел тогда, когда возникла эта связь между ДНК и белком и образовался «белково-нуклеиновый комочек». Отныне белок в природе уже не мог получиться без ДНК, но и ДНК не могла «самовоспроизводиться» без совершенно особых белков, которые помогали ей сначала делиться, а потом достраиваться и которые она сама же и «настроивала».

Однако такой «белково-нуклеиновый комочек» еще нельзя считать живым организмом. А кого можно?



Трехмерная структура РНК-подобного полинуклеотида



КЛЕТЧАТЫЙ МИР

Все живые организмы состоят из клеток. Клетка — это самая маленькая частичка жизни, и живой мир сложен из клеток наподобие объемной мозаики.

При этом некоторые живые организмы состоят из одной-единственной клетки, и они так и называются — одноклеточные. Таковы, например, амёбы, инфузории, некоторые водоросли и др. Но в большинстве своем организмы «составлены» из миллионов и миллиардов клеток.

Клетки все очень разные по внешнему виду, да и по размерам — хотя все равно они все такие маленькие, что увидеть их можно только под микроскопом. Различаются между собой не только клетки разных организмов, но и клетки одного организма. Это и понятно, ведь они выполняют разную работу. Мышечные клетки должны сокращаться, клетки, из которых состоят железы (слюнные, слезные и т. п.), — вырабатывать какую-нибудь жидкость (слюну, слезу и т. п.); нервные клетки должны передавать сигналы в любую точку тела, и поэтому они имеют длинные отростки; красные клетки крови — эритроциты — переносят кислород всем органам, поэтому они свободно «плавают» в кровяном русле. Такие клетки одинакового вида, «делающие общее дело» в большом организме, называются *тканями*.

Причем интересно, что, например, мышечные клетки человека несравненно больше отличаются от его же нервных клеток, чем от мышечных клеток, скажем, кошки или слона.

Правда, весьма существенно различаются клетки растений и клетки животных, так как они разными способами получают из окружающей среды питательные вещества и энергию. Если животному приходится для этого есть другой живой орга-

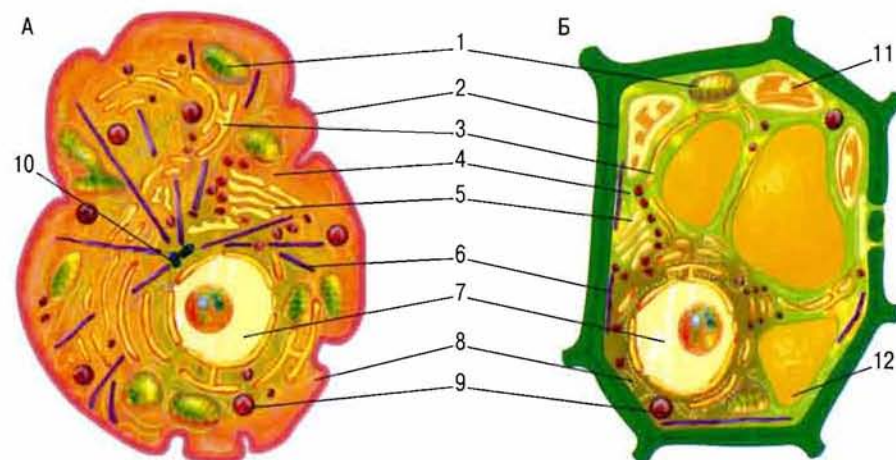
низм, то растению достаточно почвы и солнечного света.

Но все-таки клетки, при всем их кажущемся разнообразии, устроены по одному плану. Потому что главная задача и работа клетки — это прожить положенную ей жизнь и дать потомство, то есть — поделиться на две клетки.

Для выполнения этой задачи в клетке имеются разные «маленькие органы» — *органеллы*.

Разновидности клеток:

1 — гладкомышечная клетка кишечника человека; 2 — клетки поджелудочной железы человека; 3 — клетка Пуркинье мозжечка крысы; 4 — чувствительная клетка спинномозгового ганглия человека; 5 — жировая клетка из подкожной клетчатки крысы; 6 — эритроциты верблюда; 7 — эритроциты лягушки; 8 — эритроциты человека; 9 — клетки листа элодеи; 10 — большие пирамидные клетки коры головного мозга человека; 11 — хроматофор аксолотля



Строение клетки (под электронным микроскопом)

А — животная клетка; Б — растительная клетка:

1 — митохондрия; 2 — плазматическая мембрана; 3 — эндоплазматическая сеть; 4 — цитоплазма; 5 — аппарат Гольджи; 6 — волокна цитоскелета; 7 — ядро; 8 — рибосомы; 9 — лизосомы; 10 — центриоль; 11 — хлоропласт; 12 — вакуоль

Прежде всего, *ядро*. В нем содержится наследственная информация (молекулы ДНК). Только благодаря этой информации клетка делится на две точно такие же клетки, как она сама.

У каждой клетки обязательно есть *мембрана* — оболочка, которая отделяет клетку от всех других клеток (и не-клеток тоже). У животной клетки она довольно тонкая; растительная же клетка имеет толстую клеточную стенку, так как дополнительно покрыта еще и плотным слоем целлюлозы или другого подобного вещества.

Само вещество клетки, заключенное в мембрану, называется *цитоплазма*.

Вся цитоплазма пронизана *эндоплазматической сетью*. Это на самом деле сеть: всевозможные трубочки, мешочки и цистерны, связанные между собой канальцами. Эндоплазматическая сеть является,

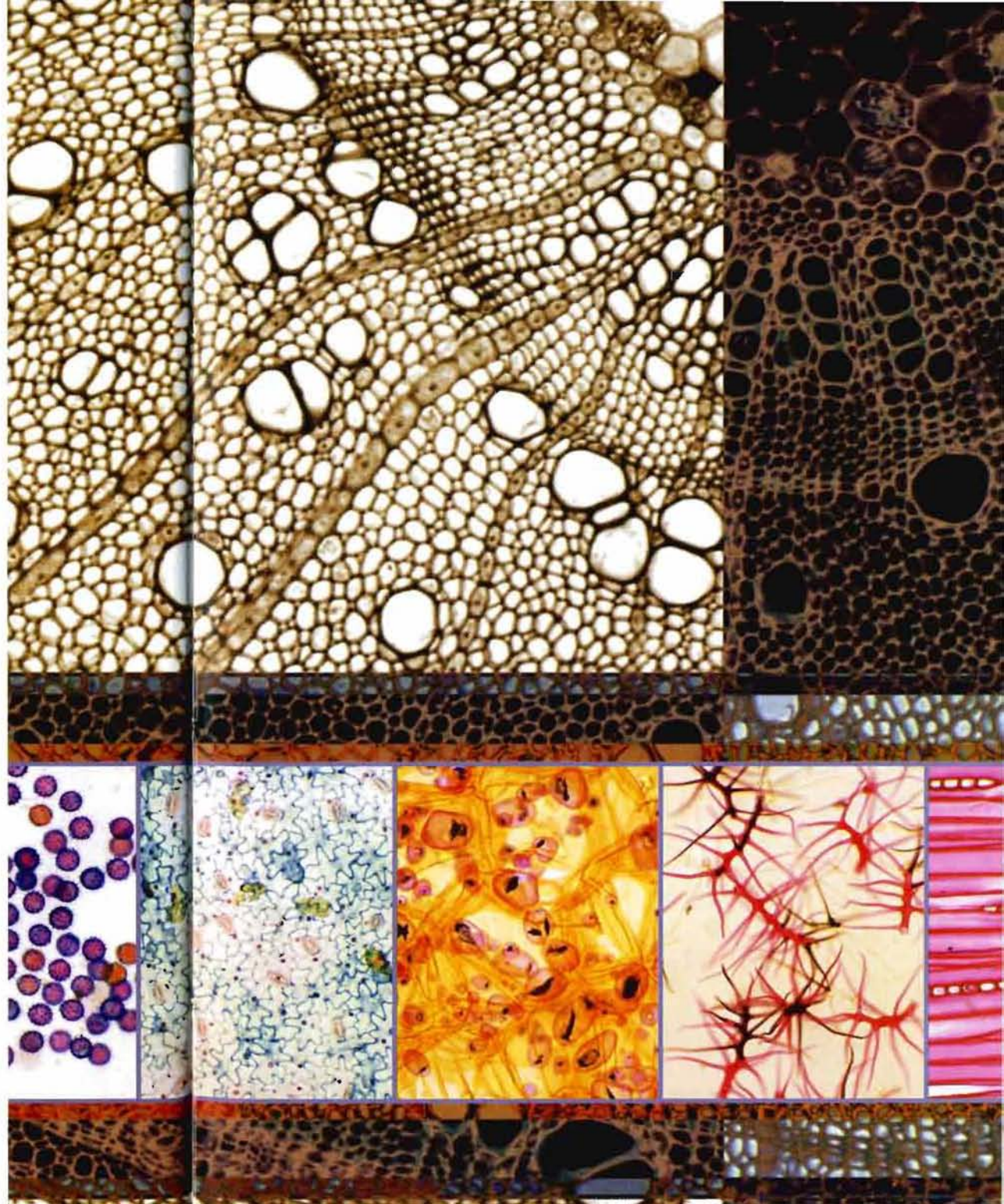
по сути, и «общественным транспортом», и «телефоном», и «телеграфом» клетки.

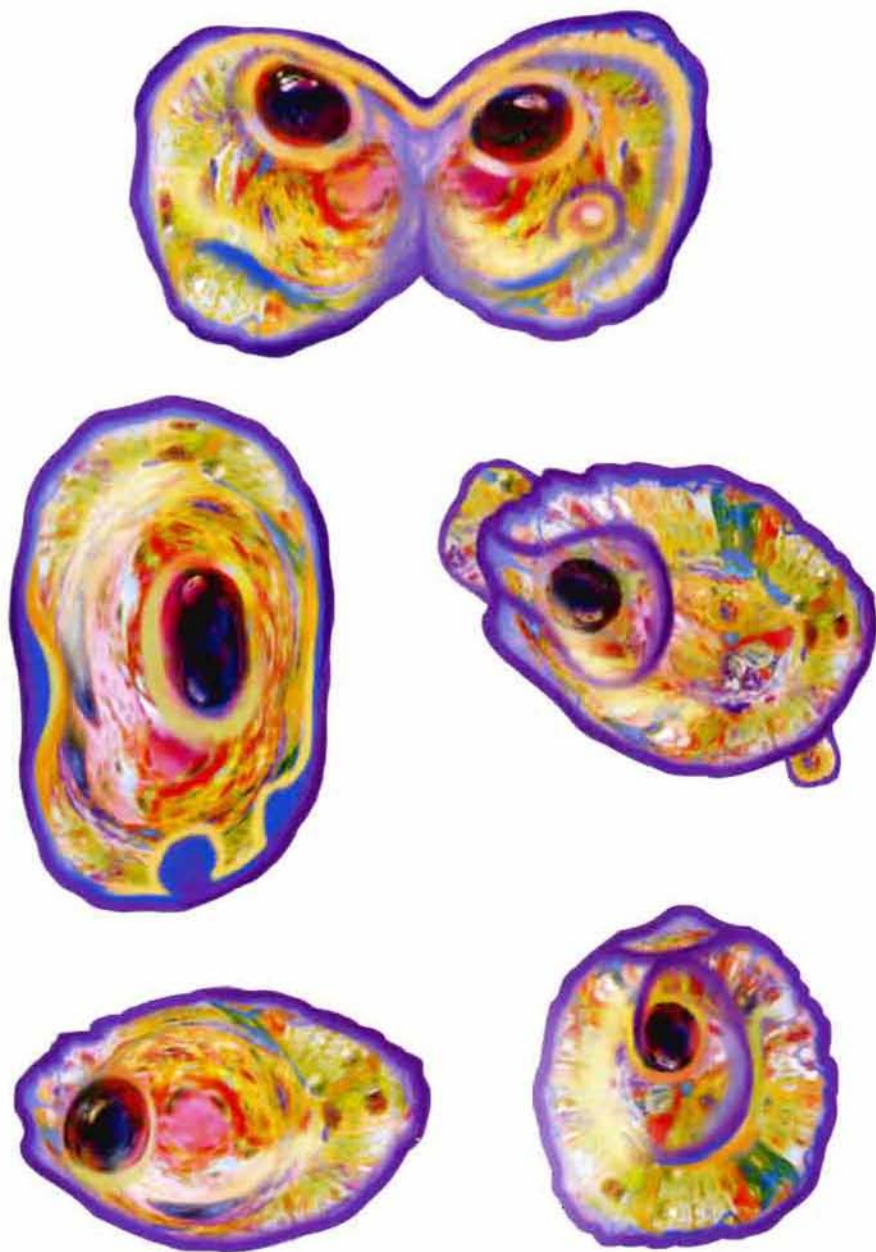
В каждой клетке есть также *митохондрии* — овальные, палочковидные (или другой формы) образования, которые можно назвать электростанцией клетки. Митохондрия имеет две мембраны: наружная — ровная и гладкая; внутренняя образует многочисленные складки — кристы. На этих кристах и происходит синтез АТФ — главного источника энергии для клетки.

Имеется у клетки и своя «пищеварительная система» — *лизосомы*. Это пузырьки разнообразной формы и размеров, наполненные различными ферментами, которые способны расщеплять («переваривать») крупные молекулы питательных веществ, поступающих в клетку. А когда клетка «стареет», эти ферменты разрушают и ее саму, вызывая ее гибель.

В растительной клетке присутствуют специальные «органы» — *хлоропласты*, в которых происходит фотосинтез. Они устроены очень сложно, и подробнее о них (а также о других «органах» клетки) вы узнаете на уроках биологии.

Итак, о возникновении жизни можно говорить начиная с того момента, когда появилась первая ее мельчайшая частичка — клетка. Химическая эволюция закончилась. С этого времени все вновь созданные органические вещества уже не имели никаких шансов стать клеткой, то есть — жизнью, потому что они немедленно поедались новыми хозяевами Земли.





Ископаемые остатки организмов из Биттер-Спрингс
(Центральная Австралия)

ПЕРВЫЕ КЛЕТКИ — ЕЩЕ БЕЗ ЯДРА

Это случилось, считают ученые, примерно 3,5–4 миллиарда лет назад. Комочек, состоящий из молекулы РНК (а может быть, ДНК) и «насинтезированных» ею белков, обзавелся наружной оболочкой — мембраной, состоящей из жироподобных веществ — *липидов*. В результате получилось нечто, что уже можно было назвать живым организмом. Это нечто ученые считают первой, очень примитивной клеткой и называют такую клетку «прокариот» («до-ядерная»), потому что, в отличие от настоящих клеток, из которых состоит все живое, она не имела ядра.

Тем не менее эти самые прокариоты были уже вполне живые.

Во-первых, они питались. Пищей им служили полипептиды, которые беспрестанно образовывались из аминокислот в «первичном бульоне», — примерно такие же, как те, что профессор Фокс получил в своих опытах и скормливал крысам. Еще такие прокариоты могли питаться своими несостоявшимися собратьями — «белково-нуклеиновыми комочками», которые не успели обзавестись наружной мембраной и поэтому были совершенно беззащитны. Организмы, которые питаются за счет других организмов, называются *гетеротрофными* (от греческих слов *heteros* — «другой» и *trophe* — «пища»). Гетеротрофными являемся и мы с вами, и вообще все животные.

Во-вторых, живой организм вообще-то должен дышать. За счет дыхания он получает кислород, который необходим для того, чтобы в результате сложных химических реакций в клетке образовался собственный источник энергии, своего рода аккумулятор. Такими аккумуляторами являются молекулы АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты).

Дышать прокариоты, конечно, не могли — на Земле тогда не было кислорода. Однако и сейчас есть организмы, которые обходятся без кислорода, и называются они *анаэробные*. Они получают энергию, необходимую для жизни, не за счет дыхания, а за счет брожения. Этот способ гораздо менее эффективный, чем дыхание, — примерно в 15–20 раз, но все-таки жить можно и так. Так что прокариоты хоть и не дышали, но «бродили».

В-третьих, прокариоты размножались, создавая себе подобных, ведь у них была для этого ДНК — в виде единственной молекулы, замкнутой в кольцо и «плавающей» посередине цитоплазмы.

Жили прокариоты в водоемах, вероятно, на глубине 10–50 м. Десятиметровый слой воды может защитить от губительного действия ультрафиолетовых лучей.

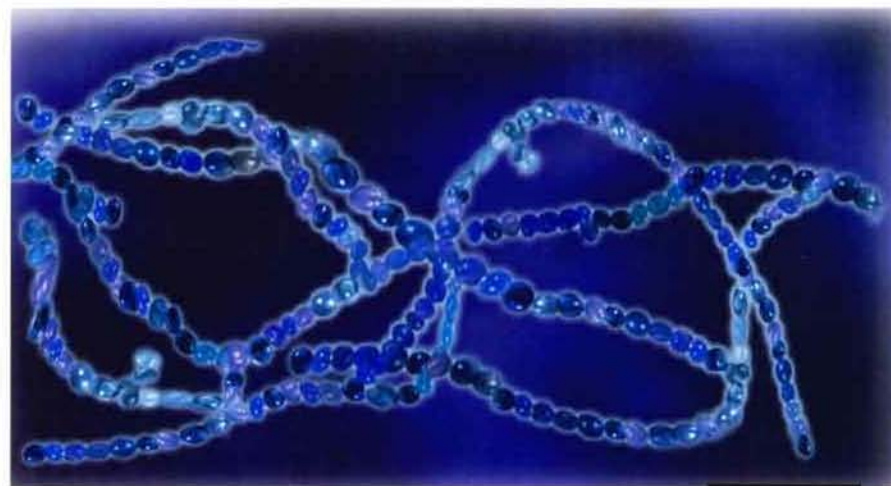
Прошло не так уж много времени (конечно, по космическим масштабам) — всего лишь несколько сотен миллионов лет — и прокариотов на Земле стало очень много, а поскольку все они ели, запас еды (органических соединений) в «первичном бульоне» постепенно истощался. Жить становилось все труднее, и, как это будет повторяться впоследствии на всех этапах эволюции, выживали те, кому удавалось лучше приспособиться к изменившимся условиям. (Это называется *естественный отбор*.) Такие особи жили дольше, а значит, успевали оставить больше потомков, которые, как и все дети, обладали качествами родителей.

Некоторые прокариоты решили, что не стоит ждать «милостей» от природы. Они перестали гоняться за готовыми органическими веществами и научились сами создавать их из воды и углекислого газа. А поскольку для этого требуются немалые затраты энергии, они научились заодно «со-

вершать» такие химические реакции, при которых выделяется лишняя энергия, и тогда уже пускать эту энергию на строительство необходимых им органических веществ. Среди современных бактерий тоже есть такие организмы — они используют для подобных реакций либо азот атмосферы (азотфиксирующие бактерии), либо железо (железобактерии, или, иначе, ферробактерии), либо сероводород (серобактерии). Называются все они *хемосинтезирующие* бактерии.

Нашлись среди прокариотов и такие, которые пошли еще дальше: в качестве источника энергии, необходимой для построения сложных веществ из простых, они стали использовать солнечный свет, да к тому же еще и выделять кислород в атмосферу. Иными словами, они научились *фотосинтезу*. Эти прокариоты получили название *цианобактерии*, но чаще их называют *сине-зелеными водорослями*.

Собственно, именно сине-зеленым водорослям мы должны быть благодарны за то, что живем. Именно они первыми приступили к созданию такой атмос-



Колония сине-зеленых водорослей



Колония сине-зеленых водорослей

феры, в которой могут существовать другие живые организмы. С тех пор так поступают все растения: забирают из атмосферы углекислый газ и превращают его в кислород, который отдают обратно в атмосферу.

Наконец, наиболее «консервативные» прокариоты ничего не стали менять в своей жизни (то есть в способе питания) и положились на судьбу. Судьба, впрочем, оказалась к ним благосклонна: вокруг них теперь были гораздо более «питательные» органические вещества, создаваемые сине-зелеными водорослями и хемосинтезирующими бактериями. Вообще с этого времени источником органических веществ в окружающей среде были уже только сами живые организмы (как в прямом смысле слова живые, так и умершие).

Сегодня мы называем всех прокариотов (кроме сине-зеленых водорослей) бактериями. Бактерии

все разные — и по форме тела, и по способу питания. Некоторые, подобно растениям, способны к фотосинтезу и ведут совершенно «самостоятельный» образ жизни — то есть не нуждаются в других живых организмах, а используют энергию солнечного света. Правда, в отличие от растений (и сине-зеленых водорослей), они не выделяют кислород в атмосферу. Другие используют для жизни простые неорганические вещества — аммиак, соединения серы или железа. Третьим — таких большинство — необходимы органические вещества — углеводы, белки, жиры. Причем лишь немногие из этих бактерий такие «вредные», что вызывают различные заболевания у человека и животных.

По потребности в свободном кислороде (то есть в дыхании) бактерии тоже различаются. По этому признаку их можно разделить на три группы.

Сине-зеленые водоросли



Аэробным бактериям кислород необходим. Анаэробным — он не нужен и даже может быть вреден. А некоторым все равно, есть кислород или нет, они могут выжить и в кислородной, и в бескислородной среде. Их называют *факультативные анаэробы*.

Но среди первых бактерий аэробов не было, потому что не было еще кислорода в атмосфере.

По форме бактерии бывают шаровидные (кокки), палочковидные (бациллы) и извитые (вибрионы, спириллы).

Сине-зеленые водоросли

Сине-зеленая водоросль — это одна-единственная клетка, то есть такой студенистый шарик диаметром 17–20 микрон (один микрон — это одна тысячная миллиметра). Клетка имеет толстую многослойную стенку, а иногда еще и «одета» в своеобразный слизистый чехол. И такая малютка умеет превращать внутри себя простейшие неорганические соединения в сложнейшие органические. Для этого ей необходимы только вода, углекислый газ и солнечный свет. В цитоплазме клетки сине-зеленой водоросли свободно лежат мембраны, содержащие хлорофилл и дополнительные пигменты. У многих клеток есть также вакуоли, наполненные азотом, которые регулируют плавучесть клетки и позволяют ей «парить» в толще воды.

Жили сине-зеленые водоросли и «одинокими» клетками, и нитчатыми колониями, которые представляют собой цепочки, образовавшиеся в результате последовательного деления клеток в одном направлении.

Сине-зеленые водоросли благополучно «дотянули» до наших дней и почти не изменились. Они предпочитают в основном пресноводные водоемы, но вообще-то живут везде. Еще и сегодня они первыми

осваивают безжизненные прежде места — вулканические острова, лавовые потоки и т. п. Некоторые из них очищают воду — за счет того, что питаются про-



Сине-зеленые водоросли:
1, 2 — сверлящие; 3, 4 — туфообразующие

дуктами гниения; многие входят в состав лишайников и планктона.

Ископаемые прокариоты

Многоклеточный организм, если он не имеет скелета, как правило, не оставляет после себя никаких следов. И даже организм, имеющий скелет, как мы уже говорили, совсем не обязательно будет найден в виде ископаемого. Что же говорить о таком «ископаемом», как одна клетка!

Но все-таки ученым повезло. Дело в том, что иногда, очень редко, «мягкие» организмы после своей смерти оказываются захороненными в иле так, что разлагаются очень медленно и их тела постепенно замещаются твердым веществом (кремнем). В этом случае есть шанс их найти — вернее, случайно «наткнуться» на них.

Самые древние живые организмы — сине-зеленые водоросли и бактерии — обнаружены в археозойских породах, имеющих возраст 3,1–3,8 млрд лет, в различных районах земного шара — Гренландии, Южной Африке, Западной Австралии. Так, в кремнистых сланцах Свазиленда (Восточный Трансвааль, Южная Африка) встречаются разные микроскопические структуры. Одни имеют форму шариков диаметром 17–20 микрон — это сине-зеленые водоросли; другие — форму палочек длиной 0,5–0,7 микрон и толщиной 0,2–0,3 микрон — это бактерии.

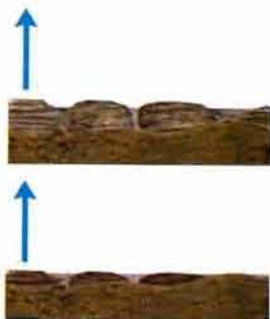
И все-таки про все эти находки нельзя сказать точно, что они — ископаемые, то есть когда-то были живыми организмами. Может быть, это какие-то причуды неживой природы. Но к счастью, есть находки другого рода. Оказывается, сине-зеленые водоросли умели выделять известь и строить нечто вроде современных коралловых рифов. Эти их постройки называются *строматолиты*, что в переводе с греческого означает «ковровый камень».



Ископаемые остатки организмов из формации Ганфлинт (Канада)



Так, в 1950 г. возле озера Верхнее американский биолог Элсо Баргхоорн нашел следы окаменевших колоний сине-зеленых водорослей в породах, датированных возрастом 1,9–2 миллиарда лет. Здесь есть довольно разнообразные микроорганизмы: и нитчатые, и одноклеточные.



Образование
строматолитов



Строматолит

НОВЫЕ КЛЕТКИ — ТЕПЕРЬ С ЯДРОМ (ЭУКАРИОТЫ)

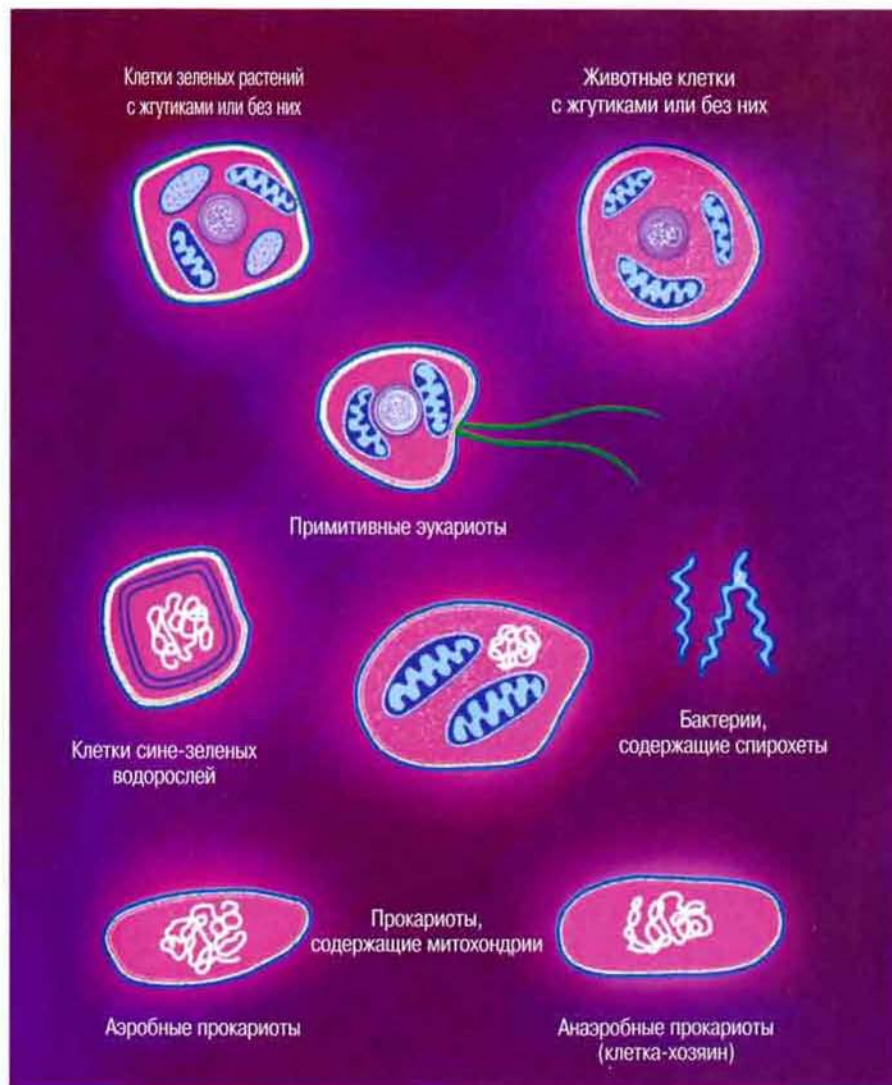
Ранний протерозой недаром называют «веком сине-зеленых водорослей». Они были, можно сказать, хозяевами Земли и трудились вовсю. Производимый ими кислород выделялся в атмосферу. Поначалу он в ней не задерживался надолго, а использовался как окислитель в различных химических реакциях. В частности, такими пользователями были ферробактерии, — «делающие» из железа железные руды. Именно в промежутке 2,2–1,9 миллиарда лет, считают ученые, сформировалась основная масса железозорудных толщ на Земле.

Нитчатые сине-зеленые водоросли, помимо кислорода, активно образовывали также строматолиты, что привело к формированию огромных толщ карбонатных пород.

Сама Земля тоже «не дремала»: извергались вулканы, сходились и расходились огромные пласты земной коры, образуя новые материки, гремели грозы... Прокариотам надо было как-то приспосабливаться к этому изменчивому миру, и они продолжали развиваться.

И вот примерно 1,3 миллиарда лет назад (а может быть, даже раньше) произошло великое событие: образовались новые живые существа — *эукариоты*. По поводу того, как это случилось, мнения ученых расходятся. Некоторые считают, что эукариот получился в результате постепенного усложнения прокариота. Однако большинство ученых полагают, что эукариот возник из *симбиоза* (то есть совместного существования) разных прокариотов. В крупной клетке поселились более мелкие клеточки, которые впоследствии превратились в различные «органы» клетки-хозяина (митохондрии, хлоропласты и др.). А может быть, это было так: некоторые крупные прокариоты стали такие «умные», что, заглотив, например, сине-зеленую

водоросль, «решили» не переваривать ее, а оставить внутри себя как есть. Сине-зеленая водоросль продолжала заниматься своим делом: создавать органические вещества — то есть пищу — почти что из ничего,



Происхождение эукариотов в результате симбиоза прокариотов

и клетке-хозяину это было очень удобно (она ведь тоже могла использовать эти вещества). Да и сине-зеленой водоросли было неплохо: внутри большой и «сильной» клетки она была лучше защищена



Процесс эволюции клетки путем объединения соседних клеток

от разных вредных внешних факторов (в том числе и от других больших, но не таких «умных» клеток).

Через какое-то время (возможно, всего лишь в пределах сотни миллионов лет) в среде одноклеточных жителей нашей планеты произошел «раскол». Три разные группы организмов жили по-разному и в результате пошли тремя разными путями.

Первые стали водорослями, причем гораздо более совершенными, чем сине-зеленые, — ведь это были нормальные, настоящие клетки с ядром. Их так и называли — «настоящие водоросли», а еще их называют зеленые водоросли (потому что они и на самом деле зеленые). Немного позже (а может быть, почти одновременно) появились красные и бурые водоросли. Эта группа одноклеточных организмов положила начало царству растений.

Вторые стали грибами — конечно, не такими, которые мы собираем в лесу, никаких ножек и шляпок у них поначалу не было. Это были низшие грибы, одноклеточные. Сейчас тоже есть такие — это муковые плесени и дрожжи.

Третьи стали животными — сначала тоже одноклеточными.

Так были заложены три царства, которые имеются и сейчас: царство растений, царство животных и царство грибов. Только все эти царства были представлены тогда лишь одноклеточными организмами.

Что это были за организмы — можно лишь предполагать. Скорее всего, они были похожи на самых простых одноклеточных животных, живущих сегодня, которые относятся к классам саркодовые или жгутиковые (жгутиконосцы). В последние годы эти два класса объединяют в один тип — саркожгутиковые.

Жгутиконосцы, конечно, не известны в ископаемом состоянии — ведь у них нет скелетов, и от них ничего не могло сохраниться. Однако ученые предполагают, что это очень древние существа.



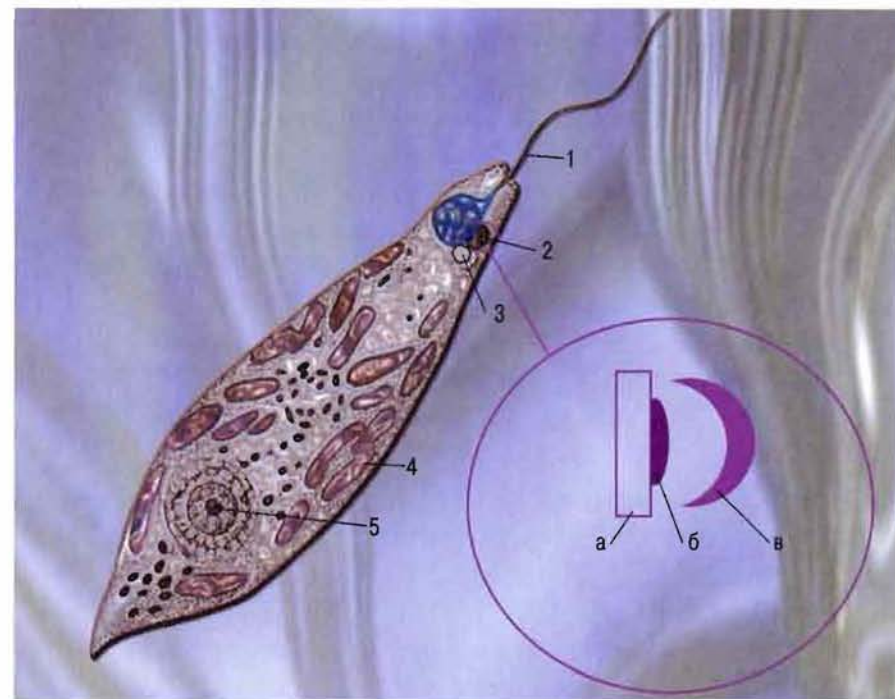
Бурые водоросли:

1 — каллитамнион; 2 — саргассум; 3 — порфира; 4 — делессерия; 5 — ламинария; 6 — родимения; 7 — фукус; 8 — падина; 9 — одонतालия

Во-первых, среди жгутиконосцев есть такие виды, которые нельзя отнести ни к животным, ни к растениям. Например, эвглена зеленая: в ее цитоплазме имеется большое количество хроматофоров, содержащих хлорофилл. Благодаря этому эвглена способна к фотосинтезу (как растение), хотя в темноте она,

Жгутиконосцы

А — неделящаяся особь: 1 — жгутики, 2 — сократительная вакуоля, 3 — парабазальное тело, 4 — ядро; Б–К — последовательные стадии деления

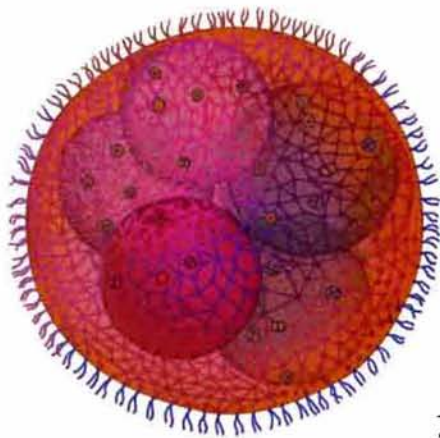


Эвглена зеленая:

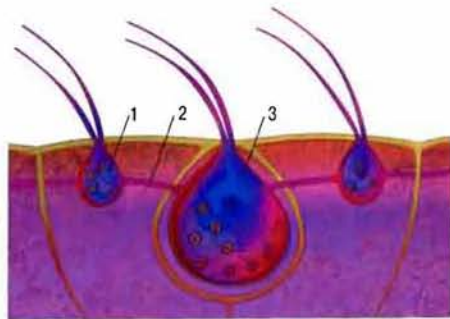
1 — жгутик; 2 — светочувствительный «глазок» (стигма) (а — жгутик, б — фоторецептор, в — стигма); 3 — сократительная вакуоля; 4 — хроматофоры; 5 — ядро

как животные, питается готовыми органическими веществами (в основном бактериями). Для «распознавания» темноты и света у эвглены имеется специальный «орган» ярко-красного цвета — светочувствительный глазок, или стигма.

Во-вторых, среди жгутиконосцев имеются колониальные формы, но эти колонии устроены так сложно, что про них нельзя однозначно сказать, являются ли они всего лишь колониями или это уже многоклеточный организм. К таким существам относится, в частности, вольвокс. С виду это шар, состоящий из большого количества отдельных особей (их может быть 50, а может и 50 тысяч), которые располагают-



Колония вольвокс
с дочерними колониями
внутри материнской



Небольшой участок
колонии вольвокс (схематично):
1 — вегетативная особь колонии;
2 — цитоплазматический мостик;
3 — более крупная особь, в результа-
те развития которой получают-
ся новые, дочерние колонии

ся по поверхности шара в один ряд и соединены друг с другом цитоплазматическими мостиками. В середине шара находится студенистое вещество. Каждая отдельная особь имеет два жгутика, ядро, светочувствительный глазок (стигму) и хроматофор с хлорофиллом (поэтому вольвокс тоже, как и эвглена, занимает промежуточное положение между растениями и животными). Каждая особь вольвокса питается самостоятельно, но далеко не все из них способны размножаться. Таким образом, в колонии вольвокса существует некоторая специализация, а это свойственно уже не колониям, а многоклеточным организмам.

Многие ученые считают, что многоклеточные животные произошли именно от жгутиковых, в частности от представителей отряда протомонад.

Протомонады — это очень мелкие жгутиконосцы (около 10–25 микрон длиной), имеющие два жгутика. Один направлен вперед и активно движется, благодаря чему продвигается и сама протомонада; другой жгутик «волочится» сзади и, вероятно, исполняет функцию руля.

РАДИОЛЯРИИ

Не надо думать, что все одноклеточные животные такие уж невзрачные. Среди них есть и настоящие красавцы — например, радиолярии.

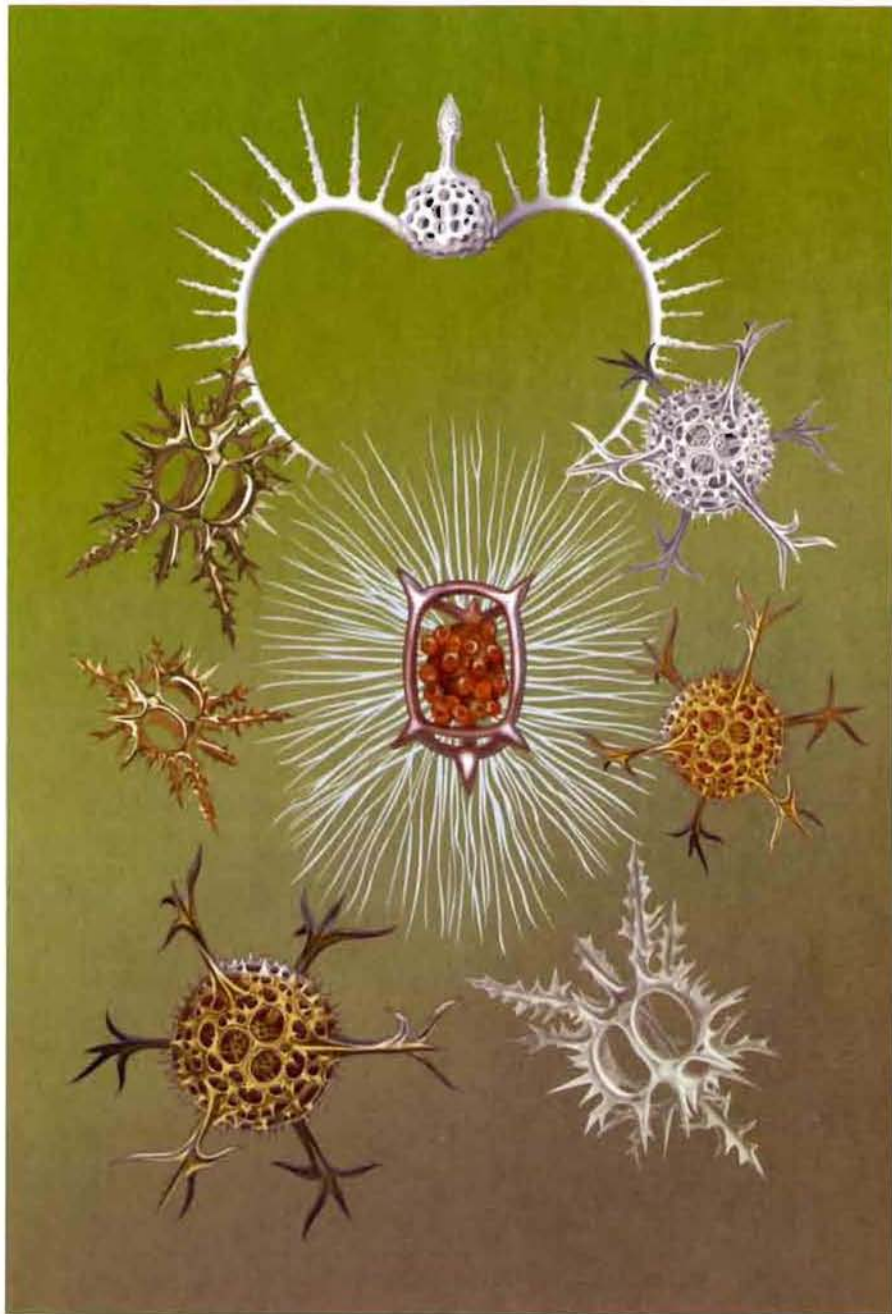
Строго говоря, мы не знаем наверняка, существовали ли радиолярии уже в докембрии. Но в кембрийских породах они представлены очень широко. Существуют даже такие осадочные породы, в которых скелеты радиолярий составляют основную массу и которые так и называются — *радиоляриты*. Но иногда остатки радиолярий встречаются и в вендских отложениях (возрастом 650–570 миллионов лет), а значит, их все-таки можно считать старожилками на нашей планете!

Мы сказали — скелеты радиолярий? Но разве может у одноклеточного организма быть скелет? Оказывается — да, хотя, конечно, это не совсем то, что мы представляем себе под этим словом.

Радиолярия — это одноклеточный организм, размером от 40–50 микрон до 1 мм. В строении этой единственной клетки есть характерная особенность: ядро и центральная часть цитоплазмы окружены центральной капсулой. Эта капсула, по сути, и является скелетным образованием, так как она защищает внутреннюю (очевидно, самую важную!) часть цитоплазмы с ядром.

Скелет у большинства радиолярий сложен из кремнезема, то есть кремневый.

У одних видов (отряда Spumellaria) он представляет собой микроскопические иглы, разбросанные в наружном слое цитоплазмы, то есть за пределами капсулы. Эти иглы могут быть спаены друг с другом, и тогда получают ажурные скелетные шары. От этих шаров часто отходят радиальные иглы. А иногда образуется не один, а несколько шаров, вложенных друг в друга и соединенных радиальными иглами.

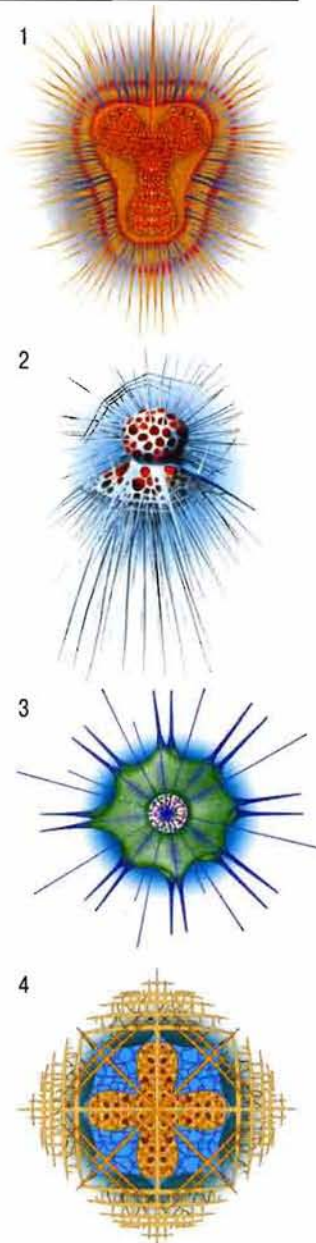


Радиолярии

У других видов (отряда Nas-selaria) основной формой скелета является четырехлучевая фигура (*спикула*): три луча образуют треножник, на котором как бы лежит центральная капсула, а четвертый луч торчит вверх — как шпиль. К этой основной фигуре присоединяются кольца, которые, разрастаясь, образуют всевозможные причудливые формы — ажурные шлемы, шары и т. п.

У некоторых видов радиолярий скелеты столь разнообразны и сложны, что их невозможно свести к какой-либо общей схеме. Это могут быть вложенные друг в друга шары, или две створки, окружающие центральную капсулу, или еще что-нибудь весьма замысловатое, и все эти фигуры окружены радиальными отростками — иглами, иногда ветвящимися, иногда расположенными в несколько слоев.

Радиолярии жили раньше и живут сегодня только в морях — они как бы парят в морской воде. Это отдельный подкласс в классе саркодовых, насчитывающий 7–8 тысяч видов. Большинство из них обитает в тропических и субтропических морях.



Радиолярии:
1 — эухитония; 2 — арахнокорис; 3 — акаптометра; 4 — литоптера

ФОРАМИНИФЕРЫ

Про этих одноклеточных животных тоже можно лишь предполагать, что они были «из первопроходцев». Но они встречаются иногда уже в осадочных породах вендского времени, а в самых древних кембрийских породах представлены в большом количестве.

Фораминиферы — самый многочисленный отряд (свыше 1000 видов) в подклассе корненожек. К этому же подклассу относятся и амёбы — наиболее примитивно устроенные одноклеточные животные. Но амёбы по сравнению с фораминиферами выглядят прямо-таки «бедными родственниками».

Все фораминиферы имеют раковину, которая бывает двух типов.

Раковины первого типа состоят из песчинок, то есть чужеродных для самой корненожки частиц. Некоторые виды фораминифер заглатывают мелкие песчинки, которые потом откладываются на поверхности тела и закрепляются в тонком наружном кожистом слое цитоплазмы.

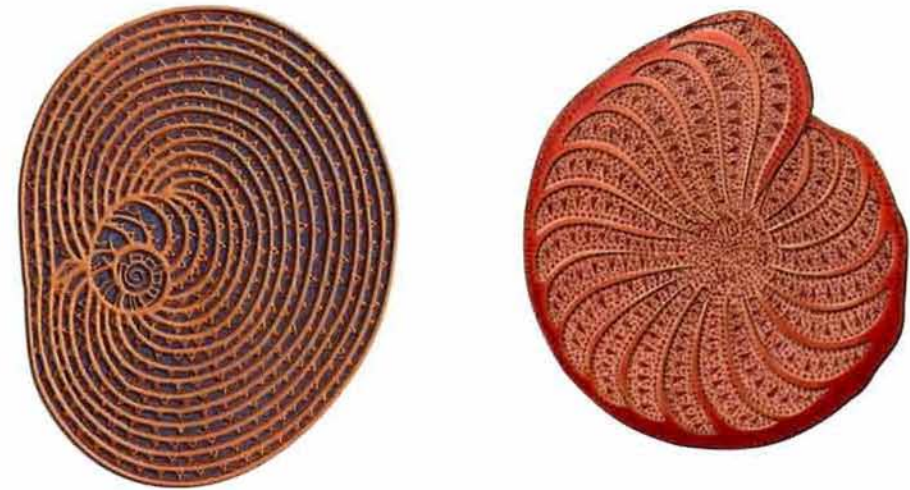
Раковины второго типа — известковые, они состоят из углекислого кальция. Эти раковины корненожка «делает» сама из кальция, который она умеет извлекать из морской воды (хотя содержание его там невелико). По своим размерам известковые раковины могут быть очень разными: от 20 микрон до 5–6 см. Это примерно такая же разница, как между тараканом и слоном.

Да и по форме известковые раковины разные. Прежде всего, они бывают однокамерные и многокамерные. Однокамерные фораминиферы имеют одну полость внутри раковины, а с виду могут напоминать, например, бутылочку с длинным горлышком, или они могут быть скручены в спираль.

Многокамерные раковины чрезвычайно различаются между собой по числу, форме и взаимному



Фораминиферы



Раковины фораминифер

расположению камер, так что в результате образуется огромное разнообразие фораминифер. Камеры могут быть расположены в один прямой ряд, или в два ряда, или по спирали, или концентрическими кольцами.

Благодаря наличию раковин фораминиферы неплохо сохраняются на дне морском после своей смерти и за десятки и сотни миллионов лет образуют мощные отложения. А благодаря разнообразию и количеству этих раковин по ним можно судить о возрасте тех или иных осадочных пород.

◀ Раковинки различных фораминифер: 1 — гипераммина элонгата; 2 — она же в разрезе; 3 — аммодискус инцертус; 4 — астрориза лимикола; 5 — спиролокулина депресса; 6 — текстулария сагиттула; 7 — глобегирина сп.; 8 — надасария гиспида; 9 — лагена плюригера

ОДИН В ПОЛЕ НЕ ВОИН

Трудно даже представить себе, как одноклеточный организм, не имеющий ни раковины, ни скелета — никакой защиты, кроме клеточной оболочки, мог выжить в древнем океане да еще и успеть оставить потомство.

Немудрено, что некоторые клетки-организмы, словно поняв, что один в поле не воин, начали объединяться. Поначалу это объединение имело очень простую основу и представляло собой колонию.

Колония — это скопление клеток, живущих вместе, но связанных между собой лишь механически. В колонии все клетки одинаковые, выполняют одни и те же функции и мало зависят друг от друга.

Увидев колонию одноклеточных организмов, вы скорее всего решили бы, что это многоклеточный

*Нитчатая водоросль-сцеплянка
(под микроскопом)*

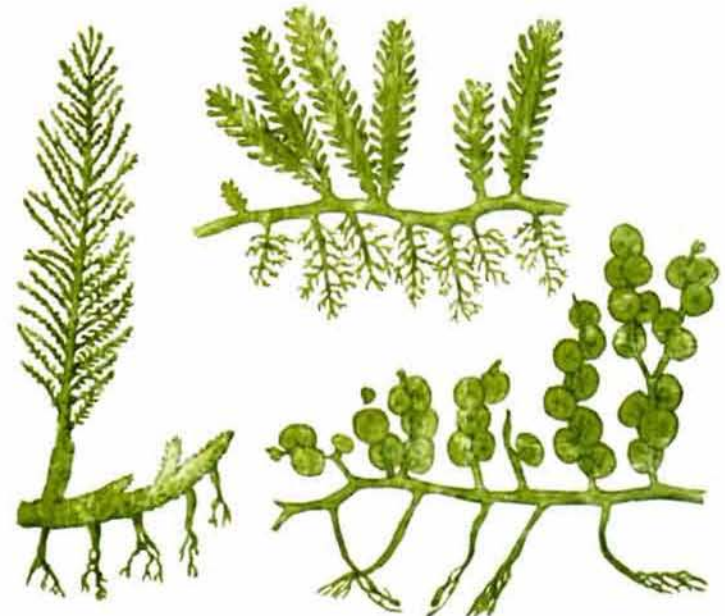


организм. Однако на самом деле это принципиально разные «устройства». Более того: между ними пропасть, преодолев которую, эволюция совершила гигантский скачок. Он произошел, считают ученые, вероятно, 700–900 миллионов лет назад, но может быть, и 1 миллиард лет назад — «вскоре» после того, как одноклеточные организмы пошли разными путями.

Будущие растения

О том, как получились многоклеточные растения, можно судить по современным водорослям. Они бывают зеленые, красные и бурые. Среди зеленых есть и одноклеточные, и многоклеточные — нитчатые и пластинчатые; среди красных тоже есть одноклеточные, но многоклеточных гораздо больше. Бурые же водоросли все многоклеточные, хотя некоторые

Зеленые водоросли



не достигают и одного миллиметра (зато другие простираются на десятки метров).

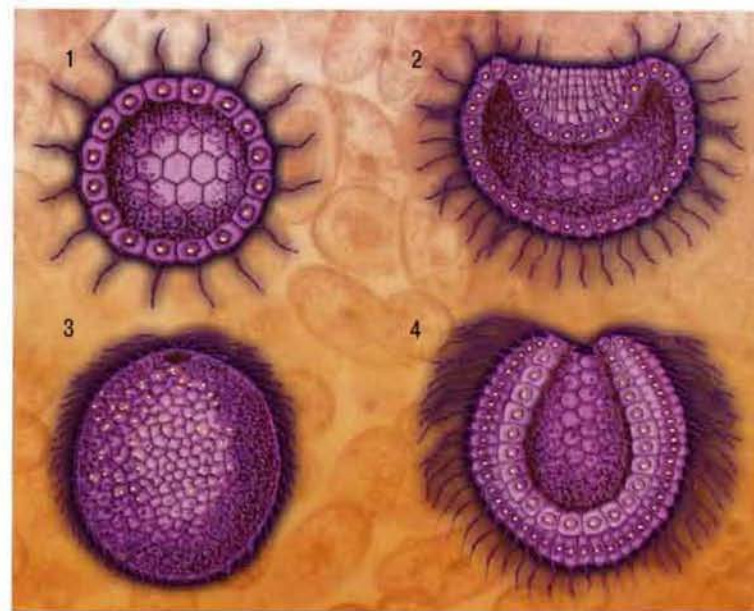
В те далекие времена сначала образовались нитчатые колонии водорослей, прикрепленные к субстрату — то есть к чему-нибудь, например, камню; организмы, крепившиеся ко дну, появились гораздо позднее. Затем эти нити срослись между собой в длину (боками), а может быть, клетки в такой нитке стали делиться не только в длину, но и в ширину, — так или иначе, но образовались лентообразные колонии. В такой колонии разные участки находились в разных условиях: на них по-разному падал свет, они были на разной глубине и т. п. Поэтому и клетки в этих участках стали различаться. На том конце, который был прикреплен к субстрату, клетки перестали делиться и не занимались фотосинтезом (у них была другая задача); на другом же конце (на «верхушке») клетки интенсивно делились (тянулись к свету), в результате чего образовалась своего рода «точка роста» колонии. Впрочем, делились они в разных направлениях, поэтому колония ветвилась, поверхность ее становилась все больше, отдельные нити переплетались и постепенно получалось многослойное объемное «тело». Поскольку в этом «теле» клетки выполняли разные функции (одни должны были держаться за субстрат, другие — заниматься фотосинтезом, третьи — быстро делиться), они стали зависимыми друг от друга, что, собственно говоря, и является главной особенностью многоклеточного организма («разделение труда» и невозможность существовать друг без друга).

Будущие животные

О том, как получились многоклеточные животные, ученые тоже до сих пор спорят. Ясно только то, что предками многоклеточных животных были одноклеточные простейшие (жгутиковые), жившие, скорее

всего, сферическими колониями с однослойной стенкой. А вот как получилось, что клетки в такой колонии перестроились, стали выполнять разные задачи, приобрели разный вид и образовали единое «тело»? По этому поводу существуют две теории, и обе были предложены еще в конце XIX века: одна — знаменитым немецким ученым Э. Геккелем, а другая — знаменитым русским ученым И. И. Мечниковым.

Геккель представлял это так. Сферическая колония одноклеточных жгутиковых могла направленно плавать, и при этом один ее конец (полюс) всегда был обращен вперед. На этом переднем полюсе возникло впячивание стенки внутрь — *гастрюляция*, в результате чего образовался многоклеточный организм, имеющий стенку из двух слоев, наружного и внутреннего. Геккель назвал это «животное» *гас-*



Происхождение многоклеточных организмов по Э. Геккелю: 1 — бластула, 2 — гастрюляция, 3–4 — гастрей (внешний вид и продольный разрез)



Происхождение многоклеточных организмов
по И. И. Мечникову

трея. Внутренний слой окружал полость, которая открывалась наружу единственным отверстием. Эта полость была как бы первичным кишечником, а отверстие — первичным ртом.

Мечников же предположил, что все происходило несколько проще. В сферической колонии одноклеточных (жгутиковых) некоторые клетки ее однослойной стенки, захватив пищу, перемещались внутрь, в полость колонии, и образовывали там рыхлое скопление. Эти клетки занимались только тем, что переваривали пищу для всей колонии, тогда как поверхностные клетки, освободившись от этой необходимости, могли сосредоточиться на других задачах: защищать всю колонию (вернее — весь организм) от внешних воздействий и обеспечивать ее (его) движение. Это «животное» Мечников назвал *фагоцителла* (от греческого слова *phago* — «пожираю»).

Для того чтобы понять, как произошли многоклеточные животные, и Геккель, и Мечников изучали самые примитивные из ныне существующих многоклеточные организмы — кишечнополостных и губок. И как раз о губках хотелось бы рассказать подробнее, хотя бы потому, что это не только одни из самых древних, но и одни из самых красивых существ.

ГУБКИ

Долгое время ученые вообще не признавали губок за многоклеточный организм и считали их колониями. К тому же было непонятно, растения это или животные, так что для губок придумали даже специальный термин — зоофиты, что значит «животно-растение». Но потом все-таки решили, что губки — животные.

По форме губки чрезвычайно разнообразны. Они могут выглядеть как наросты на камнях и раковинах, а могут иметь довольно правильную форму шара, бокала, воронки или цилиндра или напоминать своим видом кустик, стебелек и чуть ли не цветок.

Губки на дне Средиземного моря:

1 — аксинелла; 2 — каликс; 3 — сифонокалина; 4 — распайлия; 5 — геодия; 6 — галихондрия



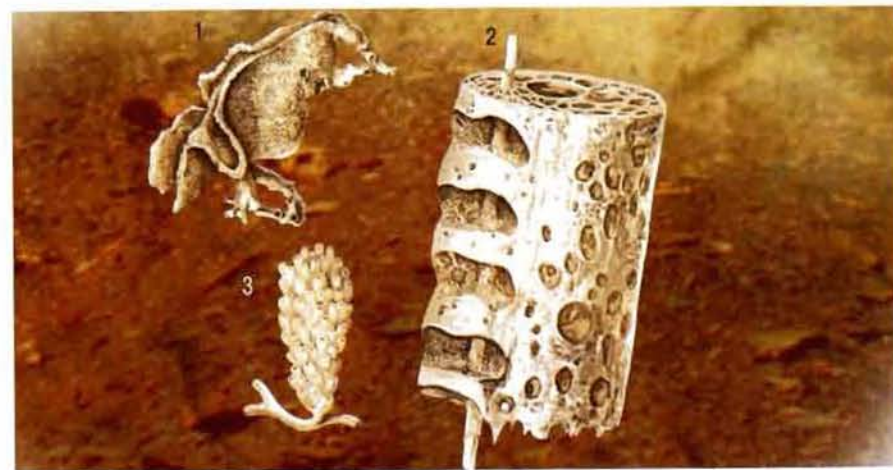
По размерам губки тоже разные: одни величиной несколько сантиметров, другие — до 1 метра.

По цвету некоторые виды губок белые и серые, но большинство имеет яркую окраску: желтую, коричневую, оранжевую, красную, зеленую, фиолетовую.

Почти все губки имеют внутренний скелет, который состоит из множества игл — больших и маленьких, трех-, четырех-, шестилучевых, или одноосных (то есть как обыкновенная иглолка), или звездчатых и разных других.

Но несмотря на все это разнообразие, внутреннее устройство у всех губок примерно одинаковое. Тело губки представляет собой как бы тонкостенный бокал или мешочек, отверстие которого обращено кверху, а основание к чему-нибудь прикреплено.

Губки: корзинка Венеры (слева) и гиалонема (справа)



Губки: 1 — фарреа гаекелии; 2 — монарафис кун; 3 — лейкосоления ботриоидес

Отдельных органов у губки нет, но разные клетки выполняют разную работу.

Стенки губки состоят из двух слоев: наружного и внутреннего, а между этими слоями находится особое студенистое вещество. Снаружи расположены клетки «кожи». Некоторые из них, особо крупные, как бы продырявлены — то есть имеют поры. Через эти поры вода постоянно попадает внутрь губки. Этому помогают вытянутые по форме клетки внутреннего слоя — у них есть жгутики, которыми они «баламутят» воду. С водой внутрь тела губки попадают и всякие крошки и остатки — пища губки. Причем едят эту пищу только специальные клетки, похожие на амёб. Эти клетки «сидят» в стенке губки между наружным и внутренним слоями. Там же есть и звездчатые клетки — они делают скелет губки, а также клетки «никакого» типа, как бы недоразвитые.

Губкам удалось пережить все оледенения, потопы, засухи и прочие катаклизмы в истории Земли. Лишь немногие виды древних губок вымерли, большинство же видов дожило до наших дней.

ЧТО БЫЛО ПОТОМ

Итак, в позднем протерозое, в последние эпохи «времени скрытой жизни», моря были населены примитивными представителями разных групп многоклеточных — небольшими животными, в основном лишенными скелета, и, по-прежнему, водорослями. Накопление кислорода в атмосфере продолжалось, и под воздействием солнечной радиации он превращался в озон. Все более мощный озоновый слой покрывал всю поверхность над древними океанами словно шапкой, так что ультрафиолетовые лучи уже не достигали поверхности воды. Благодаря этому организмы широко расселились на малых глубинах водоемов, а кроме того, «выросли».

Земля



Все это нам известно по немногочисленным ископаемым находкам позднепротерозойского времени из разных районов всех континентов, кроме Антарктиды.

Но в самом конце протерозоя (венда) древние многоклеточные животные снова уменьшились в размерах, а многие из них просто вымерли. Возможно, это было связано с чрезвычайно мощным оледенением. Позднее, когда ледники отступили, в раннем кембрии произошел настоящий взрыв эволюции, и в течение последующих 15 миллионов лет на Земле появились почти все известные типы организмов. Мы уже встречали их, когда «летели» на нашей «машине времени» к истокам жизни (см. схему на следующем развороте).

Ледниковый период



РАСТЕНИЯ

ГРИБЫ

ЖИВОТНЫЕ

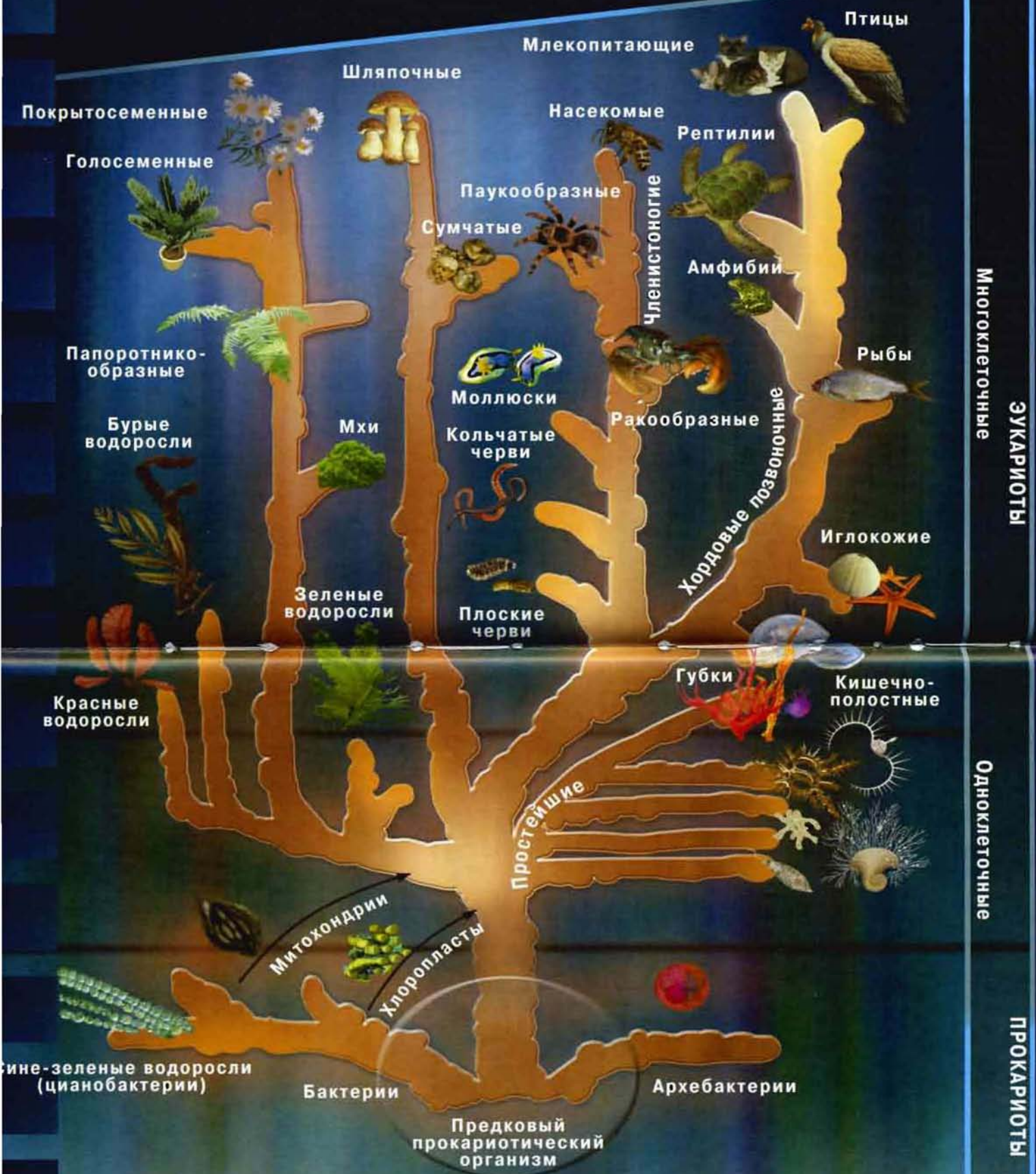


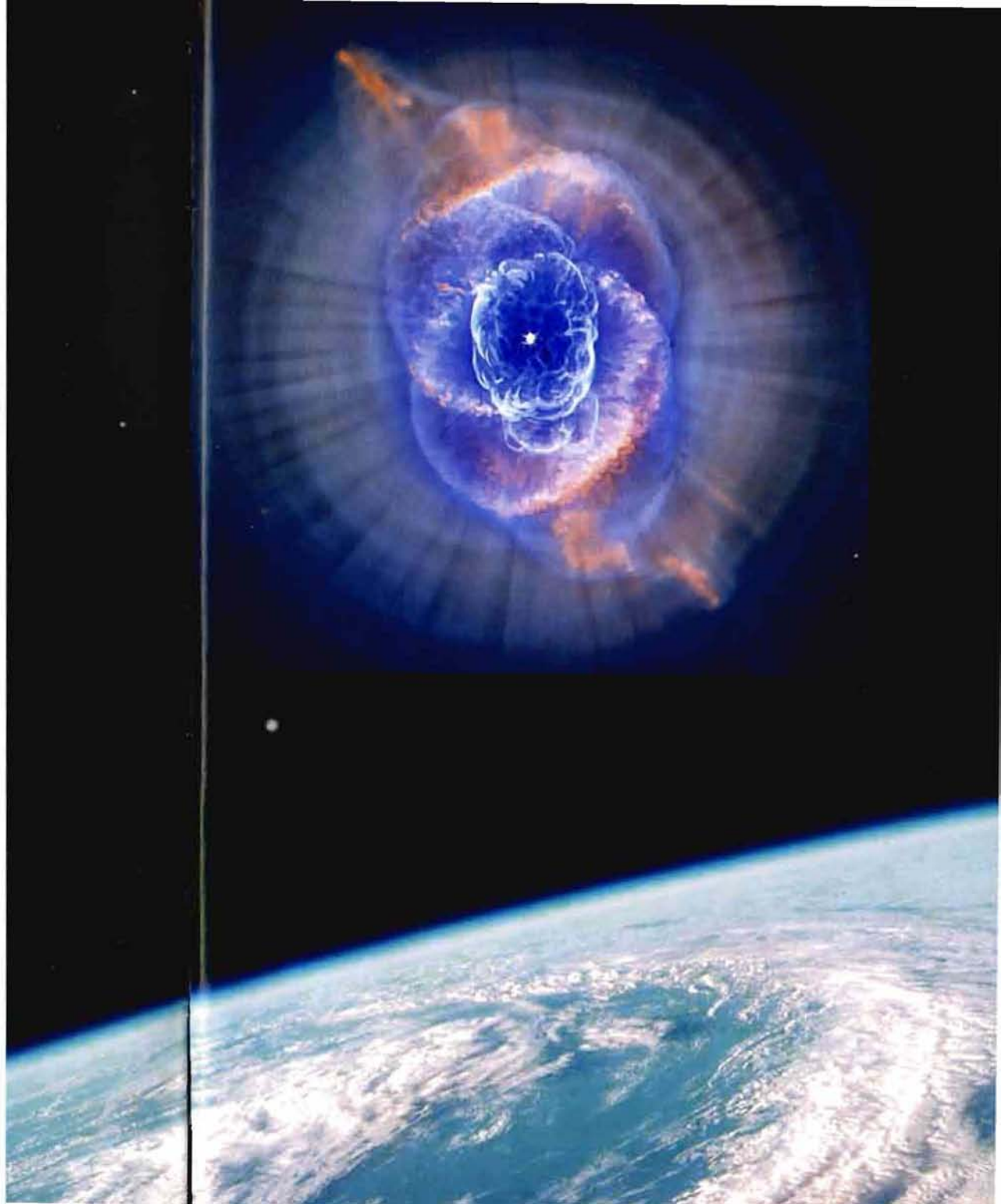
Схема образования основных групп живых организмов

МЫ — ИНОПЛАНЕТЯНЕ?

Наверное, вы обратили внимание на то, что в этой книге очень много слов «возможно», «может быть», «ученые предполагают», «точно не известно» и т. п. Это потому, что ученые и в самом деле только предполагают, как зародилась жизнь на Земле. Более того: этот процесс — зарождение жизни — мог происходить и не на Земле, а на другой планете. Это одна из самых романтических и привлекательных теорий, и у нее немало сторонников среди ученых. Одни считают, что жизнь к нам принесли инопланетяне и, следовательно, мы — потомки какой-то загадочной цивилизации из другой галактики. Другие полагают, что жизнь попала на Землю в своих самых примитивных формах с каким-то небесным телом. Например, шведский химик Сванте Арениус (1859–1927) считал, что таким переносчиком протобактерий (которые и сейчас существуют на Земле) был метеорит, упавший на нашу планету порядка 1 миллиарда лет назад. В 1960-е годы в Антарктиде под двухкилометровой толщей льда было обнаружено озеро, в котором водились подобные протобактерии. А в 1990-е годы было установлено, что бактерии, подобные земным, существуют на марсианских метеоритах.

В настоящее время существуют три основных взгляда на происхождение жизни на Земле.

✓ Жизнь есть на многих планетах нашей Галактики (и в других галактиках), но везде она однотипна и произошла от одного корня. А значит, на Землю она могла быть

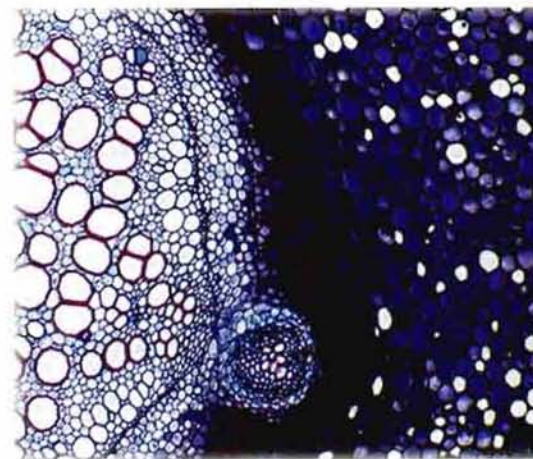


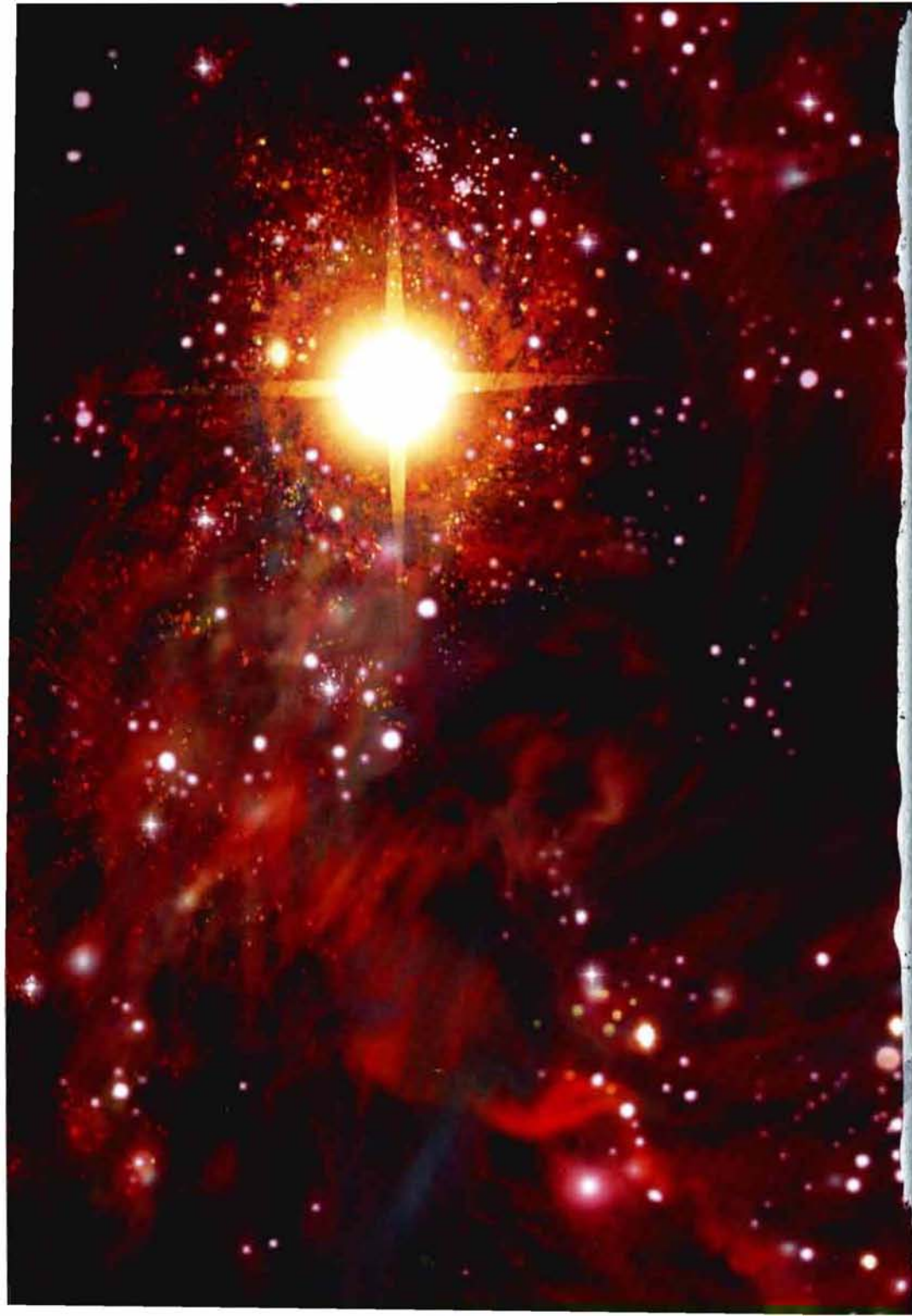


занесена из Космоса — с какой-нибудь другой планеты (занесена в виде, может быть, одной-единственной живой клетки).

✓ Жизнь есть на многих планетах, но на каждой она зародилась самостоятельно. А значит, в разных «уголках» Вселенной она может иметь какой угодно вид. Например, это может быть «живой океан» — как на Солярисе.

✓ Жизнь есть только на Земле, ибо появление жизни — слишком маловероятное, абсолютно случайное событие. А значит, мы одиноки во Вселенной, и нет никаких других форм жизни, кроме тех, что существуют — или существовали миллионы и миллиарды лет назад — на нашей планете.

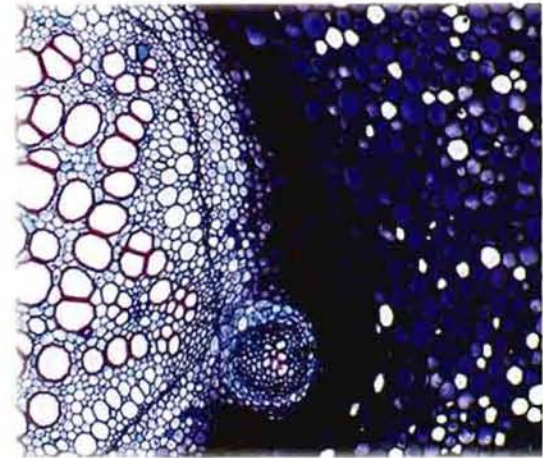




занесена из Космоса — с какой-нибудь другой планеты (занесена в виде, может быть, одной-единственной живой клетки).

✓ Жизнь есть на многих планетах, но на каждой она зародилась самостоятельно. А значит, в разных «уголках» Вселенной она может иметь какой угодно вид. Например, это может быть «живой океан» — как на Солярисе.

✓ Жизнь есть только на Земле, ибо появление жизни — слишком маловероятное, абсолютно случайное событие. А значит, мы одиноки во Вселенной, и нет никаких других форм жизни, кроме тех, что существуют — или существовали миллионы и миллиарды лет назад — на нашей планете.



австралопитеки • 9
 аминокислоты • 30, 33, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 53
 анаэробные бактерии • 58, 64
 Арениус Сванте • 90
 атмосфера • 26, 27, 30, 56, 63
 АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) • 33, 50, 53
 аэробные бактерии • 54, 58, 64
 белки • 30, 33–38, 40, 41, 44, 46, 47, 57
 бурые водоросли • 66, 67, 79, 88
 венд • 15
 водоросль-сцеплянка • 78
 вольвокс • 69, 70
 гастрей • 81
 гастрюляция • 81
 Геккель Э. • 81, 82
 гемоглобин • 34, 37, 41
 гетеротрофные организмы • 53
 гидросфера • 26
 губки • 82–85, 89
 девон • 11
 ДНК • 40–44, 49, 54
 докембрий • 71
 естественный отбор • 54
 жгутиковые (жгутиконосцы) • 64, 66, 68–70, 80–82
 зеленые водоросли • 79, 88
 земная кора • 25
 зоофиты • 83
 кайнозойская эра • 8
 карбон • 10
 кембрий • 13, 19, 87
 кембрийское море • 15
 коацерваты • 39
 красные водоросли • 79, 89
 криптозой • 16
 кристы • 50
 лизосомы • 50
 липиды • 53
 литосфера • 25
 мамонт • 7
 мантия • 25
 мезозойская эра • 8
 мембрана • 38, 49, 50, 53, 58
 Мечников И. И. • 81, 82
 микросферы • 38
 Миллер, Стэнли • 30, 33
 миоцен • 7
 митохондрии • 49, 50, 63, 64, 89
 неандертальцы • 7
 нуклеиновые кислоты • 30, 33, 40–42, 47
 нуклеотиды • 30, 33, 41, 42
 озоновый слой • 28, 86
 Опарин А. И. • 26, 38, 39
 органеллы • 49
 «первичный бульон» • 26, 27, 29, 53, 54
 плезиозавры • 10
 плейстоцен • 7
 плиоцен • 7
 Поннампериума С. • 33
 прокариот • 53–56, 60, 63, 64, 89
 протерозой • 17, 63, 86, 87
 протомонады • 70
 радиолярии • 71–73
 радиоляриты • 71
 Реди Ф. • 21
 РНК • 41, 45, 46
 саблезубый тигр • 7
 саркодовые • 66, 73
 саркожгутиковые • 66
 Седжвик, Адам • 18
 силур • 13
 симбиоз • 63
 сине-зеленые водоросли (цианобактерии) • 55–60, 62, 66, 88
 спикула • 73
 стигма • 69, 70
 строматолиты • 60, 62, 63
 трилобит • 15, 18, 19
 фагоцителла • 82
 факультативные анаэробы • 58
 ферменты • 50
 Фокс, Сидней • 38, 53
 фораминиферы • 74–77
 фотосинтез • 50, 55, 57, 68, 80
 хемосинтезирующие бактерии • 55, 56
 хлоропласт • 49, 50, 63, 89
 хлорофилл • 58, 68, 70
 хроматофоры • 68, 70
 цитоплазма • 49, 54, 58, 71, 74
 эвглена зеленая • 68, 69, 70
 эдафозавр • 11
 эдиакарская фауна • 17
 эндоплазматическая сеть • 49, 50
 эукариоты • 63, 64, 88
 юрский период • 9
 ядро • 49, 71

Машина времени	7
Ископаемые	18
Новорожденная планета	22
Химическая эволюция (превращения веществ) ..	29
Белки	34
Нуклеиновые кислоты	40
Клетчатый мир	47
Первые клетки — еще без ядра	53
Новые клетки — теперь с ядром (эукариоты)	63
Радиолярии	71
Фораминиферы	74
Один в поле не воин	78
Губки	83
Что было потом	86
Мы — инопланетяне?	90
Указатель	94

И. В. Рябинина/Происхождение жизни. —
СПб.: «Б К К», 2006. — 96 с., ил.
ISBN 5-91233-001-X

Для среднего и старшего школьного возраста
© «Б К К», текст, оформление обложки, иллюстрации

Все права защищены

Ничто из этой книги ни в какой форме не может воспроизводиться,
закладываться в память компьютера или передаваться по средствам
связи без письменного разрешения владельца авторских прав.

Текст И. В. Рябининой
Иллюстрации И. В. Никитиной

Главный редактор И. Ю. Куберский
Редактор Г. А. Крылов
Корректор А. И. Барина
Ответственный за выпуск О. А. Рыбакова
Верстка Д. К. Степановой

Издательство «Балтийская книжная компания»
196066, Санкт-Петербург, ул. Алтайская, д. 12, литер «А»
Телефон отдела сбыта: (812) 373-10-29
Подписано в печать 01. 06. 2006
Формат 60 x 90/16
Тираж 5 000 экз. Печ. л. 6. Заказ 1531
Отпечатано по технологии Ctp
в ОАО «Печатный двор» им. А. М. Горького
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15