

*Памяти Дженни Клэк (1947–2020),
наставника и друга*

Содержание

1. Песнь льда и пламени	9
2. Как собрать животное	21
3. Пришествие позвоночника	35
4. Бег на сушу	48
5. Явитесь, амниоты!	60
6. Парк триасового периода	78
7. Динозавры в полете	91
8. Эти великолепные млекопитающие	110
9. Планета обезьян	127
10. По всему свету	139
11. Конец доисторической эпохи	161
12. Прошлое будущего	175
<i>Эпилог</i>	194
<i>Благодарности</i>	201
<i>Об авторе</i>	204
<i>Литература для дальнейшего чтения</i>	205
<i>Примечания</i>	207

Временная шкала № 1. Земля во Вселенной



Охват временной шкалы № 2 (см. с 20)

Время, млрд лет назад (-)
или в будущем (+)

1

Песнь льда и пламени

Давным-давно умирала гигантская звезда. Миллионы лет она сверкала на небосводе, но ее термоядерная топка сожгла дотла все, что могло в ней пылать. Сияние звезды подпитывалось энергией синтеза ядер гелия из протонов. Шла энергия синтеза и на более серьезные, хоть и менее блестящие, цели – именно она обеспечивала целостность звезды, противостоя гравитационному схлопыванию звезды внутрь себя самой. Когда запасы водорода иссякли, звезда начала сжигать гелий, синтезируя более тяжелые элементы – такие как углерод и кислород. Затем, однако, и эти запасы подошли к концу.

Настал день, когда ядерное топливо выгорело полностью. Гравитация выиграла сражение – звезда провалилась в себя. Коллапс, завершивший миллионы лет жизни звезды, занял считанные секунды. Отзвук коллапса был настолько силен, что озарил Вселенную – так вспыхнула сверхновая. Если в этой планетной системе и была какая-то жизнь, она была испепелена. Но катастрофическая смерть звезды посеяла семена новой жизни. Во все стороны от места взрыва рассеялись еще более тяжелые, чем углерод и кислород, элементы, образовавшиеся в горниле катаклизма – кремний, никель, сера, железо.

Спустя миллионы лет гравитационная ударная волна от взрыва сверхновой достигла облака газа, пыли и ледяных обломков. Взбаламученное гравитационной волной облако стало сжиматься, а сжимаясь, оно начало вращаться. Гравитационные силы настолько сжали газ в центре облака, что там начался ядерный синтез: протоны сливались в ядра гелия, выделяя тепло и свет. Круг звездной жизни замкнулся: смерть древней звезды дала толчок к появлению новой — нашего Солнца.

Газопылевое облако было обогащено элементами, родившимися в результате взрыва сверхновой. В закручивающемся вокруг юного Солнца облаке конденсировались планеты. Среди них — наша Земля. Новорожденная планета была совсем не такой, какой мы привыкли ее видеть: атмосфера была совершенно непригодным для дыхания маревом из метана, углекислоты, водяного пара и водорода, поверхность представляла собой океан расплавленной лавы, застыть которой не давали постоянные падения астероидов, комет — и даже других планет. Среди них была и Тейя — протопланета размером с нынешний Марс¹. Удар Тейи пришелся по касательной. Значительная часть земной мантии была сорвана с планеты в космос, а сама Тейя от удара разрушилась полностью. Все эти остатки не улетели далеко — несколько миллионов лет Земля щеголяла кольцами подобно Сатурну. Постепенно материал колец собрался в единую массу, образовав новый мир — Луну². Все это произошло примерно 4,6 миллиарда лет назад.

Прошли еще миллионы лет. Настал день, когда Земля остыла настолько, что атмосферный водяной пар смог сконденсироваться и пролиться дождем. Дожди шли миллионы лет — достаточно, чтобы создать первые океаны. И кроме океанов, не было ничего — ни клочка суши. Бывшая когда-то огненным шаром, Земля стала водным миром — но не стала спокойным местом. В те дни Земля вращалась вокруг своей оси гораздо быстрее, чем сейчас. А с юной Луной, висевшей ниже над черным горизонтом, каждый прилив представлял собой цунами.

Планета – это не просто куча булыжников. Любая планета, если она больше нескольких сотен километров в диаметре, со временем разделяется внутри на слои. Более легкие материалы – такие как кремний, алюминий и кислород – образуют легкую пену у поверхности, а более плотные – никель и железо, – погружаясь, становятся ядром. Ядро сегодняшней Земли – вращающийся шар из жидкого (внешнее ядро) и твердого металла (внутреннее ядро). Ядро подогревается гравитацией и распадом радиоактивных элементов вроде урана, синтезированного в последние мгновения взрыва древней сверхновой. Земля вращается, поэтому ее металлическое ядро генерирует магнитное поле. Завитки этого поля, пронизывая всю планету, простираются далеко в космос и, словно щитом, закрывают планету от солнечного ветра – непрерывного урагана энергетических частиц, извергаемого Солнцем. Несущие электрический заряд, эти частицы отталкиваются магнитным полем Земли или движутся вдоль силовых линий магнитного поля вокруг нашей планеты, уходя в космос.

Исходящее от ядра Земли тепло подогревает всю планету, словно кастрюлю с водой на плите. Восходящий жар, размягчая наружные слои, раскалывает плотную, но легкую кору на части, и, растаскивая эти части в стороны, формирует между ними океаны. Эти части, называемые литосферными плитами, находятся в непрерывном движении. Они сталкиваются друг с другом, скользят друг вдоль друга или подныривают одна под другую. В результате этих смещений образуются высокие горы и глубокие желоба в океане. Движения плит порождают землетрясения и вулканы. Это создает новые земли.

Одновременно с горами, устремлявшимися к небесам, обширные участки коры затягивались в глубины Земли в глубоководных желобах по границам литосферных плит. Вместе с осадочными породами и морской водой эти скалы уходили далеко в недра планеты лишь для того, чтобы снова вернуться на поверхность уже в новом виде. Осадки, нашедшие свой

приют на дне у берегов исчезнувших континентов, могли вновь оказаться на поверхности спустя сотни миллионов лет благодаря извержениям вулканов³ или же замереть в глубинах, превратившись в алмазы.

Посреди всего этого смятения и невзгод возникла жизнь. Смятения и невзгоды выкормили ее, вынырчили, устремляли ее рост и способствовали ее росту и становлению. Жизнь возникла в глубочайших безднах океана, где края литосферных плит врезаются в земную кору и где струи перегретой воды, богатой растворенными минералами, под чудовищным давлением изливаются из трещин океанического ложа.

Первые формы жизни были не более чем пенистыми мембранами, затягивавшими крошечные щели в скалах. Они образовывались, когда восходящие потоки, становясь турбулентными, дробились на водовороты и, теряя мощь, оставляли свой богатый минералами груз⁴ в порах и щелях скал. Такие мембраны были несовершенны и похожи на решето. Слово решето, одни вещества они пропускали, а другие – нет. Но содержимое даже столь несовершенных мембран становилось иным – это был уже не бушующий снаружи вихрь, а нечто более размеренное, более упорядоченное. Старый сруб – одни стены да крыша – все же убежище от бушующей снаружи бури, пусть даже дверь провисла и ставни гремят на ветру. Мембраны обратили свои недостатки в достоинства, впуская через поры питательные вещества и энергию и выбрасывая отходы⁵.

Укрывшись от химического шума бурлящего мира, эти тихие заводы стали оплотом порядка. Постепенно они отточили производство энергии, благодаря которой смогли отпочковывать маленькие пузырьки, заключенные в долю родительской мембраны. Беспорядочный вначале, этот процесс постепенно становился все более предсказуемым по мере того, как сформировалась внутренняя химическая матрица, которую можно было копировать и передавать новым поколениям ограни-

ченных мембраной пузырьков. В результате новые поколения оказывались более или менее верными копиями своих родителей. Более эффективные пузырьки начали процветать — за счет своих менее организованных сородичей.

Эти простые пузырьки нашли способ остановить, пусть временно и с большими усилиями, в иных случаях непрерывный рост энтропии — общего количества хаоса во Вселенной, — шагнув на порог врат жизни. Такова глубинная суть жизни. Пенящийся первичный бульон бросил вызов безжизненному миру⁶.

Самая, пожалуй, восхитительная черта жизни — помимо самого факта ее существования — скорость ее появления. Спустя лишь 100 миллионов лет после формирования Земли как таковой жизнь пробудилась в вулканических глубинах, когда на юную планету из космоса все еще обрушивались тела таких же размеров, как и приведших к появлению крупнейших ударных кратеров на поверхности Луны⁷. Уже 3,7 миллиарда лет назад жизнь выбралась из вечной тьмы морских глубин в залитые солнечным светом поверхностные воды⁸, а 3,4 миллиарда лет назад неисчислимые сонмы живых существ начали скапливаться, создавая видимые из космоса рифы⁹. Жизнь окончательно освоилась на Земле.

Те рифы, впрочем, не были коралловыми — до появления кораллов оставалось еще почти 3 миллиарда лет. Первые рифы состояли из тончайших слизистых нитей и пленок зеленоватого цвета, образованных микроскопическими цианобактериями (синезелеными водорослями) — теми же организмами, сплошными синевато-зелеными слоями которых в жаркую погоду зарастают лужи и пруды. Такими же слоями они покрывали в те далекие времена скалистые и песчаные участки мелководья. Штормы засыпали эти слои песком, но водоросли нарастали вновь, чтобы быть засыпанными следующим штормом. Так день за днем, год за годом нарастали

подушкообразные холмы из чередующихся слоев слизи и отложений. Эти похожие на холмы образования – строматолиты – станут самыми успешными и долгоживущими формами жизни, когда-либо обитавшими на нашей планете: их безоговорочное господство продлится 3 миллиарда лет¹⁰.

Жизнь зародилась в мире теплом¹¹, но безмолвном (не считая шелеста ветров и волн). Дуновение ветра вовсе не было свежим: кислорода в воздухе практически не было. В отсутствие защитного озонового слоя солнечный ультрафиолет стерилизовал все, что не было упрятано хотя бы на несколько сантиметров в воду. Цианобактерии, образующие колонии, вынужденно обзавелись защитными пигментами, поглощающими эти лучи. Поглотив энергию излучения, ее можно было на что-то потратить – что цианобактерии и сделали, приспособив ее для химического синтеза. Среди «подогретых» химических реакций были и такие, в результате которых атомы углерода, водорода и кислорода соединялись в молекулы сахаров и крахмала. Этот процесс называется «фотосинтез». Вред был обращен во благо.

Пигмент, улавливающий световую энергию в современных растениях, называется «хлорофилл». Энергия поглощенного света используется для разделения молекулы воды на составляющие ее атомы кислорода и водорода, которые вступают в последовательность химических реакций. Но во времена юности Земли исходными материалами с таким же успехом могли быть и минералы, содержащие железо или серу, хотя наилучшим выбором все равно оставалось самое доступное вещество – вода. Впрочем, этот вариант очень коварен. При использовании воды в качестве «рабочего тела» фотосинтеза образуется побочный продукт. Это газ без цвета и без запаха, сжигающий все на своем пути. Этот газ – одно из опаснейших веществ во Вселенной. Как он называется? Верно – O_2 , свободный кислород.

Для возникших в океане и живших под пологом бескислородной атмосферы первых живых существ появление кислорода стало катастрофой. Конечно, откровенно говоря, когда цианобактерии только открыли для себя кислородный фотосинтез — это произошло около 3 миллиардов лет назад, возможно, чуть раньше, — кислорода они выделяли немного. Совсем немного. В следовых количествах, если быть совсем точным. Но кислород — сила настолько серьезная, что даже его следы оказались смертельными для живших тогда существ. Даже эти едва ощутимые дуновения кислородного ветра привели к первому (из многих) массовому вымиранию в истории нашей планеты. Поколение за поколением древнейшие обитатели Земли сгорали в пламени фотосинтеза.

Свободного кислорода стало больше во времена кислородной катастрофы, или «кислородной революции» — неспокойного периода, начавшегося примерно 2,4 миллиарда лет назад и завершившегося около 2,1 миллиарда лет назад. Концентрация кислорода в атмосфере сначала быстро росла, достигнув величин, превышающих сегодняшний уровень 21%, а затем, по непонятным пока причинам, упала ниже 2%. И хотя по нынешним меркам этого все равно совершенно недостаточно для дыхания, но на древнюю экосистему это оказало грандиозное влияние¹².

Всплеск тектонической активности унес под морское дно обширные накопления богатых углеродом органических осадков — останков многих поколений живых существ, надежно спрятав их от доступа кислорода. Благодаря этому в атмосфере осталось много кислорода, который мог вступить в реакцию со всем, с чем соприкасается. От кислорода не укрылись даже скалы — железо в них превратилось в ржавчину оксидов, а углерод — в известняк.

В то же самое время из атмосферы исчезли метан и углекислый газ, поглощенные массой новообразованных горных

пород. Метан и углекислый газ — два основных компонента того атмосферного «одеяла», которое сохраняет тепло Земли. Они способствуют так называемому «парниковому эффекту», и без них планету накрыло первое — и сильнейшее в ее истории — оледенение. Ледники простерлись от полюса до полюса, покрыв всю Землю на долгие 300 миллионов лет. Но жизнь на Земле пережила обе эти апокалиптические катастрофы — и «кислородную революцию», и Землю-«снежок». Многие создания погибли, но остальных невзгоды лишь подтолкнули к дальнейшему развитию.

Первые 2 миллиарда лет истории Земли самой сложной формой жизни были бактерии. Бактериальные клетки чрезвычайно просты по своему устройству — одиночные ли это бактерии или соединенные в маты на океанском дне либо в длинные нитчатые колонии цианобактерий. Это совсем крошечные клетки — на кончике иглы их может уместиться столько же, сколько хиппи съехалось когда-то в Вудсток (и еще останется место)¹³.

Под микроскопом бактериальная клетка выглядит простой и бесхитростной. Но эта простота обманчива. Бактерии отлично адаптируются к самым разным местам и особенностям обитания. Они могут жить почти везде. В человеческом теле (и на нем) бактериальных клеток во много раз больше, чем собственных человеческих. И хотя одни бактерии вызывают серьезные болезни, но нам не выжить без других — тех, что населяют наш кишечник и помогают нам переваривать пищу.

С точки зрения бактерий наш внутренний мир, несмотря на все разнообразие его условий — например температуры и кислотности, — тихое место. Есть бактерии, для которых кипящий чайник — словно для нас погожий весенний день. Есть бактерии, которые благоденствуют в сырой нефти, или в канцерогенных растворителях, или даже в ядерных отходах. Некоторые бактерии способны выжить в космическом

вакууме, некоторые — при жесточайших давлении и температуре, некоторые — в кристаллах соли, причем способны находиться при таких условиях миллионы лет¹⁴.

Бактерии хоть и крохотны, но весьма общительны. Разные виды бактерий собираются в группы для обмена метаболитами. Отходы одного вида могут оказаться лакомством для другого. Строматолиты — которые, как мы уже видели, были первыми явными признаками жизни на Земле — были колониями разных видов бактерий. Бактерии могут даже обмениваться друг с другом некоторыми генами. Именно благодаря такому обмену в наше время бактерии развивают устойчивость к антибиотикам: если какая-то бактерия не защищена от конкретного антибиотика, она может безвозмездно позаимствовать нужный ген у другого вида, обитающего в этом же месте.

Такая тяга бактерий к образованию сообществ из разных видов привела к следующему большому эволюционному рывку: бактерии вывели сожительство на следующий уровень — появились клетки с ядрами.

Более 2 миллиардов лет назад небольшие колонии бактерий постепенно начали перенимать привычку жить под одной мембраной¹⁵. Все началось с маленькой бактериальной клетки под названием «архебактерия», которая предпочла получить некоторые ключевые питательные вещества от своих соседей, став полностью зависимой от них¹⁶. Затем эта клетка протянула к соседям выросты своего тела, чтобы упростить обмен веществами (и генами). Постепенно участники этого, поначалу добровольного, объединения становились все больше и больше зависимы друг от друга. Каждый из них сосредоточивался на чем-то одном.

Цианобактерии, специализируясь на сборе солнечного света, превратились в хлоропласты — яркие зеленые точки в растительных клетках. Другие разновидности бактерий посвятили себя добыванию энергии из пищи, став крошечными розовы-

ми электростанциями под названием «митохондрии», которые есть практически во всех клетках с ядром — и растительных, и животных¹⁷. И все они, независимо от своей специализации, передали свои генетические ресурсы центральной архебактерии, ставшей клеточным ядром — библиотекой клетки, хранилищем генетической информации, памятью и наследием¹⁸.

Подобное разделение труда сделало жизнь такой колонии гораздо более эффективной и упорядоченной. То, что начиналось как рыхлая колония, стало единым целым, новым типом жизненной формы — ядерной, эукариотической, клеткой. Состоящие из таких клеток организмы — как одноклеточные, так и многоклеточные — называются «эукариоты»¹⁹.

Возникновение ядра позволило сформироваться более организованной системе размножения. Клетки бактерий обычно делятся надвое, производя две идентичные копии исходной клетки. Привнесение нового генетического материала происходит случайно, фрагментарно и бессистемно.

У эукариот же, напротив, в каждом родительском организме формируются особые репродуктивные клетки, благодаря которым происходит прекрасно срежиссированный обмен наследственным материалом. Смешиваясь, гены обоих родителей становятся планом развития нового самостоятельного индивида, отличающегося от обоих родителей. Этот изящный обмен генетическим материалом мы называем «половой процесс»²⁰. Увеличение генетической изменчивости вследствие появления полового размножения привело к стремительному росту разнообразия. Результатом этого стало появление множества разных разновидностей эукариот, а конгломераты эукариотических клеток со временем превратились в полноценные многоклеточные организмы²¹.

Эукариоты тихо и скромно возникли в период между 1,85 миллиарда и 850 миллионами лет назад²². Примерно 1,2 миллиарда лет назад они разошлись на одноклеточных

простейших, или протист, и ранних предков нынешних водорослей и грибов²³. Впервые в истории Земли жизнь оторвалась от морей — эукариоты колонизировали пресноводные пруды и реки, удаленные от морских берегов²⁴. Водорослевые и грибные налеты и корки лишайников²⁵ расцвели еще недавно безжизненные побережья.

Некоторые эукариоты отважились даже сыграть в многоклеточность — в результате появились морская водоросль *Bangiomorpha*²⁶ возрастом 1,2 миллиарда лет и гриб урасфера (*Ourasphaira*)²⁷ возрастом 900 миллионов лет. Но были и более дикие существа. Первые известные признаки многоклеточной жизни датируются периодом 2,1 миллиарда лет назад. Некоторые из этих созданий достигают в поперечнике 12 сантиметров — их никак не назовешь микроскопическими. Но форма их настолько не похожа ни на что остальное, привычное нашему глазу, что совершенно непонятно, к чему они относятся — грибам, водорослям или чему-то еще²⁸. Возможно, это какие-то разновидности колониальных бактерий. Не исключено, правда, что когда-то жили группы живых существ — бактерий, эукариот или вовсе каких-то совсем других, — которые вымерли, не оставив потомков, оставшись непостижимыми для нас.

Первым отголоском надвигающейся бури стал распад суперконтинента Родинии, в который была объединена вся суша, существовавшая в то время²⁹. Последствием этого геологического события стала череда ледниковых периодов, подобных которым не случалось со времен кислородной катастрофы. На 80 миллионов лет льды вновь, как и тогда, укрыли всю планету. И вновь жизнь ответила, подняв ставки.

Когда жизни был брошен вызов, его приняли миролюбивые водоросли, грибы и лишайники. Когда солнце вернулось, его лучам предстали создания совсем другие — жесткие, быстрые, настороженные. В вулканическом пламени жизнь на Земле была выкована. В ледниковой стуже она закалилась.

Временная шкала № 2. Жизнь на Земле

