
ВСЕЛЕННАЯ:
ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА
ДО 2050 ГОДА

Майк Салли

Вселенная: от Большого взрыва до 2050 года

https://litres.ru/74830383
SelfPub; 2026

Аннотация

Представь, что Вселенная — это не унылые формулы на доске, а дикий, ревущий блокбастер! Эта книга — твой личный пропуск на самую безумную вечеринку длиной в четырнадцать миллиардов лет. Ты ворвёшься с ноги в пламя Большого взрыва, промчишься мимо динозавров, подсмотришь за творцами в гаражах и выскочишь прямо в сияющий мир будущего! Ты своими глазами увидишь, как взрывы древних звёзд выковали металл для твоих вещей, как мы заперли искусственное солнце в стальную клетку и как отменили старение одной строчкой кода. Никакой серости, никакой занудной академической тягомотины — только чистый кайф, взрывной задор, едкий юмор и абсолютный восторг! Мы — просто звёздная пыль, которая научилась думать, летать в космос и строить летающие города. Открывай книгу, включай громкость на максимум и приготовься к самому яркому путешествию в своей жизни!

Содержание

Пролог 8
Глава 1. Сингулярность, или Вечеринка, которая началась из ничего 11
До того, как «до» стало существовать: О природе сингулярности 13
Космическое педалирование: Эпоха инфляции 17
Остываем и знакомимся: Рождение первых субатомных частиц 22
Битва материи с антиматерией: Счастливая случайность на миллиард 26
Первые тридцать минут: Нуклеосинтез и создание космического стройматериала 31
Глава 2. Звездные ясли и первая тяжелая металлическая музыка 35
Темные века Вселенной: Космический суп остывает и погружается в сон 37
Великое сжатие: Гравитация берётся за работу 41
Зажигаем гиганты: Рождение первого поколения звезд (Популяция III) 45
Тяжёлый рок звёздного котла: От водорода к углероду и железу 48
Смерть титанов: Сверхновые как великие щедрые дарители 53

Глава 3. Рождение Солнечной системы: Пыль, диваны и хаос 57
Космический мусоропровод: Облако, которое решило покружиться 59
Солнце зажигает факел, а диван остаётся за кадром 62
Каменные шарики и газовые монстры: Линия снегов разделяет миры 66
Космический пир и бомбардировка: Когда планеты дрались за парковку 69
Земля до востребования: Остывающая сковородка и первые лужи 72
Глава 4. Жизнь затевает драку: От бульона до ходячих неприятностей 76
Абиогенез и первая клетка: Эта воришка энергии 78
Молекулярный эгоизм: Мир РНК и первые попытки схалтурить 82
Чёрные курильщики и подземные инкубаторы: Жизнь на горячем дне 86
Кислородная катастрофа: Великое отравление планеты 90
Сумасшедший дом из трилобитов и рыб: Эволюция идёт вразнос 94
Глава 5. Динозавры ушли, мы пришли: Метеоритное шоу и эволюционный джекпот 97

Штурм суши: Как рыбы научились отжиматься и дышать воздухом 99
Эпоха чешуйчатых гигантов: Динозавры правят балом 102
Межгалактический боулинг: Астероид, который изменил всё 105
Конец ознакомительного фрагмента. 109

МАЙК САЛЛИ



ВСЕЛЕННАЯ:
ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО 2050 ГОДА

Майк Салли
Вселенная: от Большого взрыва до 2050 года

Пролог

Знаешь, какая самая большая несправедливость во Вселенной?

Когда нам в школе преподавали физику, астрономию и историю, учебники умудрялись превратить самые безумные, умопомрачительные и взрывающие мозг события в унылую серости. Формулы, даты междоусобных войн, скучные таблицы Менделеева и сухие параграфы, от которых слипались глаза. Казалось, что наука — это свод строгих правил для зануд в очках, а само мироздание собрали в унылом бюрократическом ведомстве.

Какая ложь!

Вся наша история — это не скучная хроника. Это **абсолютно безумный, зубодробительный, эпический блокбастер**, в котором смешались взрывы суперновых, квантовая магия, безумные алхимики, гении в гаражах, сбежавшие из лабораторий вирусы и голые приматы, которые умудрились разжечь костёр из палок, а спустя каких-то пять тысяч

лет построить квантовые компьютеры и отправить дроны на Марс.

Мы с тобой — дети грандиозного катаклизма. Всё, что нас окружает, и мы сами — это горстка звёздной пыли, которая почему-то обрела самосознание, научилась варить кофе, строить города, возмущаться налогами и писать стихи. Атомы твоего правого глаза когда-то летели в раскалённом хвосте древней кометы, а кальций в твоих зубах остался от взорвавшегося в глубоком космосе гигантского светила.

Мы — сама Вселенная, которая решила поразмышлять о собственной судьбе. И поверь, это размышление затянулось чертовски весело.

В этой книге мы пройдём этот путь от самого начала и до самого конца.

Мы заглянем на безумную вечеринку Большого взрыва, где из абсолютного ничто зародилось абсолютно всё (Глава 1).

Посмотрим, как первые звёзды-одиночки взрывались, чтобы подарить нам золото для обручальных колец (Глава 2), и как наша молодая Земля работала филиалом преисподней, пока в океанах не зародилась первая хитрая клетка-воришка (Главы 3–4).

Мы увидим, как динозавры уступили сцену млекопитающим, а наши предки слезли с деревьев исключительно потому, что внизу давали бананы (Глава 5).

Переживём технологические стартапы древности от изоб-

ретения колеса до варки зелий в средневековых колбах (Главы 6–8), построим классическую механику с Ньютоном (Глава 9) и впервые сожжём многовековой запас солнечной энергии в паровом котле (Глава 10).

Мы поймаем электроны в ловушку лампочек Эдисона (Глава 11), позволим Эйнштейну сломать нам часы, а Шрёдингеру — запереть кота в коробку (Глава 12), а затем ворвёмся в кремниевую эру транзисторов, глобального интернета и карманных суперкомпьютеров, без которых мы уже не можем прожить и десяти минут (Главы 13–15).

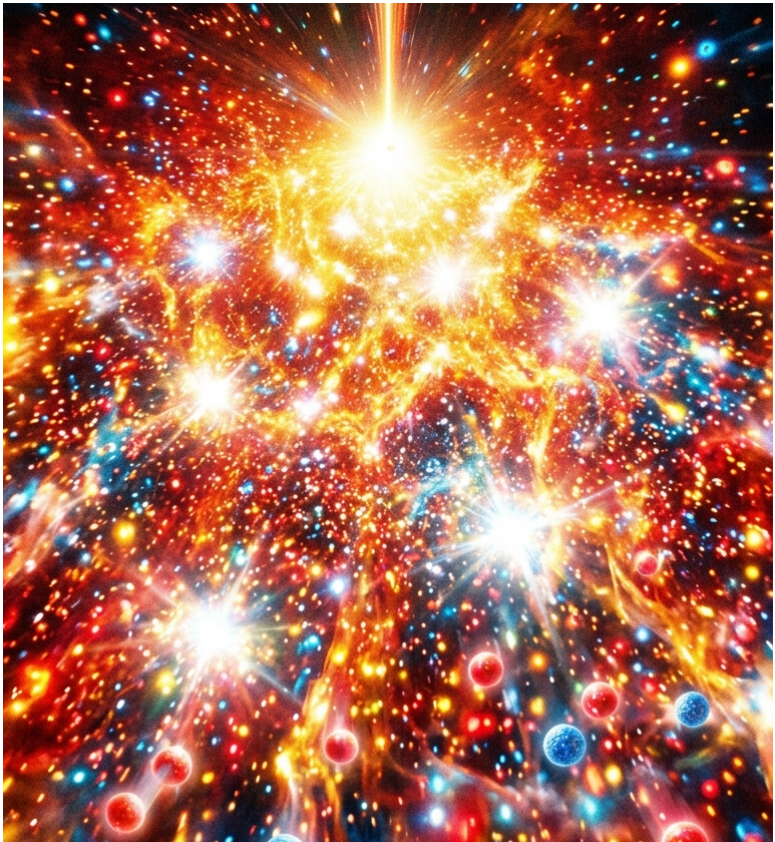
И наконец, мы перешагнём порог сегодняшнего дня в самое сердце будущего: зажжём мини-солнце в термоядерных токамаках (Глава 18), взломаем ДНК молекулярными ножницами CRISPR, чтобы отменить старость (Глава 19), и встретим рассвет 2050 года в умных вертикальных мегаполисах с беспилотными аэротакси и космическими турами на Луну (Глава 20).

Здесь не будет скучных лекций. Здесь будет чистый драйв, едкий юмор, железная физика и искреннее восхищение перед тем фактом, что мы с тобой вообще существуем.

Устраивайся поудобнее, наливай любимый напиток и приготовься к лучшему путешествию в своей жизни.

Вселенная ждёт. Погнали!

Глава 1. Сингулярность, или Вечеринка, которая началась из ничего



До того, как «до» стало существовать: О природе сингулярности

Представьте себе абсолютное ничто. Нет, не темноту в заброшенном подвале — в подвале хотя бы есть стены, пауки и запах сырости. И даже не открытый космос, где межзвездный газ лениво переругивается с солнечным ветром.

Мы говорим о ситуации, когда не было вообще ничего. Ни пространства, чтобы в нем разместиться, ни времени, чтобы засечь секундомер. Никаких «до», «после», «справа», «слева» или «а что было перед этим?». Вопрос «что находилось за пределами Вселенной до Большого взрыва?» звучит примерно так же осмысленно, как вопрос: «Какого цвета среда у среды?» — звучит красиво, но мозг от такого начинает плавно закипать.

И вот в этом небытии, в точке с нулевым объемом и бесконечной плотностью (физики гордо и зловеще называют ее **сингулярностью**), 13,8 миллиарда лет назад решила зародиться наша Вселенная. Да-да, вся та грандиозная карусель из триллионов галактик, черных дыр, космической пыли, котиков, интернета, квантовых уравнений и ваших утренних попыток найти второй носок — всё это упаковано в точку, которая была меньше протона. Меньше пылинки. Меньше

самой скромной мысли в вашей голове.

Как это возможно? Давайте включим воображение.

Обычно, когда мы думаем о взрыве, мы представляем голливудский блокбастер: огненный шар, взлетающие на воздух машины, разлетающиеся осколки и перепуганного Брюса Уиллиса в кадре. Но Большой взрыв был устроен совсем иначе. Это не внутри пространства что-то бабахнуло. Это само **пространство** решило резко расшириться, захватив с собой всё, что было (а точнее, всё, что только что появилось).

Чтобы это представить, давайте надуем воздушный шарик. Возьмите маркер и нарисуйте на нем две точки — скажем, галактику Андромеды и наш Млечный Путь. А теперь начинайте дуть. Что происходит? Сами точки почти не меняют своего размера, но расстояние между ними стремительно увеличивается, потому что растягивается резиновая поверхность шарика.

А теперь представьте, что шарик сдули в бесконечно малую точку, а потом начали надувать со скоростью, перед которой любая ракета выглядит как ползущая черепаха. При этом у шарика нет «внешней стороны» или «центра» на плоскости — весь мир находится на его поверхности. Вот примерно так выглядела наша Вселенная в первый момент своего бытия. Только вместо резины расширялась саму ткань пространства и времени.

Но постойте! Откуда вообще взялась эта сингулярность? Почему она решила взорваться?

Вот тут современная наука разводит руками и чешет в затылках. Дело в том, что в точке сингулярности ломаются все наши любимые законы физики. Общая теория относительности Альберта Эйнштейна — этот потрясающий инструмент, объясняющий, как гравитация искривляет космос, — при попытке заглянуть в центр сингулярности выдает гигантскую ошибку, деление на ноль и сбегает в слезах. Формулы показывают бесконечную плотность и бесконечную температуру. А «бесконечность» в физике — это научный эквивалент фразы: «Мы понятия не имеем, что здесь происходит, черт побери».

С одной стороны, у нас есть гравитация, которая пытается всё сжать в точку. С другой — квантовая механика, которая управляет поведением микромирных частиц и терпеть не может жесткие рамки, постоянно устраивая там квантовые флуктуации (то есть микроскопические судороги пространства). Когда эти две мощнейшие силы встречаются в условиях сингулярности, Вселенная превращается в кипящий сумасшедший котел, где понятия «прошлое» и «будущее» теряют всякий смысл, потому что время там текло так же хаотично, как мысли студента на экзамене по высшей математике.

Почему же эта точка решила рвануть?

По одной из самых популярных гипотез, квантовый вакуум никогда не бывает полностью спокойным. Даже в абсолютно пустом пространстве (которого тогда, напомним, не

было, но были квантовые поля) постоянно рождаются и исчезают виртуальные частицы. Это такой космический квантовый танец наудачу. В какой-то момент флуктуации квантового поля в этой микроскопической точке стали настолько мощными, что равновесие рухнуло. Система решила, что хватит сидеть в сжатом состоянии, и рванула вперед с такой силой, перед которой меркнут любые человеческие амбиции.

Космологи любят говорить, что Большой взрыв — это абсолютное начало всего. Но философия и теоретическая физика шепчут нам на ухо: а вдруг наша Вселенная — лишь очередной сезон бесконечного сериала? Вдруг где-то там, за гранью нашей досягаемости, старые вселенные сжимаются в такие же сингулярности, чтобы потом родить новые миры?

Как бы то ни было, та самая стартовая точка запустила часовой механизм, который отсчитывает секунды нашего существования. И едва успев родиться, этот малыш размером с ничто сотворил такое, от чего у современных физиков до сих пор захватывает дух.

Мы переходим к эпохе, когда Вселенная решила вырасти на пару секстиллионов порядков за считанные доли секунды, устроив самый безумный марафон расширения в истории мироздания. Добро пожаловать на космическую инфляцию!

Космическое педалирование: Эпоха инфляции

Итак, Вселенная появилась на свет. Ей ровно ноль целых хрен десятых секунды от роду (если быть точным, физики оперируют отметкой около 10^{-43} секунды — планковское время, мельче которого сама концепция времени теряет смысл). Наш новорожденный космос невероятно горяч, чудовищно плотен и... судя по всему, начинает испытывать сильнейший экзистенциальный кризис.

В этот момент в игру вступает процесс, от которого у любого здравомыслящего инженера задергался бы глаз. Называется эта штука космической инфляцией. И нет, к экономике и росту цен на гречку она не имеет никакого отношения. Это самый грандиозный, безумный и стремительный рывок в истории мироздания.

Представьте себе младенца, который родился ростом с микроскопическую пылинку, но за одну долю секунды вымахал до размеров футбольного стадиона... погодите, нет. Футбольный стадион — это слишком скромно. Представьте, что за крошечную долю секунды (10^{-35} долей секунды, если вам принципиальна точность) этот малыш увеличился в размерах в 10^{26} раз!

Если бы вы обладали такой же способностью к росту, то,

встав с кровати утром крошечной песчинкой, уже через секунду вы бы пробили головой крышу дома, перешагнули через Эверест, задели Луну левым плечом и случайно наступили на Плутон, раздавив его как хрустящий чипс. Вот это я понимаю — подростковый скачок роста!

Но как такое вообще возможно? Ведь Альберт Эйнштейн завещал нам святое правило: ничто во Вселенной не может двигаться быстрее скорости света (300 000 километров в секунду). Это космический лимит скорости, за нарушение которого вселенская дорожная полиция выписывает мгновенный штраф аннигиляцией. Как же Вселенная умудрилась разогнаться так, что оставила световой луч далеко позади?

Вся хитрость кроется в формулировке. Закон Эйнштейна запрещает объектам перемещаться сквозь пространство быстрее света. Но он абсолютно ничего не говорит о том, с какой скоростью может расширяться само пространство!

Представьте себе двух муравьев, ползущих навстречу друг другу по резиновой ленте. Даже если они ползут с черепашьей скоростью, кто запрещает вам взять эту ленту и резко растянуть ее в обе стороны? Муравьи вроде бы никуда не бежали быстрее обычного, но расстояние между ними увеличилось мгновенно. Вот и Вселенная во время инфляции не «бежала» сквозь пространство — она растягивала саму ткань космоса с бешеной, невообразимой скоростью. Пространство расширялось быстрее света, и Эйнштейн довольно кивал в сторонке, потому что его любимый постулат остался

в неприкосновенности.

Зачем вообще понадобился этот космический спринт? Почему Вселенная не могла просто плавно и вежливо расширяться с самого начала?

В этом была бы огромная проблема, которую физики называют «проблемой горизонтов» и «проблемой плотности». Если бы не инфляция, Вселенная выглядела бы невероятно хаотичной, пятнистой и разрозненной. Участки космоса, находящиеся на противоположных концах неба, никогда бы не успели «познакомиться» друг с другом и обменяться теплом — ведь свет просто не успел бы долететь от одного края к другому за всю историю мира. Но телескопы показывают обратное: наша Вселенная на удивление однородна и одинакова во всех направлениях, словно хорошо перемешанный молочный коктейль.

Инфляция сработала как идеальный космический блендер. До инфляции Вселенная была настолько крошечной, что все ее частицы тесно соприкасались, успевая выровнять температуру, плотность и свойства. А затем инфляция взяла этот крошечный однородный кусочек и мгновенно раздула его до космических масштабов, сохранив эту внутреннюю гармонию. Всё пространство пропиталось едиными правилами игры.

Что же заставило космос так взбеситься? За этот процесс отвечало гипотетическое поле, которое физики поэтично назвали инфлатоном.

Представьте себе мячик, который лежит на вершине очень крутой горки. Наверху у него огромное количество потенциальной энергии — это состояние называется «ложным вакуумом». Мячик не может долго усидеть на месте, он срывается вниз и катится с нарастающим ускорением. Пока инфлатон катился к своему минимуму энергии, он накачивал пространство колоссальным отрицательным давлением, которое работало как мощнейший насос, раздувающий космос во все стороны.

И вот, когда мячик скатился на дно, эта бешеная энергия инфляции резко рассыпалась. Весь этот накопившийся потенциал выплеснулся наружу, превратившись в колоссальный поток чистой энергии, кварков, фотонов и прочих базовых кирпичиков. Этот финальный аккорд инфляции физики называют «ретепликацией» (или разогревом). И вот теперь — барабанная дробь! — только теперь начался тот самый классический, горячий Большой взрыв, о котором снимают научно-популярные передачи.

Инфляция длилась всего мгновение — меньше, чем требуется электрону для моргания. Но без этого безумного квантового аттракциона у нас бы не было ни звезд, ни планет, ни нас с вами. Более того, именно во время инфляции крошечные квантовые флуктуации (микроскопические случайные «дрожания» энергии) были моментально растянуты до гигантских космических размеров. Эти случайные микронеровности в будущем станут зародышами галактик. Те

самые пятнышки и неровности, которые мы сегодня видим на карте реликтового излучения — древнейшего света Вселенной — это прямая генетическая память о тех сумасшедших долях секунды.

Космос выдохнул, разогрелся до триллионов градусов и приготовился к долгой и увлекательной эволюции. На сцену выходят первые элементарные частицы.

Остываем и знакомимся: Рождение первых субатомных частиц

После того как космическая инфляция улеглась, выдохнула и захлопнула свою сверхзвуковую дверь, Вселенная оказалась в крайне своеобразном состоянии. Представьте себе гигантский котел объемом со всю видимую часть космоса, разогретый до триллионов градусов. В этом сумасшедшем пекле не было ничего привычного — ни звезд, ни атомов, ни даже намека на молекулу водорода, из которой потом получится наша первая чашка утреннего кофе. Была лишь чистая, безумная, слепящая энергия.

И тут в дело вступает формула, которую вы наверняка видели на футболках у физиков и на обложках школьных тетрадей: $\mathbf{E=mc^2}$. Альберт Эйнштейн подарил миру гениальную идею о том, что энергия и масса — это, по сути, близнецы-братья, просто переодетые в разные костюмы. Энергия может превращаться в вещество, а вещество — с триумфальным хлопком сгорать обратно в чистый свет.

В первые микросекунды после Большого взрыва этот закон работал на полную катушку. Температура была настолько высокой, что фотоны (частицы света) сталкивались друг с

другом с яростью бильярдных шаров на космическом турнире. И от каждого такого удара рождалась пара: частица материи и ее злой близнец — антиматерия. Всё это мгновенно аннигилировало назад в свет, чтобы тут же повторить цикл заново. Это была субатомная дискотека, где танцпол кипел, распадался и собирался снова со скоростью света.

Но Вселенная продолжала расширяться. А когда что-то расширяется без подпитки извне, оно начинает неумолимо остывать. Представьте, что вы резко открыли дверь в морозильную камеру космических масштабов. Примерно через одну миллионную долю секунды после старта температура упала «всего» до каких-то триллиона градусов. Для нас это адское пекло, но для физики элементарных частиц это был долгожданный момент, когда можно наконец немного притормозить и оглядеться.

В этот момент на арену выходят кварки и лептоны — фундаментальные кирпичики, из которых впоследствии сошьют всю материю во Вселенной.

Пока было слишком горячо, кварки носились по космическому супу, как испуганные мухи в банке с вареньем, не имея возможности завязать хоть какие-то прочные отношения. Эта субстанция называется кварк-глюонной плазмой. Это самый густой, горячий и неуправляемый суп в истории мироздания. В нем плавают кварки разных «ароматов» (физики обожают забавные термины, поэтому у кварков есть ароматы вроде up (верхний), down (нижний), strange (стран-

ный) и прочие).

Но вселенная остывает дальше. Примерно на первой микросекунде жизни температура падает до безопасных (по меркам физики) нескольких триллионов градусов. И тут включается одно из самых мощных взаимодействий во Вселенной — сильное ядерное взаимодействие.

За него отвечают частицы с не менее очаровательным названием глюоны (от слова glue — клей). Глюоны работают как назойливые, но крайне надежные свахи. Как только кварки начинают двигаться чуть медленнее из-за падения температуры, глюоны хватают их за шкирки и намертво склеивают друг с другом.

Правила этого конструктора просты, но строги: кварки одиночества не любят. Они могут собираться только в компании по три штуки (такие союзы называют барионами) или парами «кварк + антикварк» (мезонами).

И вот из этого хаоса начинают лепиться первые по-настоящему стабильные «тяжелые» кирпичики материи:

Возьмите два верхних кварка и один нижний — вуаля, перед вами протон!

Возьмите один верхний и два нижних — получается нейтрон.

В этот же момент рядом суетятся лептоны — более легкие ребята, которые плевать хотели на сильное ядерное взаимодействие и общаются с миром исключительно через электромагнетизм и слабые силы. Главный представитель этой ком-

пании, которого мы все прекрасно знаем и любим — электрон. Компанию ему составляют его загадочные родственники — мюоны, тау-лептоны и неуловимые нейтрино, которые пролетают сквозь планеты Земля так, будто ее вообще не существует.

Итак, картина маслом: Вселенная заполнена морем протонов, нейтронов, электронов и мириадами фотонов, которые беспрестанно бьются об эту мешанину, превращая космос в непрозрачный молочный туман. Свет буквально не может пролететь и миллиметра, не наткнувшись на свободный электрон или заряженную частицу — его тут же отбрасывает назад, как мячик в пинболе.

Вселенная уже собрала свои главные стройматериалы, но пока еще слишком слепа, чтобы показать себя во всей красе. До зажжения первых звезд и появления света, способного путешествовать на миллиарды световых лет, еще далеко. Впереди у нас главное испытание — космическая бухгалтерия, где материя должна победить антиматерию, иначе читать эту книгу просто некому будет.

Битва материи с антиматерией: Счастливая случайность на миллиард

Если бы в первые мгновения существования Вселенной кто-то проводил строгую бухгалтерскую ревизию, этот аудитор немедленно схватился бы за сердце и уволился. То, что произошло в самые первые секунды после рождения космоса, с точки зрения строгой симметрии и здравого смысла выглядеть просто не должно было. Мы имеем дело с величайшим чудом в истории природы — космической аферой века, благодаря которой мы вообще имеем возможность обсуждать эти вопросы, а не летать по бескрайнему космосу в виде скучных пакетиков с чистыми фотонами.

Встречайте главных героев этой драмы: материю и ее зловещего двойника — антиматерию.

В фантастических фильмах антиматерию любят использовать для заправки звездолетов или создания бомб ужасающей мощности (привет Дэну Брауну и «Ангелам и демонам»). В реальности же всё еще интереснее. У каждой обычной частицы есть свой зеркальный близнец — античастица. У электрона есть позитрон (такой же электрон, но с положительным зарядом), у протона — антипротон. Правило физического мира гласит: при встрече частицы и античастицы

происходит взаимная аннигиляция. Они стирают друг друга в ноль, превращаясь в чистую вспышку высокоэнергетического света. Взрыв стопроцентной эффективности — ни грамма отходов, только чистая энергия.

И вот представьте себе раннюю Вселенную: температура падает, кварки и лептоны только что объединились в протоны, нейтроны и электроны. По законам физики (а именно по законам симметрии, которые так любят физики-теоретики), рождение энергии должно было порождать ровно поровну материи и антиматерии. Природа — великий педант и перфекционист, она обожает баланс. Если родился один протон, то где-то рядом обязательно должен был появиться один антипротон.

А теперь давайте включим логику. Если бы этого идеального баланса удалось достичь, то вся эта компания немедленно бросилась бы друг к другу в объятия. Вспышка аннигиляции была бы настолько грандиозной, что озарила бы всё мыслимое и немыслимое пространство. Частицы и античастицы уничтожили бы друг друга до последней штучки.

Что осталось бы после этой грандиозной космической вечеринки? Правильно: абсолютно пустая, бесконечно расширяющаяся Вселенная, заполненная унылым, одиноким светом. Никаких звезд, никаких планет, никаких ленивых котов на диване, никаких ученых в белых халатах и никаких читателей этой книги. Полная, звенящая, стерильная пустота.

Но погодите! Вы же сейчас читаете этот текст, а вокруг вас

вполне себе шуршат обои, работает ноутбук и за окном шумит вполне материальный мир. Значит, что-то пошло не так. Природа в самый ответственный момент совершила грандиозную «ошибку в расчетах», которая спасла нас всех.

Эту загадку физики называют барионной асимметрией Вселенной.

Суть загадки проста до неприличия: куда-то делась вся антиматерия? Почему мы состоим из обычной материи, а антивещества во Вселенной днем с огнем не сыщешь (разве что в слединах космических лучей да в лабораториях ЦЕРНа, где его удерживают в магнитных ловушках с невероятным трудом)?

Ответ кроется в невероятной, фантастической диспропорции. На каждый один миллиард и одну частицу обычной материи в тот момент родилось ровно один миллиард частиц антиматерии.

Вдумайтесь в эти цифры! На миллиард пар «материя + антиматерия», которые честно друг друга аннигилировали и превратились в свет, приходилась всего одна лишняя, ни к чему не привязанная частица материи. Это был космический лотерейный билет с шансом выигрыша один на миллиард.

Когда этот грандиозный акт вселенского взаимоуничтожения завершился, вся антиматерия растворилась в небытии, оставив после себя лишь океан фонового излучения (тот самый свет, который мы сегодня фиксируем как реликтовое излучение). А вот те самые крошечные, микроскопические

остатки «лишней» материи — жалкий один процент от изначального великолепия — уцелели! И именно из этих обкрошившихся остатков, из этой космической пыли и мусора, оставшегося после великой чистки, потом собрались все галактики, звезды, планеты Земля и мы с вами.

Мы буквально состоим из «ошибки округления» ранней Вселенной. Мы — дети великого дисбаланса.

Но почему этот дисбаланс вообще возник? Почему природа нарушила собственную симметрию?

Здесь на сцену выходит советский физик и правозащитник Андрей Сахаров, который в 1967 году сформулировал три магических условия (теперь их называют «условиями Сахарова»), при соблюдении которых во Вселенной могла победить материя. Среди них — нарушение так называемой CP-инвариантности (то есть законов физики, которые слегка «кривят душой» и ведут себя по-разному в зеркальном отражении для частиц и античастиц).

Современные физики на ускорителях частиц (вроде Большого адронного коллайдера) сутками напролет бьют протоны лбами друг о друга, пытаясь поймать за руку те самые неуловимые процессы, которые нарушают симметрию и дают материальное превосходство. Мы уже знаем, что некоторые субатомные частицы (например, B-мезоны) действительно распадаются с небольшой асимметрией. Но хватает ли этой крошечной разницы для объяснения всего того колоссального объема материи, что нас окружает? Пока это од-

на из самых интригующих загадок современной науки.

Как бы то ни было, лотерея была выиграна. Лишние электроны, протоны и нейтроны остались при деле. Вселенная очистилась от токсичного присутствия антивещества, слегка остыла и приготовилась к главному строительному этапу своей жизни.

Первые тридцать минут: Нуклеосинтез и создание космического стройматериала

Итак, великая бойня материи с антиматерией завершилась победой первой с перевесом в жалкий один миллиардный процент. Пыль улеглась, лишние электроны и протоны облегченно выдохнули (насколько это вообще возможно для субатомных частиц), а Вселенная вступила в свою самую продуктивную фазу, которую знаменитый физик Стивен Вайнберг бессмертно окрестил «первыми тремя минутами» (хотя на деле этот космический цех работал чуть дольше — минут тридцать).

Наступило время большой космической кулинарии. До сих пор Вселенная была лишь раскаленным супом из одиноких ингредиентов: протонов, нейтронов и электронов. Но суп этот был настолько горячим, что любые попытки этих ребят завести крепкие семейные отношения пресекались на корню. Стоило протону с нейтроном случайно столкнуться и попытаться слепиться в простейшее атомное ядро, как тут же прилетал злобный высокоэнергетический фотон, давал им звонкого фотонного пинка и разбрасывал обратно по углам. Жара стояла такая, что о стабильности не могло быть и речи.

Но Вселенная продолжала расширяться, а значит — неумолимо остывать. Примерно через три минуты после Большого взрыва температура упала до каких-то комфортных (по меркам создания миров) **одного миллиарда градусов**. Это примерно в 70 раз горячее центра нашего Солнца, но для субатомной физики это была долгожданная прохлада.

И вот тут закрутился процесс, который ученые с академической скукой называют **первичным нуклеосинтезом**, а мы с вами можем назвать «великой сборкой базового конструктора».

Протоны и нейтроны наконец-то перестали рассыпаться от каждого чиха фотонов и начали соединяться друг с другом. Сначала два протона и два нейтрона слились в крепкие объятия, образовав ядро атома **гелия**. За ними подтянулись ядра тяжелого водорода (дейтерия), трития и микроскопические количества лития.

Природа запустила самый масштабный термоядерный реактор в истории, но у нее стоял жесткий таймер. Этот вселенский завод работал всего около двадцати-тридцати минут. Почему так мало? Да потому что Вселенная расширялась с бешеной скоростью, плотность падала, вещество разлеталось в разные стороны, и вскоре частицы стали слишком далеко друг от друга, чтобы продолжать сталкиваться и слипаться. Завод закрылся на обед, который затянулся на миллиарды лет.

Давайте заглянем в итоговую бухгалтерскую ведомость этого получасового марафона:

Примерно 75% всей материи во Вселенной составил обычный **водород** (одинокие протоны, которые так и не успели ни с кем соединиться).

Около 25% ушло на **гелий** (тот самый газ, который через миллиарды лет заставит ваших внуков смешным голосом разговаривать на детских праздниках).

И жалкие доли процента достались следам дейтерия, гелия-3 и лития.

Всё! На этом таблица Менделеева временно ушла в отпуск.

Обратите внимание на то, чего в этом списке **нет**. Там нет углерода, из которого состоят ваши белковые тела. Нет кислорода, которым вы сейчас дышите. Нет железа в вашей крови, золота на ваших пальцах и кремния в процессоре вашего смартфона. В первые тридцать минут жизни Вселенной природа смогла выковать только самые легкие элементы — водород и гелий, плюс крохи лития.

Если бы кто-то попытался составить из этого скромного набора сложный биологический организм или хотя бы построить табуретку, у него ничего бы не вышло. Вселенная на выходе из своего «младенчества» представляла собой гигантский, однородный, безмолвный океан из водородно-гелиевого газа, который лениво клубился в темноте, не имея ни малейшего понятия о том, что через каких-то 13,8 мил-

лиарда лет из него будут варить кофе и писать романы.

Более того, этот космический суп был абсолютно **непрозрачным**. Свободные электроны бешено рассеивали любой свет, поэтому Вселенная в этот период представляла собой плотную, непроницаемую туманность, где свет не мог пролететь и микрона.

Первая глава нашей истории подходит к концу. Вселенная родилась из ничто, пережила безумный инфляционный спринт, разделила материю и антиматерию, выковала первые атомные ядра и... затихла в темноте. Она накопила гигантский потенциал, но для того, чтобы зажечь первые звезды, ей понадобилась самая терпеливая и безжалостная сила во Вселенной — **гравитация**.

Мы закрываем первую главу нашего путешествия и переходим ко второй — туда, где из холодного водородного тумана начнут рождаться первые звезды-гиганты, готовые запустить в своих ядерных топках производство настоящих тяжёлых металлов!

Глава 2. Звездные ясли и первая тяжелая металлическая музыка



Темные века Вселенной: Космический суп остывает и погружается в сон

Итак, первые тридцать минут грандиозного космического шоу подошли к концу. Вселенная аккуратно разложила по коробкам базовый стройматериал — три четверти водорода, четверть гелия и микроскопическую щепотку лития. Казалось бы, бери молоток, клей и начинай собирать миры. Но не тут-то было! Природа берет тайм-аут, который затянется на сотни миллионов лет.

Добро пожаловать в **Космические темные века** — самый длинный, загадочный и депрессивный сериал в истории мироздания, где на протяжении долгого времени вообще ничего не происходило. Ну, почти ничего.

Чтобы понять, почему Вселенная вдруг решила выключить свет и улечься спать, давайте вернемся к нашему космическому супу. После нуклеосинтеза космос всё еще оставался чертовски горячим — температура измерялась тысячами градусов. В этом раскаленном мареве плавали ядра водорода и гелия, а рядом с ними носились тучи свободных электронов.

И вот тут кроется главная проблема ранней Вселенной: она была непрозрачной.

Представьте себе густейший, непроглядный лондонский туман, смешанный с молоком и сдобренный тысячеваттными прожекторами. Любой фотон (частица света), родившийся в этом хаосе, не мог пролететь и наносекунды, чтобы тут же не врезаться в свободный электрон. Электроны работали как безумные пинг-понг-столы: они ловили фотоны и тут же швыряли их обратно. Свет был заперт в ловушке собственного творения. Вселенная была яркой, но слепой — гигантским светящимся шаром, сквозь который невозможно было разглядеть хоть сколько-нибудь удаленный предмет.

Но космос неумолимо расширялся, а значит — остывал. И вот, примерно через **380 000 лет** после Большого взрыва, произошло событие, которое физики торжественно называют **рекомбинацией** (хотя название дурацкое, потому что до этого они еще ни разу не «комбинировались»).

Температура упала до уютных по меркам физики трех тысяч градусов. Энергия фотонов наконец-то снизилась настолько, что они перестали сбивать с ног пролетающие мимо электроны. И тут протоны с ядрами гелия сказали: «Хватит это терпеть!» — и ловко захватили электроны на свои орбиты.

Впервые в истории Вселенной родились **первые полноценные, нейтральные атомы** водорода и гелия.

Что произошло в этот момент со светом? Представьте, что вы годами сидели в центре кипящей, слепящей снежной бури, где ничего не было видно на расстоянии вытянутой руки.

И вдруг в одно мгновение весь снег превратился в чистый воздух.

Свет, который вечно спотыкался о электроны, внезапно обрел абсолютную свободу. Он устремился во все стороны со скоростью света, больше не встречая на своем пути никаких преград. Этот первый триумфальный побег фотонов мы и сегодня фиксируем космическими приборами как **реликтовое излучение** — древнейший свет, рожденный эхом младенчества Вселенной. Если вы когда-нибудь настраивали старый телевизор на пустой канал и видели на экране мерцающий «снег», знайте: примерно 1% этих помех — это древний свет той самой эпохи, долетевший до нашей антенны спустя 13,8 миллиарда лет!

И вот здесь Вселенная совершила нечто неожиданное. Свободный свет улетел вдаль, а сам газ... остался. И этот газ был полностью холодным, темным и однородным.

Так начались **Темные века** (Dark Ages).

Представьте себе гигантскую, бесконечную комнату, в которой погасили абсолютно все лампы. В ней нет ни единого источника видимого света. Вокруг простирается бескрайний, разреженный океан водородно-гелиевого тумана, который медленно-медленно остывает, расширяется и тоскливо ждет хоть какого-то развлечения. Никаких звезд. Никаких галактик. Никаких планет. Даже черные дыры еще толком не успели толком испортить никому настроение.

Этот период длился чудовищно долго — примерно **от 380**

тысяч до 150–200 миллионов лет после Большого взрыва.

Для человеческого разума это невероятный срок. За меньшее время на Земле успели вырасти, сожрать папоротники, вымереть от метеорита и отрастить смартфоны целые поколения динозавров. А во Вселенной в это время не происходило вообще ничего визуально интересного.

Томный космический мрак. Газ лениво клубится в темноте. Кажется, что Большой взрыв выдохлся на самом интересном месте, оставив после себя лишь остывающую туманность.

Но не спешите списывать Вселенную со счетов. В этот самый момент, пока зрители зевают в темном зале, за кулисами разворачивается величайшая интрига. Тихо, незаметно, миллиметр за миллиметром, атом за атомом, в игру вступает самая терпеливая сила природы. Она не умеет кричать, она не устраивает взрывов, но именно она заставит эту бескрайнюю тьму засидеться ярче тысячи солнц.

Это **гравитация**. И далее мы увидим, как она начнёт собирать свой великий космический пазл!

Великое сжатие: Гравитация берётся за работу

Пока Вселенная скучала в темноте своих Темных веков, утопая в бесконечных океанах однородного водородного тумана, где-то в сторонке тихо и методично трудился самый главный трудоголик мироздания. Встречайте: **гравитацию**.

Если бы вы устраивали кастинг фундаментальных физических сил на роль супергероя, гравитация показала бы себя худшим кандидатом на пробах. Среди четырех фундаментальных сил природы (электромагнетизм, сильное и слабое ядерные взаимодействия) гравитация — абсолютный слабак. Когда вы берете в руки обычный магнит и поднимаете скрепку с##никаких проблем, скромный маленький магнит играючи побеждает притяжение целой планеты Земля, которая весит шесть секстиллионов тонн! Подумайте об этом: вся планета тянет скрепку вниз изо всех сил, а ваш магнитик с холодильника с легкостью говорит ей: «Нет, дружок, сегодня скрепка останется здесь».

Так почему же именно гравитация правит балом во Вселенной?

У нее есть два суперкачества, перед которыми пасуют все остальные силы: **она бесконечна по дальности** и **она никогда не отменяет сама себя**. Электромагнитные силы

мощнее в триллионы раз, но они умеют нейтрализоваться: плюс притягивает минус, заряды гасят друг друга, и в макромасштабе Вселенная в целом электронейтральна.

Гравитация же действует только на один знак — на массу (энергию). Она умеет только притягивать. У нее нет «антигравитации», которая могла бы оттолкнуть объект с той же силой. Поэтому, пока электромагнетизм занят микроменеджментом внутри атомов, гравитация терпеливо, миллиметр за миллиметром, накапливает свой эффект на космических расстояниях. Она подобна крайне медлительному, но безумно упрямому коллекционеру: сначала ее никто не замечает, но со временем она забирает себе вообще всё.

И вот тут перед гравитацией встала колоссальная задача. Представьте себе идеальный бассейн, доверху наполненный совершенно гладким, равномерным молоком. В нем нет ни волн, ни капель, ни течений. Как из этого скучного однородного супа слепить космические структуры? Если газ распределен по космосу абсолютно ровно, то каждый атом тянет соседа к себе с одинаковой силой во все стороны. В результате — полный ноль, баланс и концептуальный тупик. Никаких сгустков, никаких центров масс. Вселенная должна была навсегда остаться скучным туманным киселём.

К счастью для нас (и для всей дальнейшей эволюции), в этой бочке космического молока с самого начала были **микроскопические комочки**.

Те самые квантовые флуктуации, которые в эпохи инфля-

ции мотало из стороны в сторону, оставили после себя крошечные, едва уловимые шероховатости. Где-то плотность газа была выше нормы на одну стотысячную долю процента, а где-то — ровно на столько же ниже. Для человеческого глаза это абсолютная погрешность, ничто. Но для гравитации это был сигнал к началу масштабной спецоперации.

Гравитация работает по принципу «богатый становится богаче». Там, где газа оказалось чуточку больше, масса этого участка стала чуть выше. А раз выше масса — значит, чуть сильнее гравитационное поле. Это поле начинает аккуратно подтягивать к себе атомы водорода из окрестностей. Соседи подтягиваются, масса участка увеличивается еще сильнее, гравитация возрастает, и вот уже соседние облака газа устремляются в этот мини-центр с куда большим энтузиазмом.

Запускается колоссальный космический эффект снежного кома. То, что начиналось как случайная флуктуация размером с пресловутую погрешность измерений, превращается в грандиозный космический пылесос.

Но погоди-ка! Есть еще один тайный игрок, без которого этот процесс шел бы намного медленнее. Физики называют его **темной материей**. Мы до сих пор не знаем точно, из каких частиц состоит эта субстанция (она упорно не желает светиться, отражать свет или как-то взаимодействовать с нами, кроме гравитации), но ее во Вселенной в пять раз больше, чем обычной видимой материи.

Темная материя сработала как невидимый строительный каркас. Еще до того, как обычный водород начал шевелиться, гигантские невидимые сгустки темной материи уже образовали в космосе сложнейшую трехмерную паутину — **Космическую паутину** (Cosmic Web). Это гигантский скелет из нитей и узлов, пронизывающий всю Вселенную.

И вот в эти гравитационные ловушки, расставленные темной материей, начал послушно стекаться обычный газ.

Газовые облака сжимались всё сильнее, закручиваясь в гигантские вихри будущих галактик. Внутри этих гигантских космических мешков формировались локальные сгустки — плотные, холодные газовые «карманы», в которых давление росло с каждой секундой. Газ падал к центру под действием собственной тяжести, сжимался, и потенциальная энергия этого падения переходила в тепло.

Центр будущего светила разогревался всё сильнее. Атомы водорода неслись навстречу друг другу всё быстрее, сталкиваясь с яростью обреченных. Температура внутри этих газовых шаров перевалила за сотни тысяч, а затем и за миллионы градусов.

Природа подошла к самому драматическому моменту своей юности. На сцену выходят первые звёзды Вселенной — чудовищные, слепящие гиганты, которым суждено взорвать эту многовековую тишину.

Зажигаем гиганты: Рождение первого поколения звезд (Популяция III)

Всё, хватит спать в темноте. Космические Темные Века подошли к своему логическому завершению, потому что в газовых карманах Космической паутины накопилось достаточное количество вещества, чтобы природа наконец-то включила свет.

Представьте себе гигантские облака из первичного газа — чистейшего водорода и гелия, без малейшей примеси тяжелых элементов, о которых мы еще поговорим. Эти облака сжимались под действием гравитации миллионы лет. Центр каждого такого газового монстра разогревался всё сильнее и сильнее. Потенциальная энергия падающего внутрь вещества превращалась в колоссальное тепло.

Когда температура в центре этого газового пузыря перевалила за **миллионы градусов**, а давление достигло заоблачных высот, произошло то, ради чего Вселенная вообще затевала всю эту долгую эпопею. Атомы водорода перестали просто отскакивать друг от друга. Они с такой яростью врезались своими ядрами, что преодолели электростатическое отталкивание и слились воедино.

Бабах! Точнее, тихий, но мощный термоядерный взрыв,

который длится миллиарды лет. Вспыхнула **первая звезда**!

Астрономы называют это первое поколение светил **Популяцией III** (да, нумерация идет в обратном порядке, потому что первыми открыли самые молодые звезды, а до древних монстров еще попробуем добраться). И поверьте, эти первопроходцы были парнями с суровым характером.

Поскольку в ту эпоху во Вселенной не было никаких других элементов, кроме водорода и гелия (никаких «тяжелых металлов», остывающих и стабилизирующих процесс), газовые облака не могли эффективно рассеивать тепло. Из-за этого гравитация затягивала в одну кучу колоссальные массы газа. Первые звезды вырастали чудовищно огромными — в десятки, а то и в сотни раз массивнее нашего современного Солнца!

Представьте себе голубого гипергиганта, чья масса превосходит солнечную в триста раз. Эта штука не просто светит — она ревет на ультрафиолете, заливая первозданную темноту ослепительным, безжалостным светом. Вокруг таких монстров впервые за всю историю космоса рассеялся тот самый непроглядный водородный туман. Эпоха реионизации завершилась: свет победил тьму по-настоящему.

Но у гигантской массы есть свои недостатки. В мире звезд действует железное правило: **чем масштабнее твои амбиции и больше масса, тем быстрее ты сгораешь**.

Солнце светит стабильно уже почти 4,5 миллиарда лет и планирует протянуть примерно столько же. А вот эти первые

титаны-одиночки Популяции III вели себя как рок-звезды из «Клуба 27»: жили ярко, сгорали в бешеном темпе и умирали молодыми. Их термоядерные топки работали на форсаже, выжигая водородное горючее с безумной скоростью. Срок жизни такого гиганта исчислялся не миллиардами, а всего лишь несколькими миллионами лет.

Они были одиноки. Вокруг них еще не крутились каменистые планеты, потому что строить было не из чего — во всей Вселенной просто отсутствовали кремний, железо и углерод.

Но именно эти капризные, слепящие гиганты совершили величайший подвиг в истории мироздания. В своих сверхмощных термоядерных печах они начали ковать то, чего так не хватало космосу для создания настоящей жизни. Они подошли к самому интересному этапу алхимии.

Тяжёлый рок звёздного котла: От водорода к углероду и железу

Если бы вы попытались объяснить земному инженеру, как работает стандартная электростанция, он бы покивал, рассказал про турбины, пар, уголь или распад атомов урана. А потом посмотрел бы на гигантскую звезду — скажем, на массивного синего гипергиганта из Популяции III — и тихо сошёл бы с ума.

Звезда — это не просто красивый светящийся шар. Это величайший термоядерный реактор во Вселенной, работающий под управлением безжалостного директора по имени Гравитация.

Внутри этого космического котла разворачивается драма вселенского масштаба. С одной стороны, гравитация изо всех сил старается сжать звезду в точку, создавая в её центре чудовищное давление и температуру в десятки миллионов градусов. С другой стороны, термоядерные реакции выделяют колоссальное количество энергии, создавая давление света и газа, которое яростно толкает вещество наружу. Пока эти две силы находятся в хрупком равновесии (этот прекрасный баланс физики называют гидростатическим равновесием), звезда живёт спокойной и счастливой жизнью.

Но за этот комфорт приходится платить топливом. И глав-

ное топливо во все времена — это самый простой, скромный и распространённый элемент во Вселенной: водород.

В самом начале своего жизненного пути наша массивная звезда занимается чистой алхимией для чайников. В её ядре четыре протона (ядра водорода) сталкиваются с такой силой, что сливаются в одно ядро гелия. Этот процесс называется протон-протонным циклом или углеродно-азотно-кислородным циклом (в зависимости от массы светильника).

Каждый раз, когда водород превращается в гелий, выделяется чистая энергия — та самая, которую Альберт Эйнштейн элегантно упаковал в формулу $E=mc^2$ (вещество чуточку теряет в массе, и эта разница превращается в сияние, согревающее космос). Звезда горит, светит, радуется жизни и исправно снабжает Вселенную фотонами.

Но ничто не вечно под луной (и под самими звёздами тоже). Рано или поздно водородное топливо в ядре начинает подходить к концу. Что происходит на кухне, когда у вас заканчивается главный ингредиент? Паника? Вовсе нет. Звезда включает режим выживания.

Когда водород в центре выгорает, ядро лишается своего энергетического щита. Гравитация мгновенно побеждает в этой схватке и начинает сжимать ядро ещё сильнее. Плотность растёт, температура взмывает вверх — и вот уже счётчик переваливает за сто миллионов градусов!

Для обычного вещества это смертельная жара, но для звезды это отмашка для запуска следующего этапа алхими-

ческого шоу. При такой температуре ядра гелия начинают двигаться настолько быстро, что преодолевают взаимное отталкивание и сливаются по три штуки сразу. Этот изящный трюк физики называют тройным альфа-процессом.

И что же получается в результате этого слияния трёх ядер гелия? Встречайте: углерод! Тот самый углерод, из которого потом будут строиться органические молекулы, ДНК, котики, деревья и авторы этой книги.

Звезда словно переключает передачи. Водород в ядре закончился — горит гелий, превращаясь в углерод и кислород. Гелий тоже подошёл к концу? Не беда! Ядро сжимается ещё сильнее, температура подскакивает до сотен миллионов градусов, и запускается горение углерода. Углерод плавится, сливается и превращается в неон, магний и натрий.

Дальше — больше. Следующий уровень сложности: горение неона, затем горение кислорода, и наконец — кульминационный этап, кремниевое горение.

В этот момент массивная звезда начинает напоминать гигантскую космическую луковицу. В самом центре у неё раскалённое ядро из кремния и серы, вокруг него — слои, где горит кислород, выше — углеродный слой, затем гелиевый, а снаружи полыхает огромная водородная оболочка. Каждое новое топливо сгорает всё быстрее и быстрее. Если водород мог питать звезду миллионы или миллиарды лет, то последние стадии кремниевого горения в жизни массивных гигантов проносятся со скоростью бешеного экспресса — они

длятся всего несколько недель или даже дней!

Звезда спешит. Она чувствует, что приближается к роковой черте.

И вот наступает момент, когда ядерная печь добирается до своего главного предела. В центре звезды под действием чудовищного давления и температуры формируется ядро из железа.

И тут природа ставит перед звездой непреодолимый шлагбаум. Железо — это уникальный элемент. Все предыдущие реакции термоядерного синтеза (от водорода до кремния) шли с выделением энергии. Звезда сливала ядра и получала профит в виде тепла и давления, которое удерживало её от коллапса.

Но с железом этот фокус не проходит. Ядро железа обладает настолько плотной и стабильной структурой, что для его слияния в более тяжёлые элементы (вроде золота, платины или урана) нужно не выделять энергию, а, наоборот, поглощать её! Пытаться синтезировать элементы тяжелее железа внутри обычной звезды — это всё равно что пытаться растопить печку с помощью кубиков льда.

Всё. Топливный бак пуст. Термоядерная топка захлёбнулась в собственном пепле.

В ядре больше нет реакций, способных выделять энергию. А гравитация никуда не делась — она всё это время стояла за спиной со злобной усмешкой, ожидая именно этого момента.

Доли секунды остаются у звезды до грандиозного финала.

Её гигантское ядро, лишённое поддержки, начинает падать внутрь самого себя с бешеной скоростью, закручивая пружину космической катастрофы невероятной мощности.

Смерть титанов: Сверхновые как великие щедрые дарители

Если бы космос жил по голливудским законам, то после того, как термоядерная печь гигантской звезды захлебнулась в железе, на экране должна была появиться надпись: «The End», а зрители — тихо разойтись по домам. Но у природы на этот счёт были совсем другие планы. Смерть массивной звезды — это не финал. Это только самое начало настоящей веселухи.

Итак, вспомним диспозицию: ядро из железа заблокировало любые мирные ядерные реакции. Давление света исчезло в мгновение ока, и гравитация, которая терпеливо копила обиду все миллионы лет жизни звезды, наконец-то сорвалась с цепи.

Представьте себе гигантский многоэтажный небоскреб, у которого вдруг разом выбили все несущие колонны. Что с ним происходит? Правильно: он с громким треском складывается внутрь себя под собственным весом.

Именно это и случается с ядром массивной звезды. Наружные слои вещества массой в десятки солнц срываются с места и устремляются к центру со скоростью, составляющей четверть скорости света! Они падают внутрь с такой яростью, что атомы железа сминаются в бесформенную ка-

шу. Электроны вколачиваются в протоны, превращая их в нейтроны. Плотность становится такой безумной, что чайная ложка такого вещества весила бы на Земле больше, чем все пирамиды, котики и люди вместе взятые.

Но катиться дальше некуда. Нейтроны упираются друг в друга «плечами» с такой силой, что внезапно говорят гравитации: «Стоп, парень, дальше хода нет!»

Происходит колоссальный упругий удар. Падающие внутрь внешние слои вещества врезаются в это невероятно плотное нейтронное ядро, отскакивают от него и... взрываются с мощностью, перед которой меркнут любые человеческие представления о катастрофах.

Бабах! Встречайте **взрыв сверхновой**!

В этот момент одна-единственная умирающая звезда на несколько дней может светить ярче, чем целая галактика, состоящая из сотен миллиардов обычных солнц. Если бы такая сверхновая бахнула где-нибудь по соседству с нашей Солнечной системой (скажем, на расстоянии пары световых лет), земноводные на планете не успели бы даже испугаться — их бы просто стерло в порошок мощнейшим потоком радиации и света. К счастью, наши космические соседи ведут себя скромнее.

Но самое удивительное во взрыве сверхновой — это не сам фейерверк, а то, **что происходит во время этого апокалипсиса**.

Помните наш тупик с железом? Мы говорили, что синте-

зировать элементы тяжелее железа в спокойной жизни звезды невозможно, потому что для этого требуется колоссальная энергия. Так вот: взрыв сверхновой — это и есть тот самый источник безумной, избыточной энергии!

В этот момент космического катаклизма поток свободных нейтронов становится настолько плотным, что атомные ядра захватывают их пачками со скоростью света. Этот процесс физики называют r-процессом (быстрым захватом нейтронов).

И вот в этом адском котле, под вой ударной волны и потоки нейтрино, рождается то, без чего наша цивилизация выглядела бы крайне уныло: **золото** для ваших колец, **платина** для электроники, **урановая руда** для атомных станций, **серебро** и даже **тяжёлый свинец**.

Вся та блестящая ювелирка, что лежит на витринах земных магазинов, и все редкие металлы в вашем смартфоне — это буквальные осколки умерших суперзвезд. Мы все носим на пальцах прах древних титанов.

Куда девается всё это добро после взрыва? Сверхновая щедро расшвыривает его во все стороны, заполняя межзвездное пространство богатыми облаками газа и пыли. Водород, гелий, углерод, кислород, железо, золото — всё это летит по галактике со скоростью тысяч километров в секунду, образуя причудливые туманности (вроде знаменитой Крабовидной туманности).

И вот тут замыкается великий космический круг.

Звезды рождаются из газа, живут, умирают в страшных муках и взрывах, а затем удобряют космическое пространство тяжёлыми элементами. Проходит еще немного времени, гравитация снова собирает этот «мусор» в новые облака — но на этот раз облака уже не простые, а с примесью металлов.

Из этого богатого строительного материала зажгутся звезды второго и третьего поколения. Вокруг них появятся не просто газовые шары, а маленькие каменистые планеты. На этих планетах появятся реки, горы, атмосфера... и мы с вами, способные сесть с чашкой чая и почитать книжку о том, как красиво взрывались наши космические предки.

Мы закончили вторую главу нашей эпопеи! Вселенная обзавелась богатым химическим набором, научилась строить галактики и взрывать сверхновые. На очереди третья глава, где мы наконец подберёмся к нашему уютному уголку — Солнечной системе и появлению жизни!

Глава 3. Рождение Солнечной системы: Пыль, диваны и хаос



Космический мусоропровод: Облако, которое решило покружиться

До сих пор наша книга напоминала блокбастер про космических титанов: взрывы сверхновых, слепящие гипергиганты, рождение золота и платины в суровых условиях галактических катастроф. Но пора сделать шаг назад, сбавить обороты и заглянуть в тихий провинциальный уголок нашей галактики — Млечного Пути. Именно здесь, в заурядном рукаве Ориона, примерно 4,6 миллиарда лет назад развернулась история, которая лично вам дорога как минимум наличием утреннего кофе и кресла, в котором вы сидите.

Всё началось с того, что в тихом межзвёздном пространстве мирно дрейфовало гигантское облако газа и космической пыли. Это был типичный космический мусоропровод: в основном водород и гелий, щедро приправленные той самой «металлической пылью» (углеродом, кремнием, железом), которую когда-то давно разбросали по галактике погибшие предки-сверхновые.

Облако жило своей размеренной жизнью, пока где-то поблизости не бабахнула очередная сверхновая. Ударная волна от этого взрыва докатилась до нашего облака, встряхнула его и нарушила хрупкое равновесие.

Знаете, как выглядит запуск процесса гравитационного коллапса? Это как в замедленной съемке: молекулы и пылинки, которые раньше лениво летали куда глаза глядят, вдруг почувствовали, что сосед стал чуточку ближе. Гравитация тихонько шепнула им: «Эй, ребята, а давайте соберёмся вместе?»

И облако начало сжиматься. Но здесь в дело вступил один фундаментальный физический закон, который знаком каждому, кто хоть раз крутил на пальце баскетбольный мяч или видел фигуристку на льду во время вращения. Это **закон сохранения момента импульса**.

Даже самое спокойное газовое облако в галактике обладает хотя бы мизерным, едва заметным вращением. И вот, когда это гигантское облако радиусом в световые годы начинает стягиваться к центру под действием гравитации, оно начинает кружиться всё быстрее и быстрее. Помните физику? Фигуристка прижимает руки к тулупу и начинает крутиться волчком. Облако поступает точно так же.

Из-за этого бешеного вращения идеального шара из нашего облака не получилось. Газ со стороны полюсов спокойно упал в центр, а вот вещество, двигавшееся по экваториалю, из-за центробежной силы растянулось в огромный, плоский, вращающийся диск.

Представьте себе гигантскую пиццу, которую пиццайоло раскручивает в воздухе с бешеной скоростью. Тесто расплющивается в тонкий диск, а в самом центре вырастает аппе-

титный бугорок.

Вот этот гигантский протопланетный диск (размером в сотни астрономических единиц) и стал строительной площадкой для нашей будущей Солнечной системы. В центре этого диска, куда свалилось больше девяти десятых всего вещества облака, давление и температура начали стремительно расти. Молекулы водорода сталкивались всё яростнее, и природа готовилась зажечь местную звезду.

А что же остальное вещество в диске? Оно продолжало кружиться, сталкиваться, слипаться и образовывать причудливые комья космической грязи. Мы подошли к моменту, когда в центре этой дискотеки вспыхнет солнце, а вокруг него начнётся великая планетарная стройка.

Солнце зажигает факел, а диван остаётся за кадром

Пока гигантский вращающийся диск из газа и пыли увлеченно расплющивался в блин, в его самом центре накатывала кульминация. Вещество туда сваливалось тоннами, давление росло каждую секунду, а температура в недрах этого газового кома перевалила за те самые заветные миллионы градусов.

И вот в один прекрасный день (который, конечно, никто не засекал по часам) в центре нашей будущей Солнечной системы произошло долгожданное событие. Ядра водорода наконец сжались достаточно плотно, чтобы запустить постоянную, стабильную термоядерную топку.

Бабах! Точнее, тихое, ровное, мощное свечение. Наше Солнце зажгло свой ядерный факел.

Представьте себе этот момент: посреди грандиозного космического диска вспыхивает гигантский шар плазмы. Он начинает заливать окрестности слепящим светом и залихватски расталкивать соседей. Молодое Солнце ведет себя как новорожденный рок-музыкант на сцене — громко, ярко и крайне невоспитанно. Из его недр с бешеной скоростью вырывается **солнечный ветер** — мощнейший поток заряженных частиц, который устремляется в окружающее простран-

ство, словно ураганный сквозняк в плохо запертой квартире.

Этот солнечный ветер сыграл роль сурового дворника. Он вымел всю легкую газовую пыль из внутренних областей системы, очистив пространство для будущих каменистых планет. Всё лишнее было сдуто на задворки системы, где как раз формировались будущие газовые гиганты.

А что же происходило в самом диске? А там начиналась самая веселая и одновременно бестолковая стройка в истории Вселенной.

Если вы когда-нибудь пытались собрать шкаф или диван из IKEA, потеряв по дороге половину шурупов и инструкцию на шведском языке, то вы имеете смутное представление о том, через что прошли будущие планеты. Только представьте: вместо понятных деталей у вас есть триллионы тонн космической пыли, мелких камней, кусочков льда и металлической крошки, которые несутся вокруг новорожденного Солнца по кругу со скоростью спортивного болида. И никто — абсолютно никто! — не выдал вам чертежей.

Процесс сборки планет ученые называют **аккрецией**. Звучит солидно и научно, но на практике это выглядело как грандиозная дорожная авария, которая длилась миллионы лет.

Сначала мелкие пылинки сталкивались друг с другом и за счет статического электричества и слабых межмолекулярных сил лепились в комки побольше — размером с песчинку, потом с гальку, потом с булыжник. Эти каменные глы-

бы — **планетезимали** — крутились по орбитам, постоянно врезаясь друг в друга.

И здесь в дело вступала всё та же вездесущая гравитация. Как только какой-то кусок космической грязи набирал достаточную массу, он начинал работать как магнит, притягивая к себе соседей по орбите. Шли лобовые столкновения, взрывы, искры летели во все стороны. Часть камней разлеталась вдребезги, превращаясь в крошку, но самые крупные комки выживали, продолжая наращивать массу за счет менее удачливых собратьев.

Запомните это золотое правило космоса: **чтобы собрать планету, нужно сначала устроить грандиозную свалку**.

В этой космической мясорубке выживали только самые крупные и наглые объекты. Они расчищали свои орбиты от конкурентов, вбирая в себя всё, что попадалось на пути.

Но планеты не были одинаковыми. То, из чего они строились, зависело исключительно от удаленности от новорожденного Солнца. Ближе к центру жарило так сильно, что легкие газы и лед моментально испарялись и улетучивались. Поэтому здесь, на внутренней орбите, могли закрепиться только самые стойкие ребята — тугоплавкие камни и железо.

А вот на задворках Солнечной системы, где царил космический холод, лед и легкие газы чувствовали себя прекрасно и не собирались никуда испаряться. Там разворачивался совсем другой сценарий — масштабный, грозный и невероят-

но аппетитный для будущих гигантов.

Мы подошли к моменту, когда космический диск разделится на два совершенно разных мира: каменистую мелочь в центре и огромных газовых монстров на окраинах.

Каменные шарики и газовые монстры: Линия снегов разделяет миры

Молодое Солнце продолжало поливать окрестности своими лучами и гонять солнечный ветер, а наш протопланетный диск тем временем разделился на два совершенно разных лагеря. Границу между ними астрономы поэтично (и очень практично) называют **«линией снега»** (или снеговой линией).

Представьте себе гигантскую космическую баню, где ближе к печке (к Солнцу) стоит безумная жара, а по мере удаления от неё температура падает до арктического запределья. На каком-то этапе удаления от светила температура падает ровно до нуля градусов по Цельсию (в условиях космического вакуума это чуть иначе, но принцип тот же). Всё, что находилось ближе к Солнцу, чем эта линия, было обречено оставаться сухим камнем и железом — вода и летучие газы там просто мгновенно закипали и улетучивались под ударами солнечного ветра. Всё, что находилось дальше, могло спокойно обрастать шубами из льда, метана и аммиака.

Эта невидимая черта разделила будущую Солнечную систему на два карикатурно непохожих мира.

Лагерь первый: Каменистые карлики (планеты

земной группы) В самом центре, на коротких и горячих орбитах, крутились Меркурий, Венера, Земля и Марс. Строительного материала здесь было кот наплакал — в основном тяжёлые тугоплавкие породы, кремний, силикаты и железо.

Здесь не разгуляешься. Попытка собрать из этого скудного набора полноценного газового гиганта была обречена на провал. Каменистые шарики росли медленно, болезненно сталкиваясь друг с другом, переживая бесконечные аварии и постепенно набирая массу. Они получились плотными, тяжёлыми, но маленькими. Их общая масса — лишь жалкая доля процента от массы всей системы. Зато у них была твёрдая поверхность, на которой в будущем можно будет построить города, посадить деревья и запустить интернет.

Лагерь второй: Газовые монстры (планеты-гиганты) А вот за линией снега разворачивался настоящий пир гигантизма. Там, в холодных сумеречных зонах, лёд стал главным строительным материалом. Вода, аммиак и метан замёрзли в крепкие глыбы, которые вместе с водородом и гелием образовали гигантские ядра будущих планет.

Первым дозрел **Юпитер** — абсолютный тяжеловес нашей системы, настоящий царь горы. Захватив мощное ледяное ядро, он начал притягивать к себе газ из протопланетного диска с такой жадностью, что едва не перехватил у Солнца пальму первенства по массе. Чуть дальше расположился **Сатурн** — любимец публики с его роскошными ледяными кольцами, а за ними подтянулись ледяные гиганты **Уран** и

Нептун.

Эти ребята не церемонились. Юпитер и Сатурн вбрасывали в свои желудки триллионы тонн газа, вырастая до колоссальных размеров. Они стали похожи на миниатюрные солнца, которым чуть-чуть не хватило массы для запуска собственного ядерного синтеза.

И вот тут закладывалась мина замедленного действия для всей остальной Солнечной системы. Громадная гравитация Юпитера работала как мощнейший гравитационный насос и задира. С одной стороны, он защищал внутренние планеты от бесконечного бомбардиродного дождя комет из дальнего космоса (выступая в роли космического щита). С другой стороны, время от времени он швырял астероиды и кометы прямо во внутреннюю зону, устраивая там локальные апокалипсисы.

Пыль улеглась, орбиты более-менее зафиксировались, но планеты ещё не умели вести себя прилично. Они были молоды, горячи и всё ещё продолжали делить территорию в бешеной космической толкотне.

Космический пир и бомбардировка: Когда планеты дрались за парковку

Если вы думаете, что после распределения ролей на каменистых карликов и газовых монстров в Солнечной системе наступил долгожданный мир и порядок, вы глубоко заблуждаетесь. На самом деле всё только начиналось. Молодые планеты напоминали компанию разъярённых водителей, которые пытаются припарковать огромные грузовики на крошечной парковке торгового центра в день чёрной пятницы. Орбиты ещё не устоялись, кругом летачали тысячи беспризорных астероидов и планетезималей, а гравитация постоянно перекраивала правила игры.

Этот период в истории Солнечной системы астрономы называют **эпохой поздней тяжёлой бомбардировки** (хотя самые жаркие драки происходили и раньше).

Представьте себе Землю того времени. Она уже собралась в единый шарик, покрылась первичной корой, но её атмосфера представляла собой ядовитую баню из углекислого газа, метана и аммиака. И вот на этот ещё не успевший остыть мир с небес непрерывным потоком валились кометы и астероиды. Каждый такой удар сопровождался грандиозным взрывом, испарял целые океаны магмы и поднимал в

небо тучи пыли.

Но среди всех этих космических столкновений одно заслуживает отдельного голливудского фильма. Это событие подарило нам не просто шрамы на поверхности, а наш главный ночной ночник и стабилизатор оси — **Луну**.

Примерно 4,5 миллиарда лет назад молодая Земля столкнулась с блуждающей планетой размером с Марс (астрономы ласково называют её **Тейя**). Это было не касательное столкновение, а сокрушительный удар по касательной на бешеной скорости.

Тейя врезалась в земную мантию, превратив обоих участников аварии в раскалённое месиво из жидкого камня и пара. Земля едва не погибла, но выстояла, впитав в себя ядро гостьи. А вот мощнейший выброс обломков срикошетил на околоземную орбиту, образовав там гигантское кольцо из раскалённой пыли и камней.

И что вы думаете? Гравитация тут же взялась за старое: обломки начали слипаться друг с другом, собираясь в единый шар. Так за считанные месяцы или годы родилась наша Луна — верный спутник, который сегодня заставляет океаны подниматься в приливах и спасает Землю от опасных колебаний оси вращения.

Пока каменистые планеты вовсю отбивались от метеоритного града, на внешних орбитах творился свой хаос. Юпитер и Сатурн, меняя свои орбиты под воздействием гравитационного резонанса, буквально «пылесосили» внешние ру-

бежи системы. Они швыряли ледяные глыбы и астероиды во все стороны: часть улетала в межзвёздное пространство, а часть летела прямиком во внутреннюю систему, обеспечивая Землю дополнительной порцией воды и органических соединений.

Это был дикий, жестокий и абсолютно необходимый этап взросления. Планеты расчищали свои орбиты, выбивая из игры слабых и поглощая всё, что не успело увернуться.

К счастью, со временем этот космический тир начал затихать. Большинство опасных обломков либо упало на планеты, либо было выброшено на окраины системы (в знаменитый пояс Койпера и облако Оорта). Земля наконец-то получила передышку.

Поверхность планеты начала понемногу остывать, лавовые океаны покрылись первыми твёрдыми корками, а из упавших комет на поверхность полилась долгожданная вода. Мы подошли к финалу третьей главы — моменту, когда наша планета превратится в уютный водный шарик, готовый принять главный дар вселенной.

Земля до востребования: Остывающая сковородка и первые лужи

Если бы у вас была машина времени и вы рискнули заглянуть на Землю примерно через несколько сотен миллионов лет после столкновения с Тейей, вы бы вряд ли захотели выйти там на прогулку. Никаких зелёных лугов, лазурных океанов или уютных кофеен на берегу вы бы не обнаружили. Перед вашими глазами предстала бы картина чистейшего, первозданного кошмара.

Представьте себе гигантскую раскалённую сковородку, которую забыли выключить на плите лет эдак на пятьдесят. Поверхность молодой Земли представляла собой сплошной океан жидкой, кипящей магмы. Воздух был густым, удушливым и ядовитым — смесь из углекислого газа, метана, аммиака и серных испарений под огромным давлением. Время от времени в эту адскую кастрюлю продолжали падать запоздалые астероиды, поднимая тучи раскалённой пыли и заставляя лаву выплескиваться на космические просторы.

Но планета, к счастью, обладала потрясающим инстинктом самосохранения и терпением.

Постепенно, миллиметр за миллиметром, темп бомбардировки снижался. Земля начала остывать. Снаружи, на са-

мой границе с холодным космическим вакуумом, раскалённая лава начала покрываться первой твёрдой коркой — тонкой, хрупкой и упрямо трескающейся от подземных толчков базальтовой корой. Это был фундамент будущих материков, хотя до настоящей суши было еще очень далеко.

И тут перед Землей встал главный вопрос: откуда взялась вся эта вода?

Посмотрите на современные земные океаны — они занимают более 70% поверхности планеты! Откуда в этой сухой каменистой пустыне взялось столько влаги? Долгое время ученые спорили: принесли ли воду кометы из далеких ледяных окраин системы или её притащили астероиды из пояса астероидов? Сегодня мы знаем ответ: скорее всего, это был совместный заказ. Ледяные кометы и богатые гидратированными минералами астероиды бомбардировали Землю на протяжении миллионов лет, работая как межпланетная служба доставки питьевой воды.

Но вода не могла оставаться на поверхности в виде морей, пока температура земной коры превышала сто градусов. Вся эта вода висела в небе гигантским, непроницаемым куполом из суперплотного пара. Атмосфера Земли напоминала гигантскую пароварку под давлением.

А теперь представьте момент истины. Земля остывает еще на пару градусов. Температура у поверхности опускается ниже магической отметки в 100°C.

Что происходит в пароварке, когда она начинает осты-

вать? Правильно: пар конденсируется.

И вот тогда на Земле начался самый грандиозный ливень в истории вселенной. Представьте себе тучи, которые заволокли всю планету на сотни километров в высоту. Из них хлынул дождь. Но это был не привычный нам летний грибной дождик. Вода падала на раскалённую каменную корку и тут же с шипением испарялась обратно в небо, превращаясь в пар, который снова конденсировался и падал вниз.

Этот суперливень шел не день, не неделю и не год. По оценкам климатологов и геологов, этот всемирный потоп продолжался тысячи, а то и миллионы лет!

Вода заливала трещины в остывающей коре, заполняла глубокие впадины, растворяла соли и минералы из горных пород, постепенно превращая кислые химические лужи в первичный соленый океан. Впервые за всю историю планеты на ее поверхности появилась свободная жидкая вода.

Земля из раскаленного ада превратилась в прекрасный, сияющий из космоса водный шарик. У нее появилась плотная атмосфера, магнитное поле (надежно защищающее от смертоносного солнечного ветра) и бескрайние океаны, в которых пока еще не было ни единой живой души.

Планета была полностью готова к главному фокусу эволюции. На сцену должна была выйти жизнь.

Мы закрываем третью главу нашей книги! Солнечная система построена, Земля остыла и обзавелась океанами. Впереди четвертая глава — самая живая, бурлящая и удивитель-

ная часть нашего путешествия. Переходим к ней!

Глава 4. Жизнь затевает драку: От бульона до ходячих неприятностей



Абиогенез и первая клетка: Эта воришка энергии

Итак, Земля успокоилась. В её бескрайних солёных океанах плещется вода, по ночам светит свежесобранная Луна, атмосфера наполнена углекислым газом, метаном и аммиаком, а над всей этой благодатью регулярно бабахают молнии и извергаются подводные вулканы. Красота? Ну, для минералога — да. Для живого существа — сущий кошмар.

Но именно в этом химическом киселе произошло событие, которое Вселенная до сих пор не может нам простить. Химия сошла с ума и породила **жизнь**.

Вообще-то, по законам физики, Вселенная обожает хаос. Существует такая великая и безжалостная дама по имени **энтропия** — второй закон термодинамики. Он гласит, что всё во Вселенной неуклонно стремится к разрушению, распаду и беспорядку. Чашка падает и разбивается на осколки, горячий чай остывает, звёзды гаснут, а порядок превращается в кашу. Вселенная любит ленивую, мёртвую гармонию.

И тут появляется жизнь — наглая, беспринципная молекулярная хулиганка, которая говорит энтропии: «Слышь, подруга, подвинься!»

Живой организм — это локальный остров безумного порядка. Вместо того чтобы распадаться, он берёт энергию

извне, запирает её внутри себя, строит сложные структуры, поддерживает постоянную температуру и заявляет: «Я буду существовать вопреки всему!» Именно поэтому великий физик Эрвин Шрёдингер назвал жизнь существом, которое «питается отрицательной энтропией». А мы с вами назовём первую клетку тем, кем она и является по своей сути — **гениальной воришкой энергии**.

Как же всё это началось? Этот процесс наука скромно и напыщенно называет **абиогенезом** (то есть рождением живого из неживого).

Представьте себе классический первичный бульон: тёплые мелководные лужи или гидротермальные карманы на заре планеты. В этой воде плавают простые молекулы: углерод, водород, азот, кислород. Сами по себе они скучны и инертны, как детали «Лего», которые забыли достать из коробки.

Но добавьте в эту коробку энергии! Лучи жестокого ультрафиолета от молодого Солнца, удары молний, тепло подземных источников. Под действием этих энергетических пинков простые молекулы начинают сталкиваться, соединяться и образовывать сложные органические штуковины — аминокислоты, нуклеотиды, сахара. В 1953 году химики Стэнли Миллер и Гарольд Юри провели знаменитый эксперимент: пропустили электрические искры через смесь газов, имитирующих атмосферу древней Земли, и охнули — в колбе сами собой образовались аминокислоты, те самые кирпичики, из которых состоят наши мышцы и белки.

Но мало просто сварить аминокислоты в бульоне. Если они так и будут плавать в океане поодиночке, никакой жизни не получится — это всё равно что разбросать детали смартфона по луже и надеяться, что он сам собой позвонит маме.

Нужен был гениальный фокус. И он произошёл.

В какой-то момент молекулы липидов (жиров) самоорганизовались в микроскопические пузырьки — пробионты. Представьте себе крошечную каплю масла в воде, которая случайно захватила внутрь себя несколько удачных химических молекул. У этого пузырька появилась граница — первая в мире клеточная мембрана.

В этот момент Вселенная затаила дыхание. Внутри маленькой жировой капли химические реакции замкнулись в кольцо. Эта штука перестала быть просто набором химикатов. Она отделила себя от остального враждебного мира фразой: «Здесь внутри — я, а снаружи — всё остальное».

Она научилась втягивать из внешней среды молекулы, расщеплять их, забирать себе энергию для поддержания порядка, а отходы выплёвывать наружу. Это был первый простейший **метаболизм**. Первая одноклеточная воришка энергии открыла свой рот и потребола ещё топлива.

Она не умела думать, у неё не было глаз, но у неё был колоссальный стимул: выжить любой ценой.

Однако у этой первой клетки была ахиллесова пята. Она умела жить и есть, но совершенно не умела передавать инструкцию по сборке своим потомкам. Если бы её случайно

смыло волной или сожрали конкуренты, эксперимент с жизнью на Земле окончился бы, даже не начавшись.

Как эта жадная капля догадалась записать рецепт самого себя?

Молекулярный эгоизм: Мир РНК и первые попытки схалтурить

Итак, наша первая клеточная воришка энергии бодро плавала в первичном бульоне, поглощала химические вкусняшки, поддерживала порядок внутри своей жировой мембраны и чувствовала себя королевой бала. Но у неё была одна колоссальная проблема, грозящая всей этой затее скорым и бесславным концом.

Она не умела оставлять потомство.

Точнее, она делилась, но каждый раз это была русская рулетка: случайный набор химикатов внутри капли мог выпасть удачно, а мог превратиться в бесполезную лужицу киселя. У неё не было инструкции по сборке. Не было чертежа, который можно было бы скопировать и передать дочке-клетке.

Сегодня каждый школьник знает про **ДНК** — эту великую двухспиральную флешку, где записаны все инструкции для создания живых организмов, от бактерии до синего кита. Но вот в чём загвоздка, перед которой современная биохимия долго чесала затылок: **ДНК невероятно ленива и беспомощна сама по себе**.

ДНК — это прекрасный консервативный архив. Она великолепно хранит информацию, но абсолютно ничего не уме-

ет делать руками. Чтобы ДНК скопировала сама себя, нужны специальные белковые рабочие (ферменты). А чтобы построить эти белковые рабочие, нужна... сама ДНК!

Получается классический парадокс про курицу и яйцо. Что появилось раньше: белок, который всё делает, или ДНК, которая хранит рецепт белка? Если бы природа попыталась запустить эту сложную бюрократическую машину сразу, жизнь захлебнулась бы в тупике ещё на старте.

К счастью, у эволюции нашёлся гениальный хакер. Встречайте главную суперзвезду ранней жизни — **молекулу РНК** (рибонуклеиновую кислоту).

РНК — это молекулярный швейцарский нож, универсальный гений и наглый самозванец раннего океана. В отличие от строгой и консервативной ДНК, РНК умеет делать сразу две вещи, от которых у классических химиков вытягиваются лица:

Она может **хранить генетическую информацию** (как флешка).

Она может **работать как фермент** — то есть ускорять химические реакции, разрезать другие молекулы и даже собирать копии самой себя (как рабочий на заводе).

В какой-то момент первичный океан жил по законам так называемого **Мира РНК**. Никакой ДНК ещё в помине не было. По воде плавали одинокие цепочки РНК, которые занимались чистейшим молекулярным эгоизмом. Они цепляли из бульона нужные детальки, достраивали сами себя, ко-

пировали свои ошибки и устраивали дарвиновские гонки на выживание.

И вот здесь проявился главный секрет эволюции: **ошибки — это круто**.

Когда РНК копировала себя, её копировальный аппарат работал неидеально. Время от времени в коде возникали опечатки и мутации. Для бухгалтера это катастрофа, а для эволюции — манна небесная.

Большинство таких мутаций были браком: молекула ломалась, теряла форму и сгорала впустую. Но иногда случайная ошибка приводила к тому, что новая РНК начинала работать чуть эффективнее соседней. Она быстрее захватывала еду, лучше защищалась от агрессивной среды или научилась заворачиваться в защитную белковую оболочку.

Эти удачливые РНК выживали, размножались и захватывали территорию. Они начали строить вокруг себя прочные клеточные стенки, изобретать новые химические трюки и постепенно вытеснять менее расторопных конкурентов.

Но со временем РНК поняла пределы собственного роста. Хранить всю информацию и одновременно крутиться волчком, выполняя всю грязную работу по метаболизму — это слишком тяжело для одной молекулы. Наступила пора разделения труда.

РНК передала функцию долгосрочного хранения данных более стабильной, двухспиральной помощнице — **ДНК** (которая не так легко рвётся и лучше защищена от поврежде-

ний). Белкам досталась вся чёрновая робота по строительству клеточных конструкций. А сама РНК скромно заняла пост мудрого посредника и диспетчера, который переводит инструкции с языка ДНК на язык белков.

Эволюция сделала гигантский шаг вперёд. Жизнь перестала быть просто набором случайных химических реакций в луже. Она обрела память, характер и неукротимую жажду экспансии.

Но пока наши одноклеточные предки скромно плавали в мелководных заливах, на другом конце планеты — в глубоких, тёмных и адски горячих океанских разломах — зрела альтернативная версия этой драмы.

Чёрные курильщики и подземные инкубаторы: Жизнь на горячем дне

Пока большинство биологов прошлого сходились на том, что жизнь обязана была зародиться в какой-нибудь тихой мелководной луже под ласковыми лучами молодого Солнца (в духе дарвиновского «тёплого водоёма»), у альтернативной тусовки геохимиков на этот счёт было своё, куда более брутальное мнение.

Они сказали: «Забудьте про лужи. Настоящий хардкор происходит на дне океана».

Добро пожаловать в царство чёрных курильщиков (hydrothermal vents). Представьте себе кромешную тьму на глубине нескольких километров, куда никогда не заглядывал солнечный свет. Давление там такое, что вас сплющило бы в блин за долю секунды, а из трещин в океаническом дне бьют струи перегретой минеральной воды, раскалённой до безумных 400° С. Эта вода насыщена соединениями серы, железа, цинка и меди. Вырываясь наружу, она смешивается с холодной океанской водой, минералы мгновенно выпадают в осадок и образуют причудливые дымящиеся трубы, похожие на промышленные башни какого-то адского завода.

Именно здесь, на самой границе между раскалёнными

недрами Земли и ледяной бездной океана, могла развернуться ещё одна версия великой драмы под названием абиогенез.

Почему этот подводный ад так привлекал будущую жизнь? У него было три убойных аргумента, перед которыми мелководные лужи просто курят в сторонке.

Аргумент первый: Готовая батарейка. Любой живой клетке нужна энергия, чтобы поддерживать порядок и не поддаваться энтропии. Как современные клетки добывают энергию? Они качают протоны через мембрану, создавая электрохимический градиент (разницу зарядов), как в обычной батарейке. Так вот: щелочные гидротермальные источники на дне океана создают этот градиент естественным образом! Вода внутри трубы кислая, а снаружи океан щелочной. Природа сама, без всякой жизни, установила в скалах готовые энергетические розетки. Всё, что оставалось сделать молекулам — подключиться к ним.

Аргумент второй: Натуральные катализаторы. Минералы вроде сульфидов железа (знаменитый пирит или «золото дураков»), из которых состоят стенки этих подводных труб, работают как идеальные химические катализаторы. Они подталкивают углекислый газ и водород к соединению в органические молекулы куда эффективнее любых лабораторных колб.

Аргумент третий: Уютные микроквартиры. Пористые породы вокруг курильщиков усеяны миллионами микроскопических каменных ячеек и пор. Эти крошечные каверны

сработали как первые прочные инкубаторы. Пока настоящие жировые мембраны ещё не эволюционировали, эти каменные поры защищали хрупкие органические молекулы от того, чтобы их моментально не смыло течениями в открытый океан. Молекулы были аккуратно заперты в камерах, где могли спокойно вариться, экспериментировать и строить первые цепочки РНК.

В этой глубоководной пароварке химические процессы шли на форсаже. Микроорганизмы (будущие археи и бактерии) научились питаться не солнечным светом (его там всё равно не было), а энергией химических связей — окисляя серу, метан и водород. Этот процесс называется хемосинтезом, и он до сих пор процветает в кромешной тьме океанского дна, где живут причудливые гигантские черви вестонеры и слепые крабы, никогда не слышавшие про солнце.

Споры о том, где именно стартовала жизнь — в солнечной луже на поверхности или в мрачном геотермальном котле на дне, — не утихают до сих пор. Скорее всего, истина, как водится, где-то посредине: химия булькала везде, но окончательно закрепиться и построить устойчивую цивилизацию клеткам помогло именно умение использовать природные градиенты энергии.

Однако долго сидеть по тёмным норам и питаться серой бактериям было скучно. Рано или поздно жизнь должна была вылезти на свет и устроить настоящую революцию.

А эта революция чуть не закончилась полным вымирани-

ем всего живого.

Кислородная катастрофа: Великое отравление планеты

Долгое время жизнь на Земле вела себя тихо, скромно и предельно экологично. Одноклеточные анаэробные микробы копошились в тёплых мелководьях и на дне океанов, питались метаном, серой и органическим мусором, никого не трогали и радовались тому, что им совсем не нужен кислород. Для них этот газ был таким же токсичным и разрушительным, как чистый хлор для ваших лёгких.

Но среди этой идиллии появилась группа наглых и амбициозных выскочек — цианобактерии (или синезелёные водоросли).

Эти ребята изобрели штуку, которая перевернула всю историю планеты. Они научились фотосинтезу. Взяли солнечный свет, углекислый газ и воду, запустили сложную химическую фабрику внутри клетки и получили в качестве главного продукта вкуснейшую глюкозу для питания. Земля залилась зелёным цветом, и жизнь наконец-то нашла бесконечный и халявный источник энергии — солнце.

Но у любого гениального технологического процесса есть побочный эффект. В случае с фотосинтезом этим побочным эффектом стал кислород (O_2).

Для самих цианобактерий кислород был ненужным отхо-

дом жизнедеятельности, от которого нужно было избавляться. И они начали методично, миллиардами тонн ежегодно, выплёвывать этот едкий газ в воду и атмосферу.

Подумайте об этом: самый привычный для нас сегодня газ, без которого мы не проживём и пяти минут, на заре планеты был чудовищным химическим оружием массового поражения. Кислород — это мощнейший окислитель. Он агрессивно цепляется за другие молекулы, сжигает их, разрушает клеточные мембраны и заставляет железо ржаветь. Когда цианобактерии начали забивать кислородом океаны, для всего остального живого мира наступил настоящий апокалипсис.

Это грандиозное событие биохимики называют Кислородной катастрофой (или Великим событием окисления).

Сначала планета сопротивлялась как могла. Океаны были преисполнены растворённого железа, которое вымывалось из недр подводными вулканами. Выделяемый бактериями кислород мгновенно вступал в реакцию с этим железом, превращая его в самую обычную ржавчину. На протяжении сотен миллионов лет дно океанов буквально покрывалось огромными многометровыми слоями ржавой гряди (сегодня геологи называют эти пласты полосчатыми железистыми формациями). Все наши мировые запасы железной руды, из которой мы сегодня строим небоскрёбы и автомобили — это монументальные памятники тому страшному экологическому кризису!

Но в какой-то момент железо в океанах закончилось. Кислороду стало просто не с чем реагировать, и он попёр наружу — сначала переполнил воду, а затем хлынул в атмосферу.

Земля впервые в своей истории окрасилась в небесно-голубые тона (до этого небо из-за метана имело скорее оранжево-дымчатый оттенок). Но вместе с красотой пришла катастрофа.

Атмосферный кислород уничтожил первичный парниковый щит из метана. Вдобавок к отравлению газом планета резко замёрзла — Земля погрузилась в самую масштабную ледниковыя эпоху в своей истории, превратившись в гигантский «снежный ком», закованный в броню льда от полюсов до экватора. Анаэробные микробы, не умеющие жить с кислородом, массово вымирали, забиваясь в глубокие подземные трещины и на самое дно океанов, где удушливый яд доставал их реже всего. Это было самое массовое вымирание за всю историю Земли.

Но тот, кто не сдох — закалился навсегда.

Часть выживших клеток научилась не просто терпеть кислород, а использовать его с невероятной выгодой. Они поняли, что с помощью кислорода можно сжигать органику и получать в восемнадцать раз больше энергии, чем раньше! Это было всё равно что открыть ядерный реактор после сожжения лучин в печке.

Жизнь не просто пережила катастрофу. Она научилась дышать.

А это открывало путь к совершенно новому уровню организации. Клетки, получившие колоссальный приток энергии, перестали быть одинокими бродягами. Они были готовы объединиться в команды.

Сумасшедший дом из трилобитов и рыб: Эволюция идёт вразнос

После того как кислородная буря улеглась, а оставшиеся в живых микробные анархисты перешли на кислородное дыхание, жизнь на Земле решила, что играть в одиночку больше неинтересно. Зачем быть крошечной одноклеточной букашкой, если можно объединиться с соседями и устроить настоящий биологический беспредел?

Но прежде чем превратиться в трилобитов и рыб, клеткам пришлось совершить самый грандиозный заговор в истории биологии. Речь идёт об **эндосимбиозе** — великом союзе по расчёту, который изменил всё.

Представьте себе крупную, наглую хищную клетку, которая поймала маленькую ловкую бактерию. В нормальном мире хищник просто сожрал бы добычу на обед. Но в этот раз что-то пошло не так. Клетка-хищник проглотила бактерию, но почему-то не переварила. То ли подавилась, то ли сообразила, что от этого соседа может быть больше пользы в живом виде.

А польза оказалась колоссальной! Проглоченная бактерия была мастером кислородного дыхания — она умела перерабатывать кислород в гигантские порции энергии. Внутри большой клетки этот миниатюрный реактор начал выраба-

тывать столько энергии, что хозяйка клетки просто обалдела от открывшихся перспектив. Так появилась **митохондрия** — наша личная клеточная электростанция, которая до сих пор сидит в каждой вашей клетке и обеспечивает вас бодростью.

Чуть позже точно так же поступили растительные клетки, приютив внутри себя фотосинтезирующих бактерий — так родились хлоропласты.

С этого момента эволюция нажала на турбонаддув. Клетки научились слипаться вместе, образовывать многоклеточные организмы, разделять обязанности: одни стали кожей, другие — мышцами, третьи — нервами. Жизнь перестала быть просто супом из одинаковых шариков. Она обрела форму, вес, характер и... зубы.

И вот наступает момент, когда планета распахивает двери главного цирка с конями в истории Земли. Около 540 миллионов лет назад начинается знаменитый **кембрийский взрыв**.

За каких-то несколько миллионов лет жизнь рванула во все стороны со скоростью бешеного экспресса. В океанах внезапно появились существа со скелетами, панцирями, шипами, глазами и членистыми лапами. Природа будто сошла с ума в дизайнерском бюро, создавая самые безумные формы жизни, какие только можно вообразить.

Встречайте главных звёзд этого парада безумия — **трилобитов**. Эти бронированные членистоногие твари ползали

по дну океанов, копошились в иле, отращивали причудливые рога, глаза с линзами из кальцита и чувствовали себя хозяевами планеты.

Но долго расслабляться им не давали. Потому что эволюция изобрела самое страшное оружие массового поражения: **хищничество**. До этого все ели либо растворённую органику, либо мирно фильтровали ил. Теперь же кто-то додумался отрастить челюсти, догнать соседа и съесть его живьём. Началась первая в истории планеты беспощадная гонка вооружений. Хочешь жить — отрасти панцирь потолще. Хочешь есть — отрасти зубы поострее.

Из этого первобытного сумасшедшего дома начали вылупляться первые настоящие позвоночные — древние рыбы и бесчелюстные чудища, которые быстро поняли, что скелет изнутри гораздо удобнее тяжёлой брони снаружи. Они резво вильнули хвостами, заполнили океаны и начали посматривать на сухую, пока ещё безжизненную земную твердь.

Тихий водный шарик окончательно превратился в кипящий котёл из хищников, жертв, гениальных мутаций и первых ходячих неприятностей.

Мы закрываем четвёртую главу! Жизнь прошла путь от слепой капли до хищных плавающих монстров с зубами и глазами. Впереди пятая глава, где наши амбициозные предки решат, что в океане тесно, и полезут на сушу, прихватив с собой жажду приключений!

Глава 5. Динозавры ушли, мы пришли: Метеоритное шоу и эволюционный джекпот



Штурм суши: Как рыбы научились отжиматься и дышать воздухом

Жизнь в океане в девонском периоде стала напоминать час пик в переполненном вагоне метро. Все толкаются, жрут друг друга, зубастых хищников пруд пруди, а кислорода в мелководных заливах остаётся **всё** меньше. И тогда некоторые особо наглые обитатели водных просторов посмотрели на зеленеющую сушу — полную вкусных жучков, растений и абсолютно пустых квадратных километров — и подумали: «Чёрт возьми, а почему бы нам не сменить прописку?»

Но легко сказать «сменить прописку», когда у тебя плавники, хвост и жабры, рассчитанные исключительно на плавание. Выбраться на сухую твердь для обычной рыбы — это всё равно что человеку попытаться жить на дне Марианской впадины без акваланга. Нужно было полностью пересобрать собственную биологию прямо на ходу.

Первыми на эту опасную авантюру подписались кистепёрые рыбы. У них были необычные плавники — не просто тонкие лучи, а мощные мясистые отростки с прочными костями внутри. По сути, это были зачатки будущих рук и ног. Кроме того, в условиях засушливых мелководий, где лужи постоянно пересыхали, им приходилось выживать в грязной жиже. Тем рыбам, которые умели заглатывать атмосферный

воздух ртом и усваивать его через видоизменённый плавательный пузырь (прообраз будущих **лёгких**), везло гораздо больше. Они не дохли от удушья, а просто ждали следующего прилива.

И вот на арену истории выплывает главный герой этого грандиозного побега — знаменитый **тиктаалик** (Tiktaalik). Это было поистине эволюционное чудо в чешуе. Настоящая рыба-трансформер! У него уже были полноценные жабры для воды, но при этом появилась **шея** (рыбы ведь обычно поворачиваются всем туловищем, а тиктаалик мог крутить головой!), плоская крокодилья голова и мощные передние плавники, на которые он опирался, как заправский атлет.

Когда тиктаалик выползал на илистый берег, он не просто полз брюхом по грязи — он буквально **отжимался**. Его плавники-лапы крепились к скелету так, что позволяли приподнимать **тяжёлое** туловище над землёй и делать неуверенные шаги. Это были первые корявые шаги позвоночных по суше, от которых у современных инженеров-робототехников до сих пор случаются нервные припадки.

За тиктааликом потянулись и другие смельчаки. Суша встретила их враждебно: никакого комфорта, палящее солнце, чудовищная гравитация (в воде вес тела компенсировался плавучестью, а на суше кости сразу захрустели под собственной тяжестью) и полное отсутствие привычной опоры. Но зато здесь не было конкурентов! Первые амфибии получили в своё распоряжение целый нетронутый континент.

Рыбы отрастили лапы, научились дышать воздухом и превратились в сухопутных хозяев планеты. Но до появления настоящих теплокровных владык суши было **ещё** далеко — сначала этот мир должны были залить слюной гигантские чешуйчатые рептилии.

Эпоха чешуйчатых гигантов: Динозавры правят балом

Когда амфибии впервые вылезли на сушу и радостно заквакали в папоротниковых зарослях, они всё равно оставались страшными маменькиными сынками. Их размножение намертво было привязано к воде: икру нужно было метать исключительно в лужи, иначе хрупкие яйца моментально высыхали под палящим солнцем. Настоящего завоевания континентов не получалось — шаг вправо, шаг влево от водоёма, и твой род прерывался.

И тогда природа совершила революционный прорыв, который эксперты считают одним из лучших инженерных решений в истории Земли. На сцену вышли рептилии, которые изобрели... **амниотическое яйцо**.

По сути, амниотическое яйцо — это первая в истории автономная космическая капсула для эмбриона. Плотная кожаная или известковая скорлупа защищает зародыш от высыхания, внутри плещется собственный океанчик (амниотическая жидкость), а питательный желток работает как бортовой сухпай. Теперь рептилиям больше не нужно было возвращаться к воде, чтобы оставить потомство. Они могли откладывать яйца прямо в сухой песок, вглубь континентов, на самые вершины холмов.

Суша была полностью покорена. И тут началась эпоха, которую мы все знаем по голливудским блокбастерам.

Около 250 миллионов лет назад планета пережила самое страшное вымирание в своей истории (пермско-триасовое, когда погибло до 90% всех морских и 70% наземных видов). Но из пепла и гари поднялись новые владыки — **динозавры**.

На протяжении почти 160 миллионов лет эти чешуйчатые монстры держали в страхе всю планету. Динозавры захватили абсолютно все экологические ниши. Одни превратились в гигантских травоядных зауроподов — мирных четырехпалых махин с шеями длиной с подъёмный кран, которые целыми днями объедали кроны деревьев, напоминая живые биокомбайны. Другие стали безжалостными хищниками вроде тираннозавра рекса — ходячими машинами для убийства с идеальным бинокулярным зрением, мощными челюстями и полным отсутствием жалости к окружающим.

Земля превратилась в грандиозный, шумный и невероятно опасный «Парк Юрского периода». В небе вовсю рассекали кожистые птерозавры, в океанах плавали зубастые плезиозавры и мозазавры, а под ногами копошились первые миниатюрные млекопитающие, которые выглядели настолько жалко и незаметно, что даже динозавры ленились на них охотиться.

Динозавры чувствовали себя абсолютными хозяевами положения. Им казалось, что эта вечеринка будет длиться веч-

но. Они отращивали броню, гигантские рога, перья и гребни, уверенно управляя климатом планеты.

Но у Вселенной на этот счёт был совершенно другой план. В один прекрасный день (точнее, в самое обычное космическое утро) на орбите Земли появился непрошеный гость, который собирался радикально сократить поголовье чешуйчатых гигантов.

Межгалактический боулинг: Астероид, который изменил всё

Если бы вы заглянули на Землю в самый разгар мелового периода, примерно 66 миллионов лет назад, у вас бы наверняка создалось устойчивое впечатление, что эта планета принадлежит рептилиям навсегда. Динозавры были везде. Огромные, бронированные, зубастые, пернатые, трёхтонные и миниатюрные — они захватили каждый клочок суши, заполнили речные поймы и леса, выстроили устойчивые экосистемы и чувствовали себя абсолютными вершителями судеб. Ничто, абсолютно ничто не предвещало беды. Мелкие млекопитающие тихонько шуршали в подстилке из папоротников, стараясь не попадаться на глаза гигантам, а сами гиганты безмятежно жевали ветки и пожирали друг друга, уверенные в том, что их эволюционный трон незыблем.

Но в космосе не существует понятий «вечно» или «неприкосновенно». В космическом бильярде правила устанавливает слепая случайность, и в один прекрасный день космический шар номер один сорвался с кия.

Где-то на дальних окраинах нашей звёздной системы, в поясе астероидов или в облаке Оорта, произошло заурядное гравитационное столкновение. Огромная каменная глыба сорвалась со своей привычной орбиты и ледяной стрелой

устремилась во внутренние области Солнечной системы. Это был астероид диаметром от десяти до пятнадцати километров. Представьте себе гору Эверест, которая летит сквозь пустоту со скоростью около двадцати километров в секунду — это примерно в двадцать раз быстрее пули, выпущенной из снайперской винтовки. У Земли не было ни единого шанса увернуться. Этот космический гость мчался на свидание с нашей планетой с неумолимостью часового механизма.

Удар пришёлся в район современного Юкатанского полуострова в Центральной Америке. Точный момент столкновения длился меньше секунды, но его последствия навсегда переписали карту земной жизни.

В секунду удара астероид врезался в неглубокое мелководное море на огромной скорости. Плотная земная кора в этом месте мгновенно испарилась, превратившись в раскалённую плазму. Кинетическая энергия падающей глыбы была эквивалентна взрыву ста миллионов мегатонн тротила — это в несколько миллиардов раз мощнее Хиросимы. В небе расцвело гигантское солнце, а ударная волна такой безумной силы прокатилась по планете, что земная кора затрещала по швам. Землетрясения магнитудой выше 11 баллов рвали континенты на части, а во все стороны от эпицентра со скоростью реактивного самолёта побежали гигантские мегацунами высотой в сотни метров. Они стирали в порошок прибрежные скалы и затапливали сушу на сотни километров вглубь.

Но это было только начало. Настоящий ужас развернулся в небесах.

Тонны раскалённой земной породы, выброшенные взрывом за пределы атмосферы, нагрелись добела и начали падать обратно по всему земному шару. В течение нескольких часов небо над планетой превратилось в раскалённую печь. Термический импульс от падающих обломков был настолько сильным, что по всей планете одновременно вспыхнули глобальные лесные пожары. Земля превратилась в гигантский гриль: леса полыхали от края до края, выделяя триллионы тонн сажи и угарного газа в атмосферу.

А дальше наступила великая тьма.

Пыль, сажа, пепел и испарившаяся сера закрыли солнечный свет плотным, непроницаемым покрывалом толщиной в несколько километров. На Землю опустилась так называемая **ядерная зима**. Солнечные лучи больше не могли пробиться сквозь эту завесу. Температура на поверхности планеты рухнула вниз, превратив некогда цветущие тропики в ледяную пустыню. Фотосинтез у растений мгновенно прекратился. Сначала погибли гигантские травоядные динозавры, которым стало нечего жрать, затем от голода вымерли хищники, охотившиеся на них. Целые пищевые цепочки, выстраивавцыеся миллионами лет, рухнули за считанные месяцы.

По оценкам палеонтологов, в результате этой катастрофы погибло около 75% всех видов живых существ на планете.

Эпоха динозавров закончилась не тихо и плавно, а в огне, грохоте и ледяной тьме. Динозавры (за исключением их пернатых потомков — птиц) вымерли подчистую, оставив после себя лишь кости в осадочных породах.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

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