

Содержание

Введение. Наше опасное отношение к своей планете	9
1. История мира и химических элементов в семи днях	13
Понедельник: рождение Вселенной	14
Вторник — четверг: звезды рождаются и умирают	17
Пятница: образование Солнечной системы	18
Суббота: начинается жизнь	21
Воскресенье: живая Земля	25
Полсекунды до полуночи: наша цивилизация	28
Человечество и будущее	32
2. Золото и зеленые леса	34
Как земная кора оказала нам услугу	35
Первое золото	36
Золото в речной гальке	37
Шахты Розии-Монтаны	39
Открытая разработка	41
Ядовитое воспоминание	42
От камня — к металлу	44

Золотое кольцо из тонны породы	46
Конец Розии-Монтаны	47
Золото и цивилизация	48
Потерянное золото	50
3. Железный век не закончился	53
Без железа дыхание бессмысленно	54
На пороге железного века	55
Шведское железо	57
От руды — к металлу	60
Вожденная сталь	61
Проблема ржавчины	63
Закончится ли железо?	66
Конец железного века?	70
4. Медь, алюминий и титан — от ламп накаливания до киборгов	73
Медь в автомобилях, теле и воде	75
Медные шахты горного плато Рёрусвида	77
Алюминий: красные облака и белые сосны	78
Использовать уже использованное	83
Титан горы Энгебёфелле	84
Нашествие киборгов	88
Будущее — за роботами	91
5. Кальций и кремний в костях и бетоне	95
Жесткие и хрупкие	96
Лепка из глины	98
Хаос атомов в оконном стекле	99
От водорослей — к бетону	102
Вулканический пепел в Колизее	105
Скребущий небеса бетон	107
Хватит ли нам песка?	110
Живые керамические фабрики	113

6. Разносторонний углерод:	
ногти, резина и пластик	115
Натуральный каучук и чудо вулканизации	116
От бревен — к текстилю	120
Пластик прошлой жизни	122
Мусорный остров	125
Как избавиться от пластика?	126
Пластик после нефти	129
7. Калий, азот и фосфор:	
химические элементы, дающие нам пищу	131
Путешествие к Мертвому морю	132
Питание мозга	134
Калий из воды	136
Азот из воздуха	138
Фосфор с гор	142
Как питательные вещества сбиваются с пути	147
Будущее Мертвого моря	148
8. Без энергии ничего не происходит	150
Энергия Солнца	151
Истощение энергетических запасов Земли	152
Общество, к которому мы стремимся	153
Энергия: приход и расход	155
Конец зависимости от полезных ископаемых	157
Геотермальное тепло и ядерная энергия — энергия с появления Земли на свет	158
Электричество с самого Солнца	159
Вода течет, ветер дует	161
Редкоземельные элементы	163
Электричество в тихой зимней ночи	165
Кобальт в баке	167
Бензин из растений	170
Сегодня мы едим нефть	172

9. План Б	175
Бесконечная энергия: Солнце на Земле	176
Химические элементы в космосе	180
За пределы Земли	184
10. Возможно ли истратить Землю?	187
Пределы роста	188
Расти все быстрее, и быстрее, и быстрее	190
Необходимость экономического роста	192
Способна ли экономика расти, не увеличивая потребление ресурсов?	195
Немыслимый парадокс?	197
Пригодная для жизни область	197
Благодарности	199
Библиография	200
Примечания	203
Алфавитный указатель	231



Наше опасное отношение к своей планете

Мы с вами — часть жизни, когда-то зародившейся на нашей планете. Наши тела состоят из атомов, образовавшихся одновременно со Вселенной. Мои дети растут, и их тела строятся из химических элементов, содержащихся в почве, воде, горных породах, воздухе. Когда-нибудь атомы моего тела станут елями, ледниками и гранитом.

Но каждый из нас — это не просто тело. Точно так же, как и мои пальцы, важна одежда, которую я ношу, дом, в котором живу, и нож, которым режу хлеб. Не будь рудников и бульдозеров, благодаря которым производятся минеральные удобрения и продукты питания, вы, вероятно, никогда не появились бы на свет.

У каждого из окружающих нас предметов и материалов, из которых они изготовлены, своя роль в уникальном явлении, созданном людьми, — нашей цивилизации. И мне нравится цивилизация. Нравится жить в теплом доме и бывать в новых для меня местах. Я едва ли представлю свою нынешнюю жизнь без всех имеющихся в мире знаний, доступных по одному нажатию кнопки, хотя, когда я росла, на полках стояли энциклопедии, а в почтовом ящике лежали написанные от руки письма.

Каждый день появляются новые дома, новые мобильные телефоны, новые люди. Невероятно, как это все происходит. Но где взять кирпичики, из которых строятся вещи, еда и люди? Из чего все это сделано? Неужели когда-нибудь кирпичики на нашей планете кончатся и все остановится?

Мы много говорим об окружающей среде. О том, как наше потребление влияет на воду, почву и воздух. О том, что разные виды животных вымирают с той же скоростью, как и тогда, когда падение огромного метеорита уничтожило динозавров. О том, что в океане столько мусора, что когда-нибудь пластика там окажется больше, чем рыбы. Не меньше внимания мы уделяем нефти и углю, которые сжигаем на электростанциях и в автомобилях, — они вот-вот изменят климат, и многие территории на Земле в ближайшем будущем станут непригодными для жизни.

От разговоров о разрушении окружающей среды я ощущаю собственное бессилие. Где мое место в этой картине мира? Я виновата, что целые виды вымирают? Какой мир я оставляю своим детям? Что можно сделать — не только для того, чтобы облегчить себе совесть, но и на самом деле повернуть развитие мира в лучшую сторону? Я написала эту книгу, чтобы мы с вами погово-

рили о том, к каким последствиям — одновременно невероятным и катастрофическим — приводит появление на свет вещей, продуктов питания и в конечном итоге нас самих. Для начала поймем, о чем мы говорим, а затем примемся за поиск решений, важных для тех, кто придет после нас.



История мира и химических элементов в семи днях

История химических элементов начинается с появления на свет Вселенной. История долгая, почти необъятная, если сравнивать с доступным человечеству временем. Поэтому, взяв за основу рассказ о сотворении мира, я уложу свою историю в семь дней.

Миллиард лет уместится в половину суток, миллион лет — в 3/4 минуты, а тысяча лет пройдет за 0,44 секунды. Вселенная родилась 13,8 миллиона лет назад, но в нашем повествовании будем считать, что время появилось, когда стрелки часов перевалили за полночь в ночь на понедельник. Пока вы читаете эти строки, часы бьют полночь и воскресенье заканчивается¹.

Понедельник: рождение Вселенной

В самом начале не существовало ни времени, ни пространства. Никто в мире не знает, как и почему все началось. Но сначала произошел Большой взрыв. Он выбросил энергию во все уголки новорожденной Вселенной. Вначале царил хаос, а затем молодая Вселенная оказалась под контролем известных нам законов природы².

Пыль у меня дома собирается в комочки — это лишь вопрос времени; схожим образом во Вселенной стали образовываться сгустки энергии. Эти сгустки, или частицы, энергии мы называем *массой*: материя, вещество, осязаемое, то, что во Вселенной создает все, что теоретически можно взять и потрогать.

Мое тело, вещи и планета, на которой мы живем, — все, что нас окружает, состоит из атомов. Атомы состоят из частиц трех видов: протоны, нейтроны и электроны. Протоны и нейтроны образуют атомное ядро. Если ядро избавится или, наоборот, добавит себе несколько протонов, атом станет другим химическим элементом³. Изначально в атоме столько же электронов, сколько протонов, но электроны вращаются на орбитах — атомы обмениваются ими во время химических реакций.

Протоны, нейтроны и электроны образовались в раскаленной мешанине энергии и массы, которую представляла из себя юная Вселенная. Протоны и нейтроны склеились и стали ядрами атомов таких химических элементов, как водород, гелий и литий. У этих наиболее мелких и легких элементов в ядрах соответственно один, два и три протона. Сегодня водород — важнейший кирпичик для воды и тех органических молекул, из которых состоят живые существа. Ваши тела примерно на 10% состоят из водорода — таким образом, род мы ведем прямо от рождения Вселенной.

Через 16 секунд после полуночи Вселенная более или менее остыла: электроны прикрепились к атомным ядрам и связь не распадалась в то же мгновение. А значит, и свет впервые стал свободно перемещаться по Вселенной и ему не препятствовали раскаленные электроны. Вот так почти сразу после полуночи во Вселенной появился видимый свет, хоть и смотреть на него было некому.

В течение следующих 12 часов распределенная по Вселенной масса продолжила образовывать сгустки. Из атомов образовались огромные облака, и еще до трех часов утра скопления этих облаков превратились в первые галактики. Одна из них станет Млечным Путем, домом человечества. Сегодня Млечный Путь — одна из более чем двух триллионов галактик Вселенной.

В шесть часов утра некоторые облака атомов так увеличились в размерах, что под их собственным весом произошел коллапс — они сжались в объеме и уплотнились. Так появились первые звезды⁴. В одной из них — значительно более крупном по сравнению с нашим Солнцем сгустке материи — оказались атомы водорода: они превратятся в кислород, который вы только что вдохнули.

Вес окружающих атомов с огромной силой притянул друг к другу атомы водорода. Из-за этого от ядер оторвались первые электроны. Затем давление стало столь мощным, что ядра водорода слились в одно целое, образовав атомы гелия. Из-за слияния выделилось огромное количество энергии, нагрешее скопление атомов. Так оно стало светящейся звездой. Сегодня на Солнце протекает тот же самый процесс. Когда вы смотрите в окно, вам в глаза попадает свет, идущий от атомных ядер, сливающихся в недрах Солнца.

Постепенно большинство ядер водорода превратились в гелий, и количество высвобождаемой в недрах звезды энергии сократилось. У центра звезды не было силы сопро-

тивляться давлению окружающей материи. Произошел коллапс. Так начался новый этап жизни звезды. Из-за коллапса атомы гелия оказались так близко друг к другу, что вновь стали сливаться. Три ядра гелия (по два протона в каждом) стали одним ядром углерода с шестью протонами. Затем ядро углерода соединилось с еще одним ядром гелия — образовалось ядро с восемью протонами. Это кислород, чей атом вместе с ядром в данный момент движется к вашему мозгу в красном кровяном тельце⁵.

Внутри звезды продолжился процесс слияния атомных ядер — образовывались все более и более тяжелые элементы. Ваши тела на 86% состоит из углерода, азота и кислорода, появившихся на данном этапе. На Земле для образования подобных химических элементов слишком низкое давление — можно с уверенностью утверждать, что эти кирпичики нашего тела родом со звезд. Все мы — звездные существа. Кроме того, на этом этапе появились железо для нашей крови, фосфор для скелета и ДНК, алюминий для мобильных телефонов и компоненты соли, которой вы посыпаете еду (она состоит из натрия и хлора).

Через пару минут нашей истории длиной в неделю жизнь звезды оборвется столь зрелищным взрывом, что он получит название «сверхновая звезда». Во время взрыва образовались еще более тяжелые, чем железо, элементы, среди прочего — никель, медь и цинк. Электрические провода в вашем доме изготовлены из материалов родом со сверхновой.

То, что осталось после взрыва и не разбросало по Вселенной, притянулось друг к другу и схлопнулось: превратилось в нейтронную звезду. В ней все атомные ядра слились в огромный сгусток размером с крупный город (с диаметром примерно 10 километров), фактически став огромным атомным ядром, хотя химическим элементом мы его не называем. В нашей собственной Галактике существует около милли-

арда нейтронных звезд, но, так как по сравнению с другими звездами они мелкие и холодные, увидеть их не так просто.

Когда я размышляю о том, сколько во Вселенной места и насколько малы нейтронные звезды, произошедшее далее кажется мне почти невероятным. Тем не менее нам известно, что, по всей видимости, случилось. В первые дни существования Вселенной нейтронные звезды иногда сталкивались. При столкновении образовывались золото, серебро, платина, уран и целый ряд других элементов, настолько тяжелых, что образуются они лишь в подобного рода экстремальных условиях. Новые элементы разбросало по Вселенной — они смешались с облаками пыли и атомов.

Так в первый из семи дней возникли химические элементы. Во Вселенной они образуются и по сей день. Звезды все время рождаются и умирают, взрываются и сталкиваются. Но на Земле атомные ядра вполне стабильны. На нашей планете химические элементы возникают и разрушаются лишь во время радиоактивных процессов, когда делятся нестабильные ядра урана и других тяжелых химических элементов. Протекающие внутри звезд процессы почти невозможно воссоздать даже в научных лабораториях. Комбинируя химические элементы, мы создаем материалы — тут наши возможности практически безграничны; но, если говорить о самих химических элементах, нам остается довольствоваться тем, что есть.

Вторник — четверг:
звезды рождаются и умирают

Следующие три дня Вселенная шла по тому же пути. Звезды рождались — звезды умирали. От сверхновых по Вселенной расходились ударные волны и облака материи. Так как

внутри звезд водород и гелий, сливаясь, образовывали новые химические элементы, общее количество азота и гелия во Вселенной сокращалось, а количество тяжелых элементов росло.

Пятница: образование Солнечной системы

В пятницу, в четыре часа дня, неподалеку от нас умерла звезда. Ударная волна от сверхновой сжала пыль и газ, содержащиеся в облаке, — там же был и кислород, который вы только что вдохнули. Запустилась цепная реакция: сгустки материи стали настолько тяжелыми, что притянули к себе пыль и газ, находившиеся поблизости от них, а чем больше и тяжелее они становились, тем больше собирали из окружающего их пространства. Без пятнадцати пять облако стало звездой, вокруг которой вращалось несколько планет. Эта звезда — Солнце, центр Солнечной системы⁶.

Все планеты вращаются вокруг звезды. Чем ближе к звезде расположена планета, тем сильнее ее нагревает излучение — результат протекающих в недрах звезды реакций. В Солнечной системе ближайшие к Солнцу планеты очень горячие. Сегодня температура на их поверхности превышает четыре сотни градусов. На самых отдаленных планетах холодно. Солнечные лучи не разогревают их выше нуля градусов. Самые далекие планеты — замерзшие миры, где температура примерно 200 градусов ниже нуля.

Но одна планета расположена в самой подходящей точке. В пригодной для жизни области космоса температура на планете настолько низкая, что вода не кипит, и настолько высокая, что не превращается в лед⁷. Это планета Земля — она и станет нашим домом.